

YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Kivisillat kestävät säiden vaihtelut (Aunesilta, Tampere).



Kuva 2. Luonnonkiveä käytetään nykyisin yleisimmin sillan keiloissa ja luiskissa (Kortessalmen silta, Kangasniemi/Joutsa).



Kuva 3. Luonnonkiven käyttöä pitäisi lisätä siltarakenteiden verhouksissa (Hämeensilta, Tampere).

1. YLEISTÄ.....	3
2. RAKENNUSKIVI.....	7
3. KIVIRAKENTEEN SUUNNITTELU.....	12
4. RAKENNUSKIVEN HANKINTA.....	15
5. RAKENNUSKIVEN JALOSTUS.....	18
6. RAKENNUSKIVIEN ASENNUS.....	22
7. KIVIPINTOJEN PUHDISTUS.....	28
8. TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	29
9. LAADUNVARMISTUS.....	30
10. KIRJALLISUUSVIITTEET.....	31
LIITE 1: Termit ja määritelmät.....	33
LIITE 2: Valuun asennettavien paksujen kivilaattojen kiinnitys.....	36
LIITE 3: Kuvagalleria.....	37

SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISTÄ	3	6.7 Saumaukset	27
1.1 Ohjeen käyttöalue	3	6.7.1 Massiiviset kivrakenteet.....	27
1.2 Luonnonkiven käyttö rakenteissa	4	6.7.2 Valuun asennettu kiverhous.....	27
1.3 Museorakenteet.....	6	6.7.3 Jälkiasennettu kiverhous	27
2 RAKENNUSKIVI	7	7 KIVIPINTOJEN PUHDISTUS	28
2.1 Kivilajit ja mineraalit	7	8 TYÖTURVALLISUUS JA	
2.1.1 Kivilajit	7	YMPÄRISTÖNSUOJELU	29
2.1.2 Mineraalit.....	7	8.1 Työturvallisuus.....	29
2.2 Taitorakenteessa ja väyläpaikalla		8.2 Ympäristönsuojelu.....	29
käytettävät rakennuskivet	9	9 LAADUNVARMISTUS	30
2.3 Kivirakenteisiin kohdistuvat		9.1 Työnaikaiset kokeet ja valvonta	30
rasitukset	9	9.2 Kelpoisuuskokeet ja	
2.4 Kiven ominaisuudet.....	10	kelpoisuuden osoittamien	30
2.5 Kiverhoususten laatuvaatimukset.....	10	9.3 Laaturaportti.....	30
3 KIVIRAKENTEEN SUUNNITTELU	12	10 KIRJALLISUUSVIITTEET	31
3.1 Nykyisten rakenteiden tarkastus.....	12	10.1 Standardit	31
3.2 Periaateratkaisun teko.....	12	10.2 Muut ohjeet.....	32
3.3 Verhoussuunnitelman laatiminen.....	14	LIITE 1 Termit ja määritelmät	33
3.3.1 Korjauskohteet	14	Tekstissä esiintyvät lyhenteet	33
3.3.2 Uudisrakentaminen	14	Luonnonkivellä verhoamiseen	
3.4 Työ- ja laatusuunnitelman laatiminen	14	liittyviä käsitteitä.....	33
4 RAKENNUSKIVEN HANKINTA	15	LIITE 2 Valuun asennettavien paksujen	
4.1 Rakennuskiven saatavuus	15	kivilaattojen kiinnitys	36
4.2 Kiven irrotettavuus ja työstettävyys ..	16	LIITE 3 Kuvagalleria	37
4.3 Louhinta.....	17	Vanhoja kivilaattoja lohkotuista kivistä ..	37
5 RAKENNUSKIVEN JALOSTUS	18	Kivityön ”kultakausi”	
5.1 Rakennuskiven työstämisen		1800/1900 vaihteessa	38
vaiheet	18	Kivi siltojen alusrakenteissa.....	39
5.2 Raakakiven halkaisu ja paloittelu.....	18	Kiven käyttö sillan verhouksena,	
5.3 Raakakiven sahaus.....	20	varusteina ja uudisrakentamisessa	40
5.4 Rakennuskiven pintakäsittely ja			
laattojen teko	20		
6 RAKENNUSKIVIEN ASENNUS	22		
6.1 Betonipintojen verhous	22		
6.1.1 Kivilaattojen asentaminen valuun..	22		
6.1.2 Kivilaattojen jälkiasennus	22		
6.2 Reunapalkin, ukkopylvään ja			
kaidepylvään kiinnitys	24		
6.3 Tukimuurin teko	24		
6.4 Keila- ja luiskaverhouksen teko	25		
6.5 Reunatukien ja portaiden teko.....	26		
6.6 Kivipäällysteet.....	27		

Tie- ja vesirakennushallitus, tuotanto-osasto, 1989

SILKO-projektin siltapaikkatyöryhmä:

Yli-insinööri Pentti Eloniemi	pj.	TVH/T
Rakennusmestari Juhani Kautto		TVL/Keski-Suomi
Siltainsinööri Markku Koivuranta		TVL/Häme
Diplomi-insinööri Anne Leppänen		TVH/Tp
Ympäristösuunnittelija Raija Merivirta		TVH/Skk
Erikoistutkija, DI Pekka Mesimäki		VTT/BET
Rakennusmestari Aarne Raudaskoski		TVL/Turku
Toimistoinsinööri, DI Antti Rämetsä		TVH/Tt
Rakennusmestari Jorma Seppänen		TVL/Mikkeli
Toimitusjohtaja, ins. Jorma Huura	siht.	Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Konsultti: Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Tarkistus: Tekniikan Sanastokeskus r.y.
Kiviteollisuusliitto ry.

Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö 2014, ohjeen päivitys

SILKO-projektin betonityöryhmä 2014:

Kehittämispäällikkö Ossi Räsänen	pj.	Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö
Insinööri Ilkka Kuulas		Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö
Tekniikan tohtori Seppo Matala		Matala Consulting
Silta-asiantuntija Jani Meriläinen		Liikennevirasto, taitorakenneyksikkö
Osastopäällikkö Risto Parkkila		Finnmap Consulting Oy
Tutkimusinsinööri Elina Paukku		Insinööritoimisto Aaro Kohonen Oy
Erikoistutkija Liisa Salparanta		Teknologian tutkimuskeskus VTT
Yli-insinööri Jorma Huura		Huura Oy
Projektipäällikkö Jorma Lampinen	siht.	Huura Oy

Erikoisasiantuntijat: Tapani Elomaa Tampereen Kovakivi Oy
Pekka Mesimäki Stonecon Oy

Konsultti: Huura Oy

Valokuvat: Kuva 2 Pentti Eloniemi, kuva 5 Raimo Vessonen, kuvat 7, 31, 41 ja 42 Heikki Virtanen, kuva 32 Sami Rantala, kuva 33 Seppo Matala, kuvagallerian kuvat 1/2, 1/4, 2/2, 2/3 ja 3/3
Liikenneviraston siltarekisteri sekä muut kuvat Huura Oy:n kuva-arkisto.

Piirroksset: Kuvat 4, 10 ja liitteen 1 kuvat 1, 2 ja 3 sekä liite 2 Irene Kilpi.

LIVI 2230095 - SILKO 1.501
2014 Liikennevirasto

Sivujen valmistus: Grano Oy
Kirjapaino: Grano Oy, Kuopio 2014

Julkaisua myy Grano Oy
www.grano.fi/sahkoiset-palvelut/kopistore
Puhelin 017-266 2621

1 YLEISTÄ

1.1 Ohjeen käyttöalue

Luonnonkiveä verhouksmateriaalina käsittelevä ohje on laadittu SILKO-ohjeiston osana ja se on tarkoitettu käytettäväksi taitorakenteiden, kuten siltojen, tunneleiden, kiinteiden merimerkkien, kanavarakenteiden, tukimuurien sekä silta- ja muiden väyläpaikkojen verhoustoissa. Ohjeessa on käsitelty yleisellä tasolla myös massiivisia kivirakenteita.

Ohje on SILKO-yleisohje, jota käytetään etenkin suunnitelmia laadittaessa, mutta ohjeessa on myös perustiedot edellisessä kappaleessa mainituissa kohteissa työskenteleville ja rakentamisesta kiinnostuneille.

Ohjetta täydentävät kuvassa 4 esitetyt verhoustyyppikohtaiset tarkat korjausohjeet. Ohje liittyy muihin ohjeisiin ja määräyksiin kuvan 4 mukaan. Ohjetta käytetään rinnan SILKO-yleisohjeiden SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu, SILKO 1.601 Siltan ja siltapaikan kuivatus ja SILKO 1.901 Silta- paikan viimeistely kanssa.

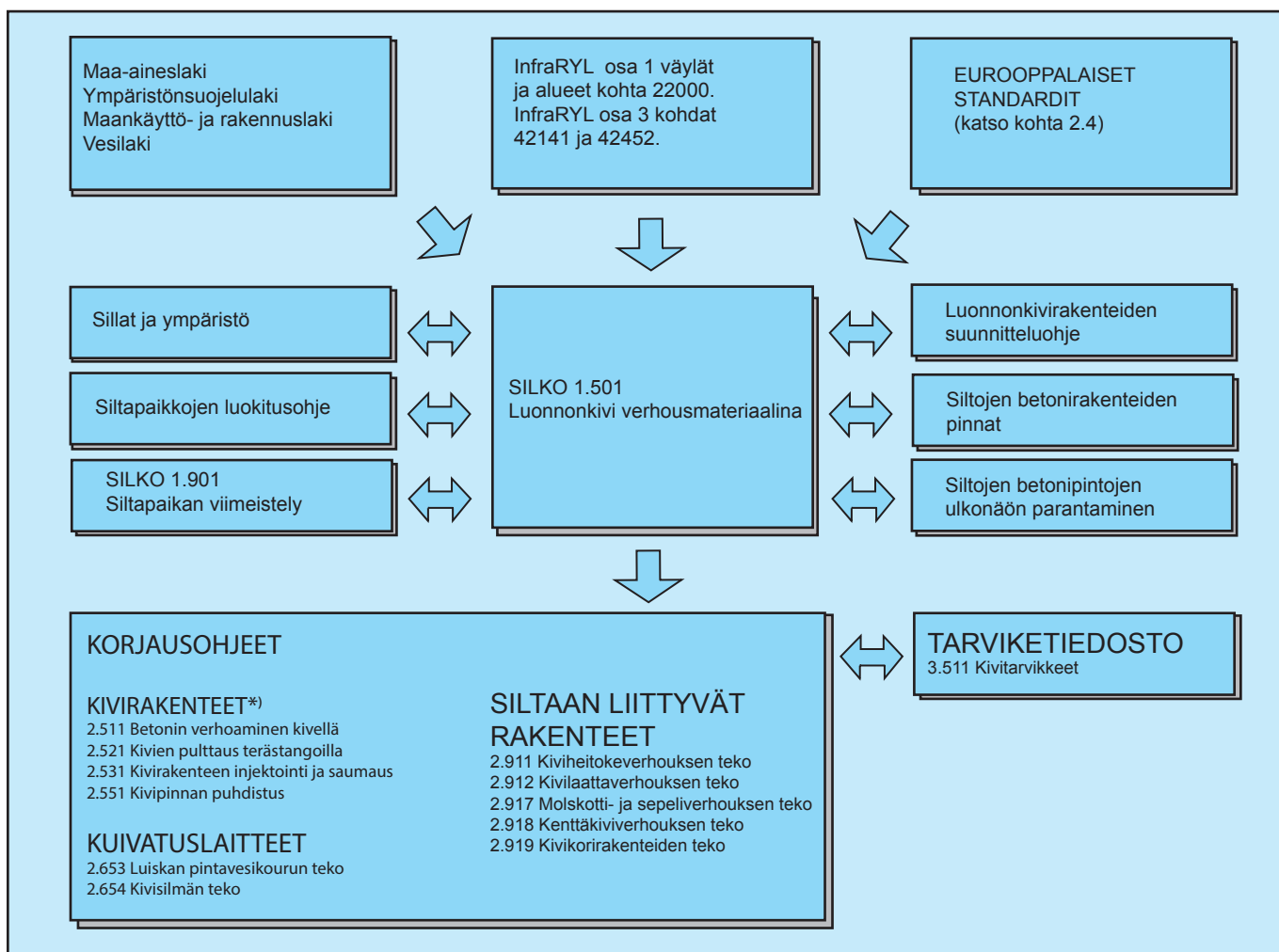
Suunniteltaessa kivilaattojen mitoitusta ja kiinnitystä sillan rakenteisiin noudatetaan *Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohjetta /1/*. Lisäksi luonnonkiven käytöstä rakennuskivenä on saatavissa hyödyllistä tietoa *VTT:n julkaisuista /2/, /3/ ja /4/*.

Luonnonkivituotteita on käsitelty *SKTY:n julkaisussa Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena /5/*.

Luonnonkivirakentamiseen liittyvät RT-ohjekortit ovat

- RT 824.21 Luonnonkivimuurit ja -verhoukset
- RT 30-10314 Luonnonkivet, suomalaiset rakennuskivet.

Ohjeen käyttäjän on otettava huomioon standardeissa ja kirjallisuusviitteissä mahdollisesti tapahtuneet muutokset.



*) Ohjeita ei ole laadittu 31.12.2014 mennessä

Kuva 4. Ohjeen liittyminen lakeihin, standardeihin, InfraRYL:iin ja Liikenneviraston ohjeisiin.

1.2 Luonnonkiven käyttö rakenteissa

Luonnonkivi oli perinteinen tiesiltojen rakennusmateriaali aina 1900-luvulle asti. Vanhin maasamme käytössä oleva silta on Espoon kartanon kiviholvisilta, Kvarnbro. Silta on rakennettu vuonna 1777. Viimeiset kivisillat on rakennettu 1930-luvulla, joskin vuonna 2008 valmistui Espoon tuomiokirkon lähelle nykyaikaisella kivenjalostustekniikalla työstetty kiviholvisilta (liitteen 3 kuva 4/4). 1.7.2013 Liikenneviraston Siltarekisterissä oli 287 kivirakenteista holvisiltaa ja 3 palkkisiltaa. Ammatitaidolla tehty kiviholvisilta kestää kalliolle perustettuna vuosisatoja (kuva 1).

Betonin syrjäytettyä kiven pääasiallisena sillanrakennusmateriaalina, tiesiltojen betoniset alusrakenteet (maa- ja välituet) verhottiin yleensä kivellä aina 1940-luvulle asti. Varsinkin teräspalkkisiltujen alusrakenteet tehtiin usein kokonaan luonnonkivistä.

Hirsiarinoille perustettuja kiviholvisiltoja purettiin 1960- ja 1970-luvuilla ja korvattiin betonirakenteilla, koska hirsiarinat lahosivat jäätyään esille vedenpintojen laskiessa ja kivirakenteet purkautuivat. Muutamia siltoja on koottu uudestaan betoniperustusten varaan (kuva 5).

Rataosa Helsinki–Hämeenlinna avattiin liikenteelle vuonna 1862, jolloin alkoi Vantaan ja Leppäkosken siltojen myötä ratasiltojen historia. Ratasiltujen alusrakenteet tehtiin kokonaan luonnonkivistä kunnes betonirakenteet yleistyivät 1900-luvun alkupuolella. Kiviholvisiltoja ja kivirumpuja tehtiin 1950-luvulle asti.

Sulkukanavien seinät ja pilasterit tehtiin 1940-luvulle asti luonnonkivistä tai verhottiin luonnonkivilaatoilla.

Kaupunkien pääkatuja päällystettiin 1930-luvulle asti luonnonkivillä. Alkuaikoina kivenä käytettiin kenttäkiviä ja myöhemmin nupukiviä (kuva 6).

Nykyisin luonnonkiveä käytetään silta- ja maise-
marakenteiden verhousmateriaalina. Käyttö on lisääntymässä, mikä on hyvä asia, koska kivi on todettu hyvin kestäväksi rakenteiden materiaaliksi. Luonnonkivi on tullut myös hinnaltaan kilpailukykyisemmäksi, koska kiviteollisuus on pitkälle automatisoitu ja sen työstömenetelmät ovat korkeatasoiset. Myös kivimiesten kouluttamiseen on alettu kiinnittää huomiota ja ammattitaidon säilymistä pidetään tärkeänä. Luonnonkivestä tehtyjä tarvikkeita tuodaan myös ulkomailta kuten Kiinasta.

Luonnonkiveä käytetään, kun halutaan parantaa rakenteen ulkonäköä ja etenkin seuraavissa sillan ja siltapaikan rakenteissa:

- Sillan alusrakenteissa, kun suojataan betonipintoja jään ja virtaavan veden kuluttavaa vaikutusta vastaan (kuva 7 ja liitteen 3 kuvat 3/3 ja 4/1).
- Reunapalkeissa ja reunuksissa, kun halutaan tehdä rakenteet klorideja kestävästä materiaalista.
- Betonipintojen verhouksena, kun suojataan rakenteita (kuvat 3 ja 7).
- Keilojen ja luiskien verhouksissa, kun halutaan saada eroosiosuojaukseltaan paras verhous (kuvat 2 ja 8). Keilan tai luiskan juuri suositellaan tehtäväksi kivistä, jos sitä on kohtuullisin kustannuksin saatavana (kuva 35).
- Holvisiltojen ja tukimuurien rakennusmateriaalina.
- Päällysteissä ja ajoradan reunatuissa.
- Ulkonäköä elävöittämässä muiden verhousten yhteydessä.

Luonnonkiveä käytetään muissa taitorakenteissa ja väyläpaikoilla:

- Sulkujen rakennusmateriaalina ja kanavien verhouksissa.
- Tukimuurien rakennusmateriaalina.
- Majakoiden, laiturien, patojen, aallonmurtajien, kummelien, pollarien, linjamerkkien ja loistojen perustusten rakennus- ja verhousmateriaalina.

Luonnonkiveä on käytetty myös monissa muissa kohteissa, kuten portaina, nousuteiden päällysteinä, tie- ja siltakaiteiden pylväinä sekä kourujen ja ojien kiveyksenä (liitteen 3 kuvat 4/2 ja 4/3 sekä kuvat 34, 38 ja 41).

Betonisen kansilaatan reuna voidaan verhota kivilaatoilla, jos kiviholvisilta levennetään teräsbetonulokkeilla. Tällöin silta näyttää edelleenkin sivusta katsottaessa kivisillalta.



Kuva 5. Valtaalan silta (Isokyrö) purettiin ja koottiin uudestaan siten, että toinen kantamuuri perustettiin kalliolle ja toinen paalutetun teräsbetonilaatan varaan.



Kuva 6. Nupukivipäällyste sillan ajoradan päällysteenä (Hämeensilta, Tampere).



Kuva 7. Välituen ja jäänsärkijän kiverhous (Tuomaansilta, Turku).



Kuva 8. Vuonna 1959 tehty keilan kivilaattaverhous puhdistettuna.

1.3 Museorakenteet

Kulttuuriympäristön lakisääteinen suojelu voidaan toteuttaa maankäyttö- ja rakennuslain, rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain, muinaismuistolain tai luonnonsuojelulain (maisema) turvin. Lisäksi rautatiekohteiden osalta on voimassa sopimus menettelytavoista valtakunnallisesti merkittävien rautatieasema-alueiden säilyttämiseksi ja suojelemiseksi (22.9.1998).

Museovirasto ohjaa lailla suojeltujen ja muuten arvokkaiksi todettujen kohteiden kuten kanavarakenteiden ja vesiliikenteen kiinteiden turvalaitteiden korjaushankkeita. Muinaismuistolain mukaisesti muinaisten huomattavien kulkuteiden, tienviittojen ja siltojen jäännökset ovat muinaismuistoja, joihin kajoaminen ilman lupaa on kielletty.

Liikenneviraston omistamia museosilloja, joita ei ole suojeltu, kunnossapidetään normaalisti tienpidon osana. Lisäksi jokaiselle museosillalle tehdään yksilöllinen hoito- ja ylläpitosuunnitelma sen museaalisen edustavuuden ja tunnistettavuuden näkökulmasta. Museologisten periaatteiden mukaan kunnossapidolla pyritään säilyttämään sillan museoimishetken kunto. Käytännössä tämä on

vuoden 1982 tila, koska valtaosa museokohteista on nimetty silloin. Kohteisiin ei tehdä muutoksia, ellei liikenneturvallisuus tai kohteen säilyminen sitä erityisesti vaadi. Tämä on otettava huomioon, jos museosilltaan tehdään korjaustoimia.

Museosilloja on Suomessa 35, joista Liikenneviraston omistuksessa 26 ja niistä 11 kivisilloja. Muut museosillat ovat kuntien tai maanomistajien omistuksessa. Liikennevirasto ylläpitää museotie- ja siltakokoelmaa. Museosiltojen ja museoteiden kunnossapidon koordinointi on keskitetty Pirkanmaan ELY-keskukseen. (<http://www.ely-keskus.fi/web/ely/museosillat>)

Museoviraston ylläpitämässä valtakunnallisesti merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen (RKY) luettelossa on mainittu 122 kulttuuriympäristöä, joissa on silta (www.rky.fi). Kulttuuriympäristössä myös muiden kuin museosiltojen korjaamisessa kiinnitetään erityistä huomiota siihen, että sillat ovat sopusoinnussa maiseman kanssa.

2 RAKENNUSKIVI

2.1 Kivilajit ja mineraalit

2.1.1 Kivilajit

Kivilajit jaetaan syntytapansa mukaan seuraaviin pääluokkiin: magmakivet, sedimenttikivet ja metamorfiset kivet. Kiviä muokkaavat prosessit on esitetty kuvassa 9.

Kallioperämme koostuu pääosiltaan kiteisistä syväkivistä ja niiden muuttuneista eli metamorfoituneista muodoista. Magmakiviin kuuluvat syväkivet ovat jähmettyneet sulasta kiviaineksesta syvällä maankuoressa.

Sedimenttikivilajeja on Suomessa niukasti ja vain pieninä, hajanaisina esiintyminä.

Kallioperämme yleisin rakennuskivilaji on graniitti. Kovia rakennuskiviä nimitetään tavallisesti graniiteiksi, vaikka ne eivät sitä olisikaan mineralogisesti. Nimitykset eivät muutenkaan täysin vastaa ominaisuuksia, sillä esimerkiksi 1650 miljoonaa vuotta sitten syntyneet rapakivigraniittikalliot ovat tyypillisesti häiriintymättömiä ja tasarakeisia. Tämä kivi on kovaa ja kestävä, ja se sopii luhintaominaisuuksiltaan erittäin hyvin rakennuskiveksi.

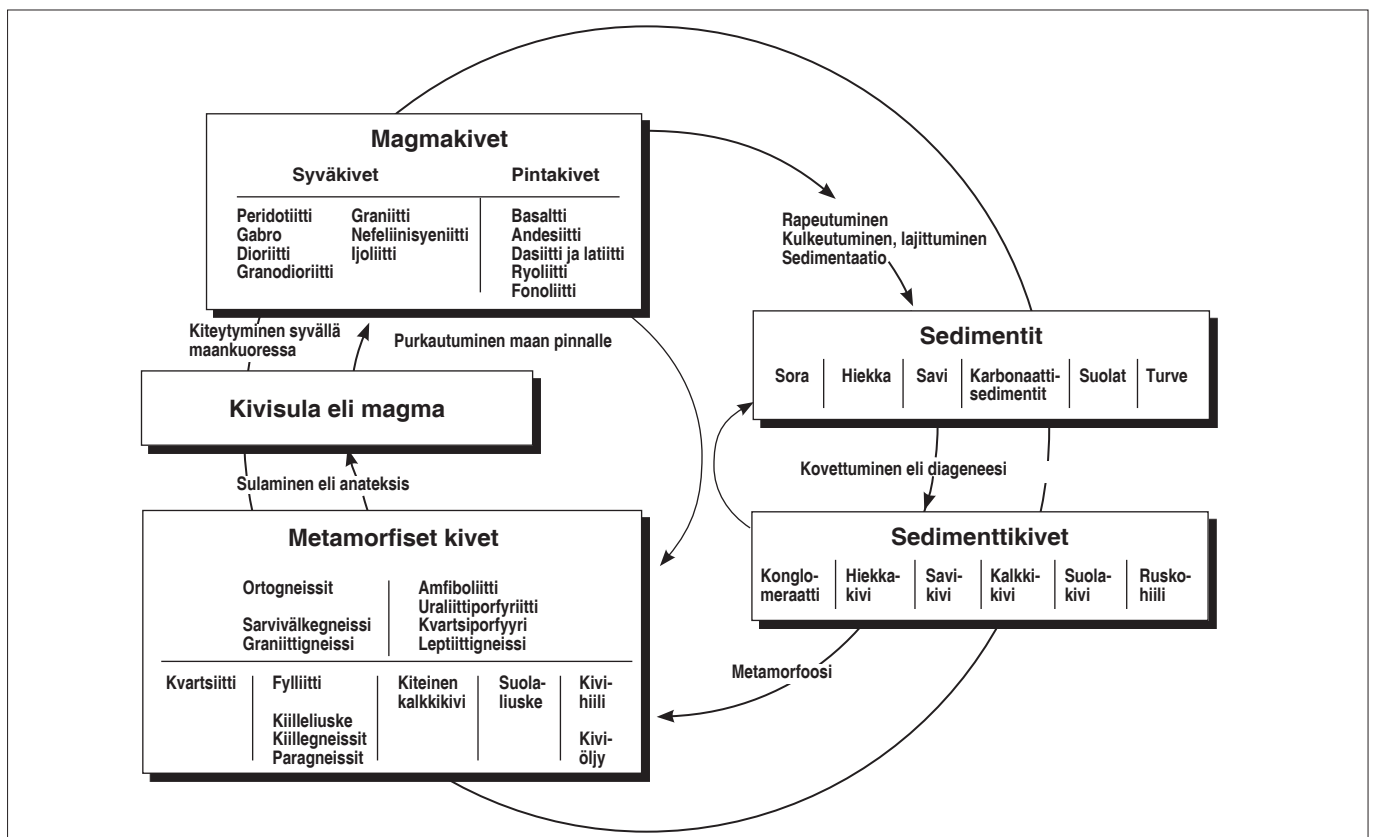
Graniitit ryhmitellään kiven yleisvärin perusteella. Yleisiä värisävyjä ovat punainen, ruskea ja harmaa. Nämä sopivat silta- ja muiden väyläpaikkojen verhouksiin.

Liuskekivet ovat alkuperältään sedimenttejä, jotka ovat metamorfoituneet, muuttuneet nykyiseen muotoonsa. Liuskekivet lohkeavat silein pinnoin liuskeisuuden suunnassa. Liuskekiviä ovat muun muassa fylliitti, kiilleliuskeet ja kvartsiittiliuskeet.

2.1.2 Mineraalit

Kivilajit koostuvat mineraaleista. Mineraalit ovat yhdisteitä tai alkuaineita, joilla on tietty rakenne ja koostumus. Vaaleita mineraaleja ovat kvartsi, maasälvät ja kalsiitti. Tummia mineraaleja ovat amfibolit, pyrokseenit, kiilteet ja oliiviini. Kivityyppien mineraalit on esitetty taulukossa 1.

Graniittien päämineraalit ovat kvartsi, maasälvät ja kiilteet. Graniittien väri vaihtelee pääasiassa maasälvän värin mukaan. Mustiksi graniiteiksi kutsutaan tummia syväkivilajeja, jotka ovat geologisesti tarkasteltuina gabroja, dioritteja, kvartsi-dioritteja ja diabaaseja. Mustien kivien esiintymä on usein rikkonainen ja epähomogeeninen.



Kuva 9. Kiviä muokkaavat prosessit ja materiaalin kiertokulku /6/.

Taulukko 1. Luonnonkivien ryhmittely /7/.

Geologinen alkuperä	Kivilaji	Pääsialliset mineraalit ja osa-aineet
Magmakivet (syväkiviä)	graniitti granodioriitti kvartsidioriitti syeniitti gabro dioriitti diabaasi peridotiitti	kalimaasälpä, kvartsi, plagioklaasi, biotiitti, sarvivälke plagioklaasi, kalimaasälpä, kvartsi, biotiitti, sarvivälke plagioklaasi, kvartsi, biotiitti, sarvivälke kalimaasälpä, plagioklaasi, sarvivälke, pyrokseenit, biotiitti plagioklaasi, pyrokseenit, amfibolit, oliviini plagioklaasi, sarvivälke, pyrokseenit, biotiitti plagioklaasi, pyrokseenit, sarvivälke, oliviini oliviini, pyrokseenit, sarvivälke
Sedimenttikivet	kalkkikivi hiekkakivi savikivi konglomeraatti	kalsiitti kvartsi, maasälvät 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 kloriitti, talkki, karbonaatti

Taulukko 2. Kivilajeista käytettyjä nimityksiä /1/.

Kivestä käytetty nimitys	Kivien geologiset kivilajinimitykset
graniitti	graniitti, syeniitti, tonaliitti, dioriitti, gabro, granodioriitti, anortosiitti, diabaasi, peridotiitti, kvartsiitti, basaltti, ryoliitti, migmatiitti, gneissi ja muut lähinnä magmasyntyiset kovat kivet
marmori	marmori, kalkkikivi, travertiini, onyksi, 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, onyksi

2.2 Taitorakenteessa ja väyläpaikalla käytettävät rakennuskivet

Kansainvälisessä kivikaupassa kivilajinimitysten käyttö on kirjavaa ja osin ristiriitaista geologisten nimitysten kanssa. Suositeltavaa on käyttää kiveä sen geologista kivilajinimitystä, mikäli se on tiedossa. Taulukossa 2 on esitetty yleisesti käytetyt kivilajinimitykset ja vastaavien kivilajien geologiset nimitykset.

Taitorakenteen sekä väyläpaikan rakenteissa käytettäviä kivilajeja ovat

- graniitit ja muut syväkivet
- liuskekivet.

Kivilaji on valittava siten, että se kestää mahdollisimman hyvin siihen kohdistuvia rasituksia. Rakennuspaikalla on vielä tarkastettava, että kivet ovat ehyitä ja sopimusasiakirjojen mukaisia.

Rakennuskivenä käytettävät syväkivet, kuten graniitti, ovat korkealaatuisia ja ns. kovina kivenä pitkäikäisiä. Lisäksi ne kestävät muita paremmin ilman saasteita ja kunnossapitoon käytettävää suolaa.

Liuskekivet ovat kovia tai keskikovia, joten ne ovat kestävydeltään lähes syväkivilajien veroisia. Useimmat liuskekivilajit sopivat siltojen ja silta-
paikkojen verhouksiin, mutta liuskekiven kiinnittäminen betoniin saattaa olla kivityypistä riippuen hankalaa.

Syväkivet ja liuskekivet kestävät hyvin kuormituksen, sään, suolarasituksen ja kulutuksen samanaikaista rasitusta. Kantavassa rakenneosassa käytettävän kiven lujuusominaisuudet on varmistettava.

2.3 Kivirakenteisiin kohdistuvat rasitukset

Taitorakenteen ja väyläpaikan kivirakenteisiin kohdistuvia rasituksia ovat

- kuormitus, jonka vuoksi kivellä on oltava hyvä puristuslujuus ja taivutusvetolujuus (ks. taulukko 4)
- sää, joka edellyttää kiven hyvää pakkasenkestävyyttä
- suolarasitus, joka edellyttää tiiviyyttä ja lujuutta
- kulutus (jää ja aurat), joka edellyttää hyvää kulutuskestävyyttä.

Usein nämä rasitustekijät vaikuttavat samanaikaisesti. Kiveä rapauttavat ja kuluttavat tekijät vaikuttavat lähes aina taitorakenteen ja väyläpaikan rakenteisiin.

2.4 Kiven ominaisuudet

Suomalaiset kivilajit ovat kestäneet kokemuksen mukaan hyvin siltojen ja siltapaikkojen rakenteissa. Näin ollen yleisesti käytettävät rakennuskivet ovat käyttökelpoisia. Kiven laatu on selvitettävä tarvittaessa tutkimuslaitoksessa. Luonnonkiven eurooppalaisia testausmenetelmien standardeja ja niiden vastaavuus DIN-standardeihin on esitetty taulukossa 3.

Luonnonkivien ominaisuuksien testausta Suomessa tekevät VTT Expert Services Oy, Geologian tutkimuskeskus ja Tampereen teknillinen yliopisto TTY.

Taitorakenteissa ja väyläpaikoilla käytettävien rakennuskivien tärkeimmät ominaisuudet on esitetty taulukossa 4. Yhdistelmä rakenteita suunniteltaessa on otettava huomioon, että betonin pituuden lämpötilakerroin on $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Taulukko 3. Luonnonkiven EN-testausstandardeja ja niiden vastaavuus DIN-standardeihin.

Ominaisuudet	EN-standardit	Aikaisemmin käytetyt standardit	EN ja DIN -standardien vastaavuus toisiinsa nähden
Tiheys ja huokoisuus	SFS-EN 1936:2006	DIN 52102	Pieniä yksityiskohtaeroja
Vedenimukyky	SFS-EN 13755:2008	DIN 52 103	Pieniä yksityiskohtaeroja
Puristuslujuus	SFS-EN 1926:2006	DIN 52 105	Pieniä yksityiskohtaeroja
Pakkasenkestävyys	SFS-EN 12371:2010	DIN 52 104	Pieniä yksityiskohtaeroja
Kulutuskestävyys	SFS-EN 14157:2004	DIN 52 108	Identtiset
Taivutuslujuus	SFS-EN 12372:2006	DIN 52 112	Pieniä yksityiskohtaeroja

Taulukko 4. Luonnonkivien ominaisarvojen vaihteluvälejä /1/.

Kivilaji	Tiheys (kN/m ³) DIN 52102	Huokoisuus (tilavuus-%) DIN 52102	Vedenimukyky (paino-%) DIN 52103	Pituuden lämpötilakerroin (1/°C 10 ⁻⁶)	Puristuslujuus (MN/m ²) DIN 52105	Taivutusvetolujuus (MN/m ²) DIN 52112	Kimmoduuli x 10 ³ (MN/m ²)	Mohsin kovuus Mohs	Kuluminen (g/cm ³) DIN 52108
graniitti	25–28	0.4–1.5	0.1–0.5	5–9	150–300	6–25	30–60	6	13–20
dioriitti	28–30	0.1–0.4	0.1–0.4	4–7	170–300	10–23	110–130	5–6	8–27
gabro	28–30	0.1–0.4	0.1–0.4	4–7	170–300	10–23	110–130	5–6	8–27
diabaasi	28–29	0.3–1.1	0.1–0.4	4–7	180–280	15–25	110–130	5–6	
gneissi	26–30	0.4–2.0	0.1–0.6	5–8	160–280	8–22	40–100	5–6	11–25
syeniitti	26–29	0.4–0.5	0.1–0.5	4–8	140–290	6–22	40–60	5–6	11–22
marmori	26–29	0.5–2.0	0.2–0.6	3–5	80–160	6–20	50–80	3–4	
tiivis kalkkikivi	26–28	0.5–2.0	0.2–0.6	2–7	80–180	6–15	40–70	3	11–40
liuskeet	25–28	0.5–1.5	0.1–0.5	2–7	100–200	8–27	10–60	4–6	
hiekkakivi	20–26	0.5–25.0	0.2–9.0	3–10	30–180	3–15	8–20	5–6	17–40

2.5 Kiviverhosten laatuvaatimukset

Korjausrakentamisessa ja uudisrakentamisessa silta- ja muita väyläpaikkoja verhottaessa luonnonkivirakenteiden laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimet on esitetty kuvassa 4 esitetyissä SILKO-ohjeissa.

Verhoukseen tarkoitettujen luonnonkivilaattojen toiminnalliset vaatimukset ja testausmenetelmät on esitetty standardissa SFS-EN 1469.

Ulkotilojen luonnonkivilaatoilla on oltava CE-merkintä ja suoritustasoilmoitus (DoP) sekä suunnitellun käyttötarkoituksen mukainen AVCP-luokka (suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamislukka). AVCP-luokka on kantavissa rakenteissa 2+ ja muuten 4.

Luonnonkivi on osoittautunut ulkorakenteissa kestäväksi materiaaliksi. Suunnittelija voi kuitenkin

kin asettaa laatuvaatimuksia muun muassa seuraaville ominaisuuksille, jos rakenneratkaisu sitä edellyttää:

- luonnonkiven tiheys, vedenimukyky, puristuslujuus, pakkasenkestävyys, taivutusvetolujuus
- kovuus ja kulutuskestävyys
- kivilaatan kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti
- kivilaattojen suurin sallittu hammastus
- kivilaatan pintakäsittely
- asennuksen olosuhdevaatimukset.

Laatuvaatimuksia asetettaessa voidaan käyttää apuna taulukossa 4 esitetyt luonnonkivien ominaisarvoja.

Tutkimukset tehdään kohdassa 2.4 esitettyjen standardien mukaan.

Luonnonkivien pintakäsittelymenetelmät on esitetty liitteen 1 taulukossa 1 ja liitteen kuvassa 3 sekä julkaisun *Siltojen betonirakenteiden pinnat, Suunnittelu /10a/* taulukossa 7, ja niiden käyttöä eri rakenteissa on selostettu kohdassa 5.4.

Siltojen alusrakenteiden paksuista kivilaatoista tehtyjen verhousten laatuvaatimuksia on esitetty *InfraRYL osan 3 /9/* luvussa 42141 ja julkaisun */10a/* kohdassa 4.7.2. Paksuista kivilaatoista tehtävä rakenne on esitetty liitteessä 2.

Esimerkki paksuista kivilaatoista tehdyn verhouksen laatuvaatimuksista:

- Verhouskivien on oltava hyvälaatuista graniittia tai muuta syväkivilajia.
- Kiven pituuden on oltava sama tai suurempi kuin sen korkeuden, mutta ei kuitenkaan alle 400 mm.
- Kivien korkeus saa vaihdella niiden ollessa samassa kerroksessa ± 5 mm ja eri kerroksissa ± 30 mm.
- Kiviverhouksen paksuus on noin 200 mm kiven etupinnan perustasosta mitattuna.
- Kiven etupintaan tehdään koppi (kiven etupinnan poikkeama perustasosta), jonka korkeus on enintään 50 mm. Pinnassa ei saa olla yli 10 mm:n syvyisiä saumaustason takapuolelle ulottuvia kuoppia. Kiven etupinnan reunoihin tehdään 40–50 mm:n leveät tasaiset kaistat tai reunat noudattavat suunnitelmassa esitettyä muotoa.
- Vaakasuurien saumapintojen (tukipintojen) pienemmän mitan on oltava vähintään 80 mm.
- Kiviverhotulle rakenteelle asetetaan samat mita- ja muotovaatimukset kuin vastaavalle verhoamattomalle rakenteelle. Mittaukset tehdään kiven etupintojen reunoista.

- Tartuntaterästangot tehdään ruostumattomasta teräksestä (SFS-EN 10088).
- Saumat tehdään tämän ohjeen kohdan 6.7 mukaan.
- Kiviverhousten ulkopintojen on oltava puhtaita.

Ohuista kivilaatoista tehdyn verhouksen laatuvaatimuksia:

- Pystypinnoissa suositeltava kivikoko on 0,5–1,0 m² ja pienin sivumitta 300 mm ja suurin 1200 mm. Kivilaatan paksuus on 30–50 mm.
- Kiviverhotulle rakenteelle asetetaan samat mita- ja muotovaatimukset kuin vastaavalle verhoamattomalle rakenteelle.
- Tartuntakiinnikkeet tehdään ruostumattomasta teräksestä (SFS-EN 10088).
- Saumat tehdään kohdan 6.7 mukaan.

Ohuista luonnonkivilaatoista tehtävä verhoussuunnitellaan *Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohjeen /1/* kohdan 3.2 ja julkaisun *Siltojen betonirakenteiden pinnat, Suunnittelu /10a/* kohdan 4.7.2 mukaan.

Betonielementeissä voidaan käyttää ohutlaattoja, jotka ovat pienehköjä (paksuus 10–15 mm ja koko $\leq 0,27$ m²) mittatarkkoja kivilaattoja *Julkaisun /10a/* kohdan 4.7.2 mukaan. Ohutlaatan takapintaan jyrksitään urat tai muut tartuntaa parantavat työstöt. Kivilaattojen kiinnitys voidaan tehdä elementin valun yhteydessä tai jälkikiinnityksenä työmaalla. Ohutlaattapinnalle voidaan asettaa laatuvaatimuksia luokitusohjeen *BY 40 Betonirakenteiden pinnat /11/* kohdan 7.3.2 mukaan.

Kivitarvikkeiden toiminnalliset vaatimukset ja niiden testausmenetelmät on esitetty seuraavissa standardeissa:

- SFS-EN 1343
Ulkotilojen reunakivet.
- SFS-EN 1342
Ulkotilojen noppa- ja nupukivet.
- SFS-EN 1341
Ulkotilojen luonnonkivipäällystelaatat.
- SFS-EN 771-6
Muurauskappaleiden spesifikaatiot. Osa 6. Luonnonkivimuurauskappaleet.
- SFS 7017
Betonista tai luonnonkivestä tehdyille ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot.

3 KIVIRAKENTEEN SUUNNITTELU

3.1 Nykyisten rakenteiden tarkastus

Rakenteet on tarkastettava kivirakenteiden korjaamista varten *Taitorakenteiden tarkastusohjeen /12/* kohdan 7.4, *Sillantarkastuskäsikirjan /13/* taulukon 13 ja *Kanavarakenteiden tarkastuskäsi-*

kirjan/14/ taulukoiden K6 ja K8 mukaan. Tarkastuksessa selvitetään vaurion syy, laajuus ja määritetään kiireellisyysluokka.

3.2 Periaateratkaisun teko

Periaateratkaisun teko on suunnitteluprosessin tärkeä vaihe, koska siinä mahdollisesti tehty virhe paljastuu yleensä vasta pitkän ajan kuluttua. Periaateratkaisua tehtäessä on rakenteen käyttöikä-tavoite keskeinen valintaperuste. Luonnonkivien käyttö mahdollistaa pitkän käyttöiän, kun taitorakenteeseen kohdistuu voimakas suola-, eroosio- tai muu rasitus.

Uuden vesistö sillan betonisten alusrakenteiden verhoaminen luonnonkivellä on vaihtoehto ruostumattomalle teräslevylle.

Luonnonkiven käytön vaiheet poikkeavat toisistaan korjaus- ja uudisrakentamisessa kuvan 10 mukaan. Luonnonkivirakenteiden korjaaminen kohdistuu lähes yksinomaan silta- tai muun väyläpaikan rakenteisiin, jotka korjataan ohjeen *SILKO 1.901 Siltapaikan viimeistely /15/* ja siihen liittyvien korjausohjeiden mukaan. Väyläpaikan korjausohjeet on laadittu siten, että työtä varten ei yleensä ole tarpeen laatia suunnitelmaa. Väyläpaikan verhoukset tehdään saman periaatteen mukaan myös uudisrakentamisessa, mikä on kuvassa 10 osoitettu nuolella. Taitorakenteissa korjaustarvetta on lähinnä kiviverhousten saumauksissa. Luonnonkiven käyttö taitorakenteiden uudisrakentamisessa edellyttää suunnitelman laatimista.

Eri tapauksissa käytetään seuraavan tyyppisiä kivilaattoja:

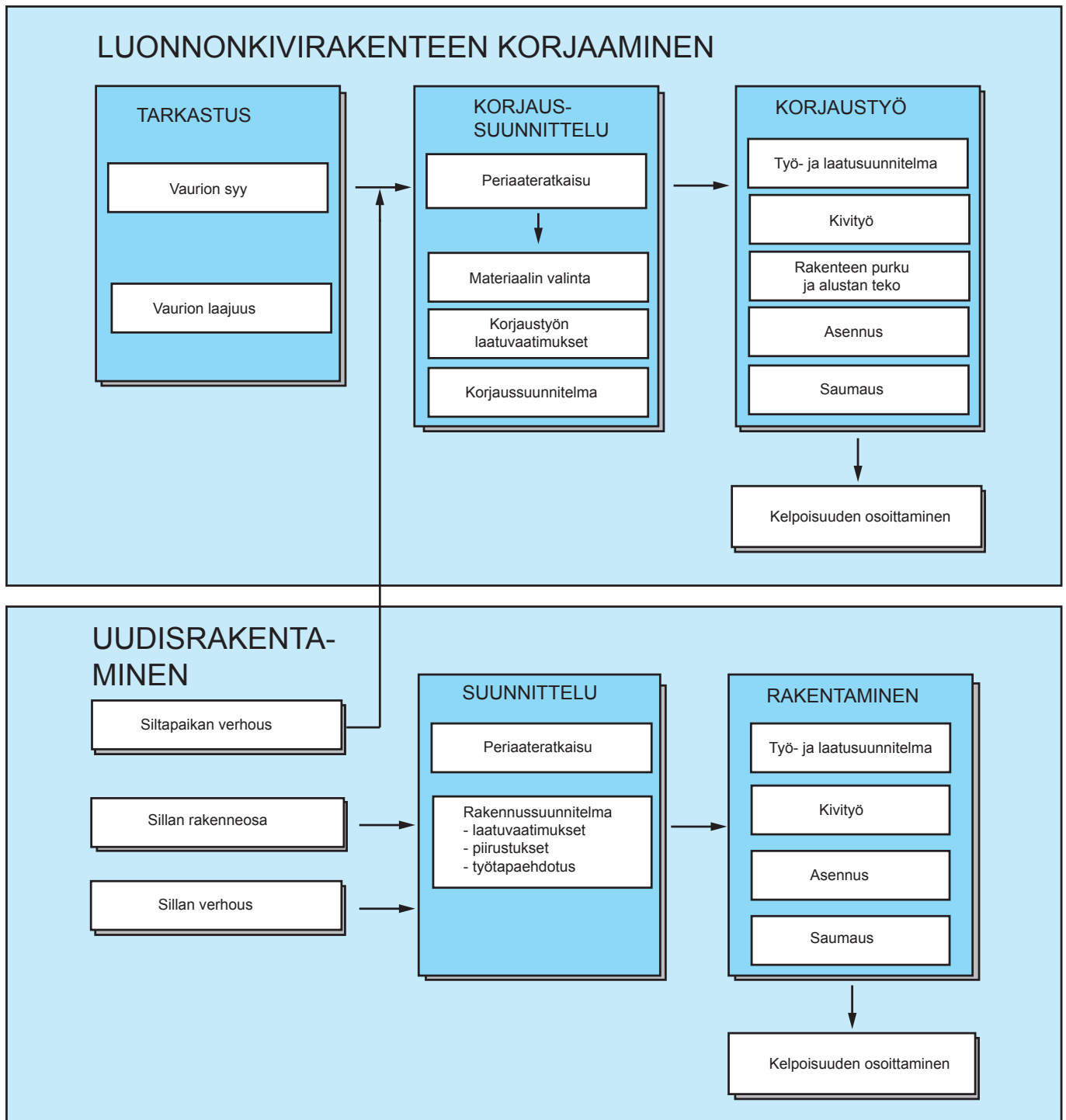
1. Paksuja betonivalun yhteydessä kiinnitettäviä laattoja käytetään alusrakenteissa, kun niihin kohdistuu esimerkiksi virtaavan veden ja jäiden aiheuttama rasitus (kuva 7 ja liitteen 3 kuva 4/1).
2. Ohuita betonivalun yhteydessä kiinnitettäviä laattoja käytetään esimerkiksi reunapalkeissa, joihin kohdistuu suolarasitus (kuva 33).
3. Ohuita betonipinnan päälle kiinnitettäviä laattoja käytetään, kun halutaan suojata rakenteita ja parantaa sillan tai siltapaikan rakenteen ulkonäköä.

Ohuiden kivilaattojen kiinnitys siten, että betonin ja kivilaatan väliin jää ilmarako tai tila täytetään laattojen asennuksen jälkeen betonilla (kuvat 31 ja 32), on aina asiantuntijan suunniteltava tapauskohtaisesti *VTT:n julkaisun /4/* mukaan. Kiinnikkeet on valmistettava ruostumattomasta teräksestä (SFS-EN 10088). Silta- ja muun väyläpaikan viimeistelyssä periaateratkaisu tehdään *SILKO-ohjeen 1.901 /15/* kohdan 3.1 mukaan.

Siltapaikan verhoukset tehdään sekä korjauskoh-teissa että uudisrakentamisessa samalla tavalla kuvassa 4 esitettyjen *SILKO-ohjeiden* mukaan. Korjauskohteen periaateratkaisun pitää perustua vaurion syyn selvittämiseen, joka ratkaisee muun muassa voidaanko rakenne korjata vai onko se uusittava. Lisäksi on päätettävä pitääkö verhoustyyppi vaihtaa ja tarvitaanko tukirakenteita.

Uudisrakentamisessa luonnonkiven käyttöön liitetyissä periaateratkaisuissa on otettava erityisesti huomioon betonin ja kiven yhteistoiminta. Suunnittelussa on aina taloudellisinta pyrkiä mahdollisimman harvoin laattakokoihin, jolloin kivilaattojen tuotanto ja käsittely yksinkertaistuvat. Kivilaatalta vaadittava paksuus riippuu kuormituksista, kivilaatan koosta, kiven lujuudesta ja eheydestä, kiven pintakäsittelystä sekä eräissä tapauksissa verhouksen rakenteellisesta toteutustavasta.

Massiivisissa kivirakenteissa kivi toimii hauraalle materiaalille luonteenomaisesti puristettuna rakenneosana. Nykyisin ohuen kivilaatan mitoituksen määräävät taivutettuun laattaan ja sen kiinnityskohtiin syntyvät vetorasitukset.



Kuva 10. Luonnonkivirakenteen työvaiheet korjaus- ja uudisrakentamiskohteissa.

3.3 Verhoussuunnitelman laatiminen

3.3.1 Korjauskohteet

Siltapaikkojen verhouksia koskevat SILKO-korjausohjeet (kuva 4) on laadittu niin yksityiskohdaisiksi laatuvaatimuksineen, että korjaustyö ja uudenkin verhouksen teko voidaan tehdä niitä soveltaen. Korjausohjeiden mukaan urakoitsijan on laadittava työ- ja laatusuunnitelma laadunvarmistustoimiseen.

Jos kivisilta tai muu taitorakenne vaatii rakenteellista korjaamista, työtä varten on laadittava suunnitelma työselityksineen ja laatuvaatimuksineen (kuva 5). Vaurion syy on selvitettävä ja eliminotava.

3.3.2 Uudisrakentaminen

Taitorakenteen rakenneosan teosta luonnonkivirakenteena ja taitorakenteen betonirakenteen verhouksesta luonnonkivellä laaditaan muun suunnittelun yhteydessä työselitys ja tarvittavat piirustukset. Silta- ja muun väyläpaikan verhoukset luonnonkivellä tehdään kohdan 3.3.1 mukaan.

Uudisrakentamisessa suunnittelu lähtee siltapaikkaluokasta, joka määritetään julkaisun *Sillat ja ympäristö /16/* kohdan 1.13.3 ja *Siltapaikkojen luokitusohjeen /17/* mukaan. Yksityiskohtien suunnittelussa noudatetaan mahdollisimman paljon *Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohjeen /1/* osan 3 ohjeita ottaen huomioon, että suunnitteluohje on laadittu talorakenteita varten. Siltoja koskevia erityisohjeita on esitetty julkaisun *Siltajen betonirakenteiden pinnat, Suunnittelu /10a/* kohdassa 4.7.2. Rakenneratkaisuja tehtäessä otetaan huomioon, että kiven lämpölaajeneminen saattaa kivilajista riippuen olla huomattavastikin pienempi kuin betonin lämpölaajeneminen.

Ennakkokokeella selvitetään kivilaattojen väri- vaihtelun rajat ääriarvoja kuvaavilla mallilaatoilla, jotka tilaaja hyväksyy.

Kivilaattaverhouksen suojaksi on asennettava kaide varsinkin, jos vieressä on ajorata tai muu kulkuväylä, jolta verhottuun rakenteeseen on törmäysvaara.

3.4 Työ- ja laatusuunnitelman laatiminen

Urakoitsija laatii ennen kivityön aloittamista yhdistetyn työ- ja laatusuunnitelman ja luovuttaa sen tilaajalle. Työ- ja laatusuunnitelmassa esitetään seuraavat asiat alla olevan jaottelun mukaan:

1. Yleiset tiedot

- hankkeen työ- ja laadunvalvontaorganisaatio: henkilöt, vastuut, toimivalta ja tehtävät
- työmäärien tarkastus
- työssä käytettävä kalusto (kaluston tyyppi-merkit, varakalusto jne.)
- laaduntarkastuksissa käytettävät mittarit ja laitteet
- työturvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimet
- työhön vaikuttavat paikalliset olot, työnaikainen liikenne jne.
- lupien hankinta.

2. Työsuunnitelma

- kivilaattojen tuotenimi louhoksen mukaan tai muu tunnistetieto, kivien suojaus asennuksen aikana, kiinnitystapa (valuun asennus/jälkikiinnitys), kivilaattojen asennus, kiinnikkeiden materiaali ja tyyppi, kiinnikkeiden ankkurointitapa, saumausmateriaali ja asennustyö (koskee vain taitorakenteiden verhouksiviä)

- verhoustyyppi, verhouksivien hankinta, asennus ja saumaus (koskee vain silta- ja muun väyläpaikan verhouksiviä)
- työntekijät, työkapasiteetit ja aikataulu
- noudatettavat vaatimukset ja ohjeet
- työalueen suojaaminen.

3. Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset

- alustan hyväksyntä
- laadunvarmistusmittaukset
- laadunohjaus yllä mainittujen toimien perusteella.

4. Kelpoisuuden osoittaminen

- kelpoisuuskokeet
- työmaapöytäkirjat
- mittausten tulokset
- poikkeamaraportit
- korjaustoimenpiteet
- uusintatarkastus.

4 RAKENNUSKIVEN HANKINTA

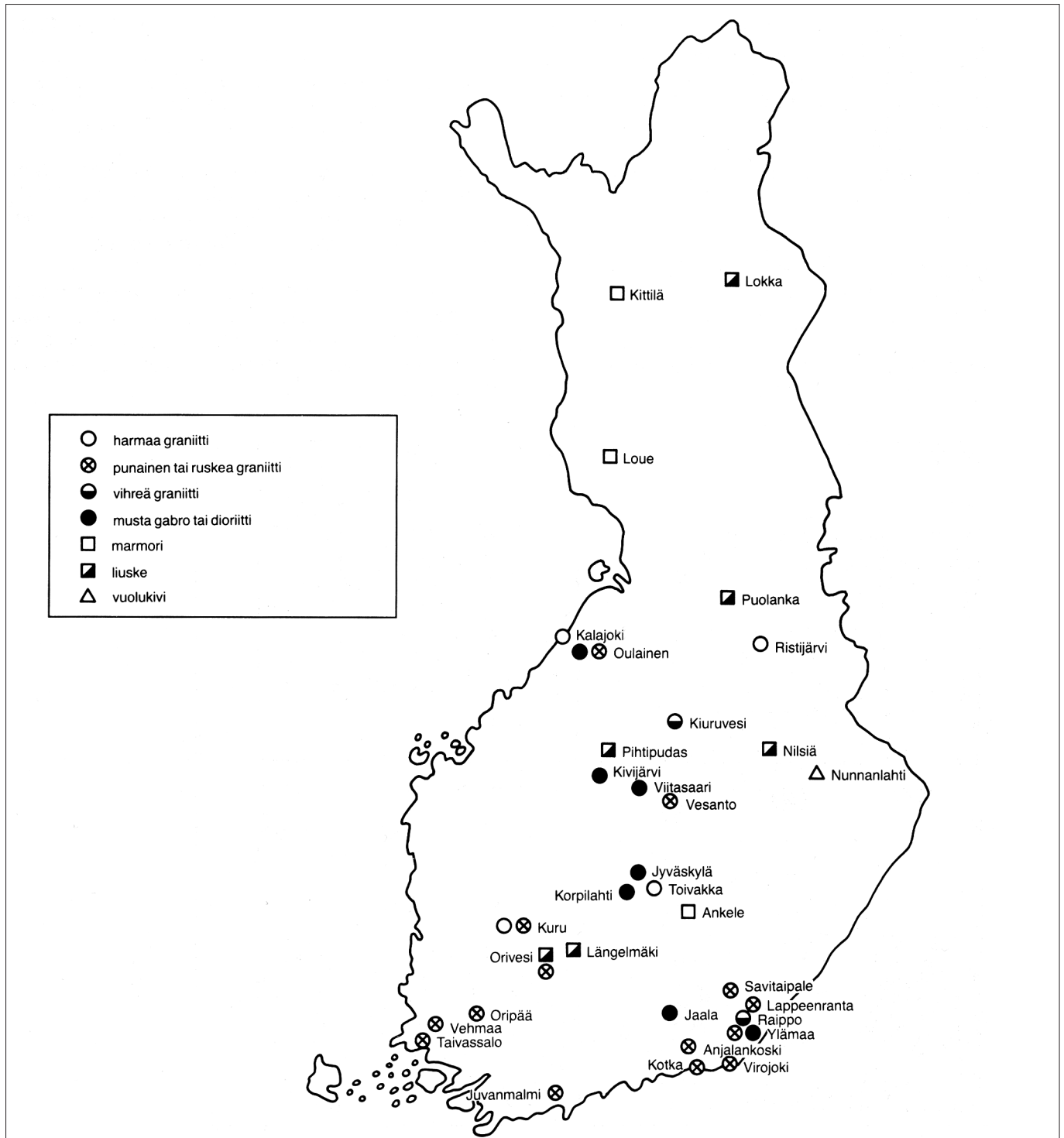
4.1 Rakennuskiven saatavuus

Sillan verhouskivet hankitaan kivenjalostamosta tai rakennuskivien maahantuojalta. Kivien koko on suunniteltava mahdollisimman tarkasti etukäteen, jotta kiviä joudutaan työstämään siltapaikalla mahdollisimman vähän. Kiven saatavuus on varmistettava ajoissa.

Puretuista rakenteista saatuja luonnonkiviä on käytetty hyvällä menestyksellä muun muassa kyl-

mämuureissa. Tällaisia purettavia rakenteita ovat kivisillat, kivirummut, kiviävät ja rautatieasemien kivilaiturit. Liuskekivet on kuitenkin syytä hankkia kivilouhimosta. Kivilouhimoiden sivukivet ovat halpoja ja sopivat hyvin esimerkiksi siltapaikan ki-viheitokeverhouksiin.

Tärkeimmät rakennuskiven louhintapaikat on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Tärkeimmät rakennuskiven louhintapaikat /7/.

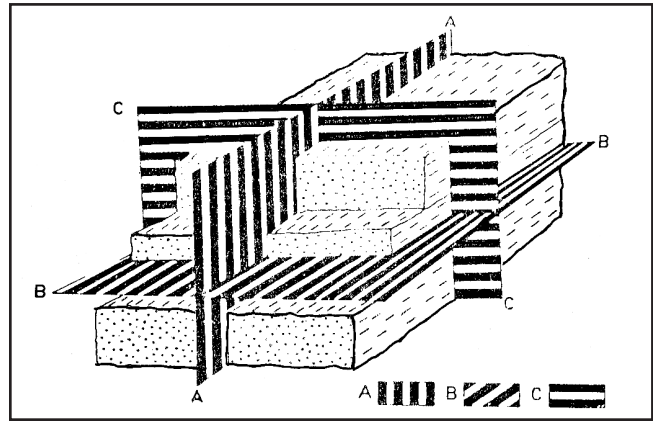
4.2 Kiven irrotettavuus ja työstettävyys

Kiven irrotettavuus riippuu kallion halkeilusta ja kiven lohkosuunnista, eli suunnista joiden mukaan kivellä on taipumus lohjeta helposti ja suoraviivaisesti. Kivilajit poikkeavat toisistaan tässä suhteessa seuraavasti:

- Graniitilla on yleensä kolme lohkosuuntaa, jotka ovat lähes kohtisuorassa toisiaan vastaan. Sitä lohkosuuntaa, johon kivi helpoimmin lohkeaa, sanotaan päälustaksi. Päälusta on usein pystylusta (kuva 12). Vaikein halkeamissuunta on liuskeisuutta vastaan kohtisuorassa oleva poikkilusta. Vaakalusta sijoittuu halkeamissuunnistaan pysty- ja poikkilustan väliin. Hyvin pengertyneissä graniiteissa olevat lähes vaakasuorat pohjaraot osoittavat tämän kiven parhaan lohkeamissuunnan ja päälustan.
- Tasarakeisilla ja suuntautumattomilla syväkivillä kaikki lustasuunnat ovat lähes samanarvoisia.
- Liuskekiven lustat ovat avoimia, ja kivi lohkeaa niitä myöten. Näin ollen lustat määräävät saatavien kivilaattojen paksuuden.

Kallion lustasuuntaisen pengertymisen eli rakoilun tyypit on esitetty kuvassa 13.

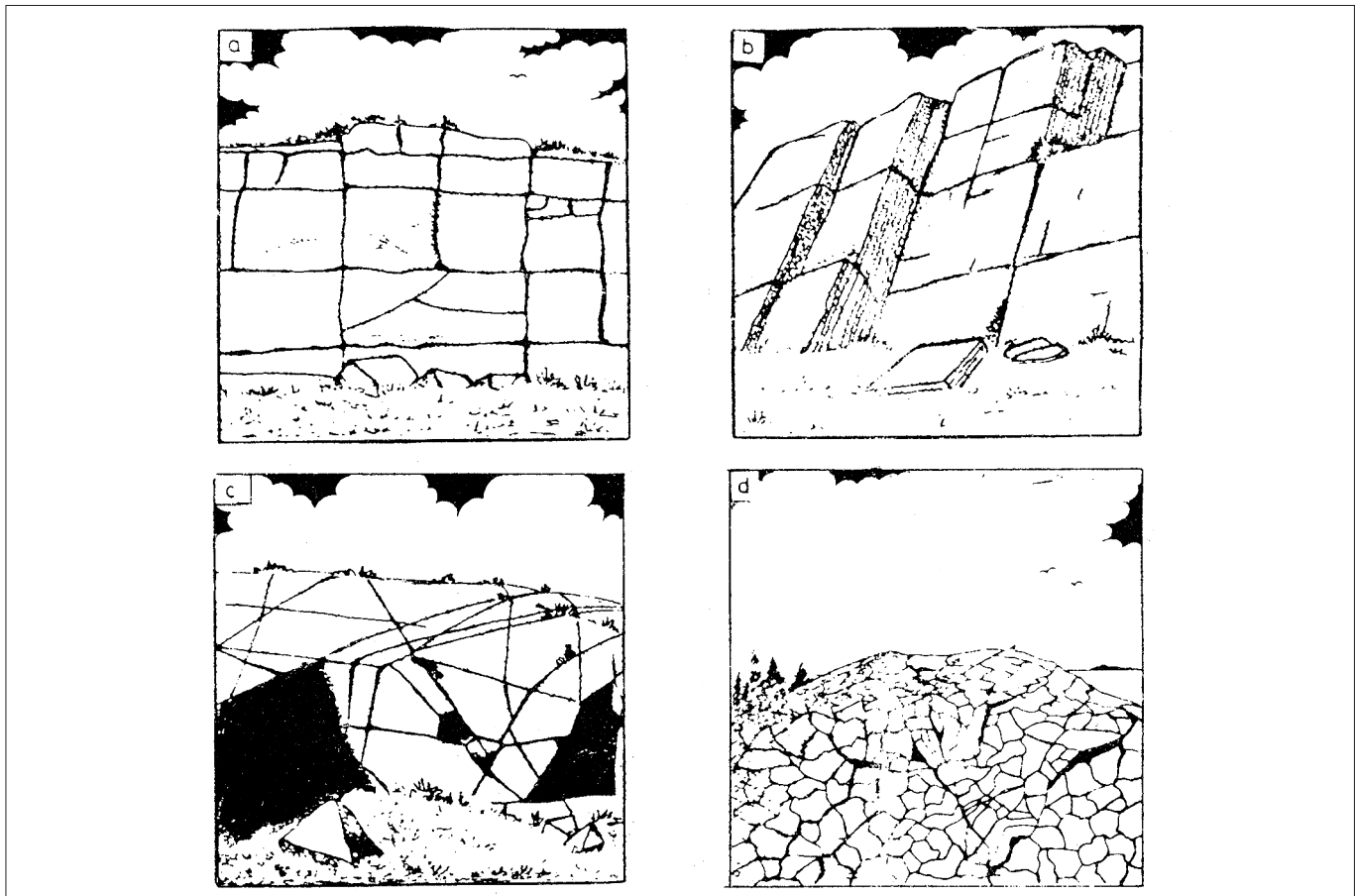
Kallioperän rakojen määrä, suunta ja keskinäinen etäisyys vaihtelevat yleensä melkoisesti. Laatto-



Kuva 12. Kalliolle ominaiset lohkosuunnat. A = pystylusta, B = vaaka- (eli makaava eli lama-) lusta, C = poikkilusta /18/.

jen irrottamiseen kelpaavia kalliota ovat sellaiset, joissa on kuutio- tai laattarakoilu.

Jos rakennuskivi irrotetaan kalliosta työmaan toimesta, on tätä varten hankittava maa-aineslain edellyttämä lupa. Luvan hakemiseen on varattava aikaa noin kuusi kuukautta. Yleensä käytetään vanhoja louhoksia.



Kuva 13. Kallion rakoilutyypit: a. kuutiorakoilu, b. laattarakoilu, c. kiilarakoilu, d. sekarakoilu /19/.

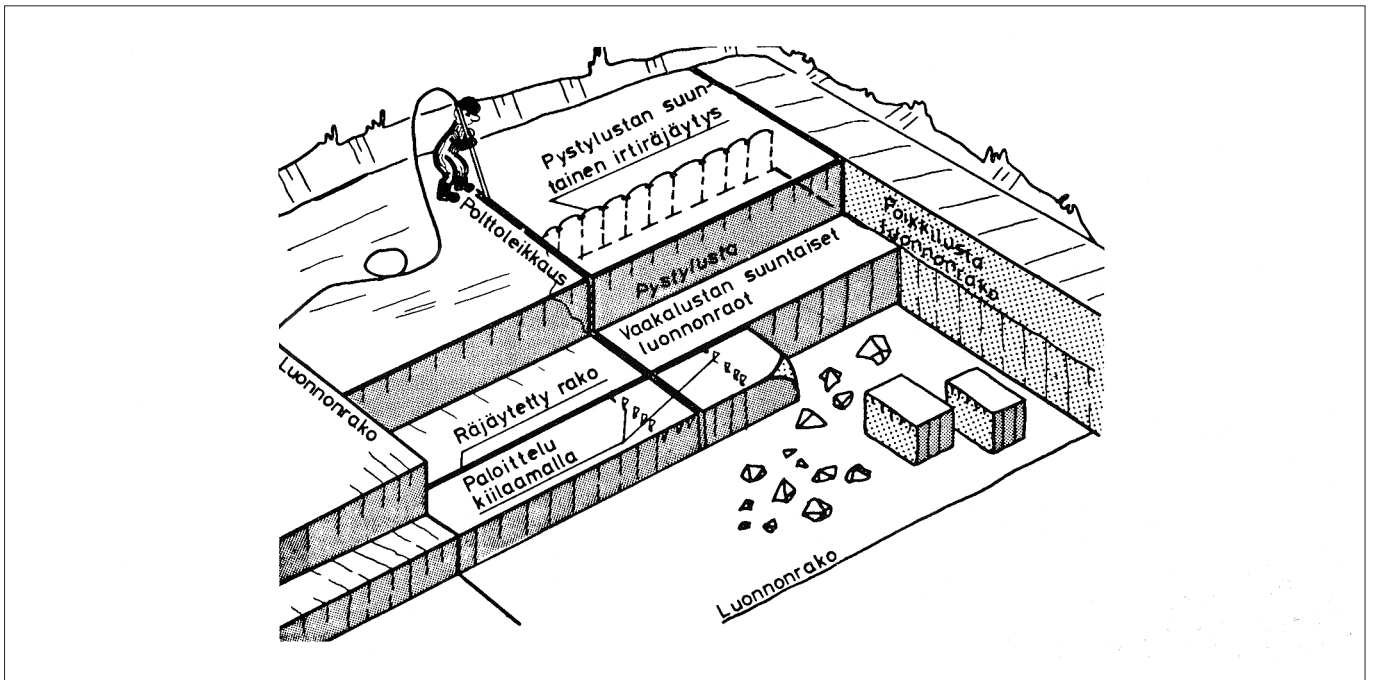
4.3 Louhinta

Rakennuskiven irrottamisessa käytetään mahdollisuuksien mukaan hyväksi luonnon muovaamia rakoja. Voimakasta vaakarakoilua esiintyy vain Kurun harmaassa graniitissa (kuva 14). Muita graniitin ja muiden syväkivien louhintamenetelmiä ovat poraus ja räjäytys sekä railonporaus. Riittävästi kvartseja (yli 30 %) sisältäviä graniitteja voidaan myös polttoleikata. Lohkareiden paloittelu ja muotoilu tehdään yleisesti poraamalla ja kiilaamalla.

Graniittikalliosta tapahtuvan rakennuskiven louhinnan (esimerkki kuvassa 14) periaate ilmenee kuvasta 15.



Kuva 14. Selvästi erottuvat vaakalustat kurulaisesa louhimossa.



Kuva 15. Kurun harmaan graniitin louhinta /2/.

5 RAKENNUSKIVEN JALOSTUS

5.1 Rakennuskiven työstämisen vaiheet

Rakennuskiven irrotus ja työstäminen kivilouhimoissa ja kivenjalostamossa käsittää yleensä seuraavat työvaiheet:

- kamin irrotus kallioista
- kamin työstäminen blokeiksi
- blokkien sahaus aihioiksi ja levyiksi eli pelkoiksi
- levyjen ja aihoiden pintakäsittely
- leikkaus eli kanttaus määrämittäisiksi laatoiksi
- viimeistely ja erikoistyöt.

Rakennuspaikalla rakennuskivi työstetään perinteisillä menetelmillä halkaisemalla ja meislaamalla.

Kussakin tapauksessa työmenetelmä valitaan työstettävän kiven ja halutun lopputuloksen perusteella.

5.2 Raakakiven halkaisu ja paloittelu

Raakakivi halkaistaan sopivan kokoisiksi kivilaatoiksi joko pienillä panoksilla räjäyttämällä tai useimmiten kiilaamalla (kuvat 16, 17 ja 18). Tällöin on otettava huomioon kiven irrottavuuteen vaikuttavat tekijät, joita on selostettu kohdassa 4.2.

Kivi halkaistaan kiilaamalla seuraavasti:

1. Halkaisulinja merkitään ja tarvittaessa siihen tehdään ura kulmahiomakoneella tai pinillä ja moskalla. Ura ulotetaan myös kappaleen päihin.
2. Reiät porataan tarkasti linjan ja halkaisupinnan suuntaisiksi. Reikävälin ja reiän syvyyden pitää olla 100–150 mm. Jos kivi on huonosti lohkeavaa, reiät porataan läpi. Jos kivi halkaistaan vinoon, on reikäväliä tihennettävä.
3. Likut ja kiilat asetetaan paikoilleen keskenään yhtä kireiksi. Jos porattavan reiän halkaisija on 15–22 mm, sopiva kiilan pituus on 100–150 mm.
4. Kiiloja kiristetään tasaisin lyönnein aina uudelleen rivin alusta loppuun, kunnes kivi halkeaa. Lyöntisarjojen välissä pidetään tauko.

Kiiloja ei saa lyödä aivan pohjaan. Jos kivi ei halkea, reikien väleihin asetetaan apukiiloja.

Kiven katkaisu on yleensä syytä tehdä ennen halkaisua.

Usein kivi pyrkii halkeamaan ohuemmalle puolelle, joten kivi tulisi halkaista mieluummin keskeltä.

Kiveä ei saa lämmittää nestekaasupolttimella, koska paikalliset lämpötilaerot muuttavat halkeamissuuntia.



Kuva 17. Reikien poraus halkaisulinjaan



Kuva 18. Kiven halkaisu kiilaamalla



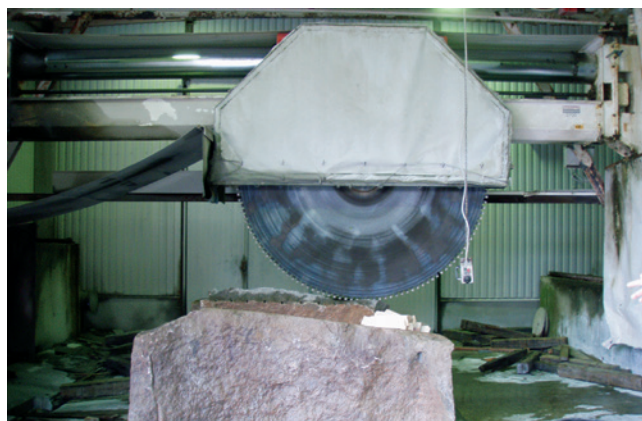
Kuva 20. Kivilaattaa työstetään lekalla ja meisselfillä.

5.3 Raakakiven sahaus

Kovia rakennuskiviä, kuten graniitteja, gabroja, dioriitteja ja diabaaseja sahataan aihioiksi ja levyiksi timanttipyörösahoilla, timanttivaijerisahoilla ja teräshiekkaraamisahoilla. Kiven sahausessa käytetään aina painevettä terien jäädyttämiseen ja kivijauheen kuljettamiseen pois sahausurasta.

Useimmissa kivenjalostamoissa käytetään timanttipyörösahoja, joiden terähalkaisijat ovat raakakiviä levyaihioiksi sahattaessa 2500–3500 mm ja paloittelusahauksessa 400–1000 mm (kuvat 21 ja 22).

Teräshiekkaraamisahoja käytetään pääasiassa alle 40 mm paksujen levyjen sahausseen graniiteista. Raamisahaan voidaan kiinnittää vaihteleva määrä teriä (30–100 kpl).



Kuva 21. Raakakiven sahausta levyaihioiksi timanttipyörösahalla.



Kuva 22. Levyaihion leikkausta paloittelusahalla.

5.4 Rakennuskiven pintakäsittely ja laattojen teko

Taitorakenteen ja väyläpaikan rakenteissa käytävien kivilaattojen näkyviä pintoja koskee yleensä seuraava:

- Vesistösiltojen maatuissa, välituissa ja jäänsärkijöissä käytetään lohkopintaista koppia (kohta 2.5, liite 2 ja *InfraRYL osan 3 /9/* kohta 42141), jonka reunat hakataan ristipäällä karkeaksi.
- Sillan päällysrakenteen verhouksissa käytetään yleensä ristipäähakattua tai poltettua pintaa.
- Reunapalkkien, reunuksien ja portaiden kivipalkkien näkyvien pintojen pitää olla ristipäähakattuja tai poltettuja.
- Keilojen, luiskien ja sivuojien verhouksissa käytetään usein lohkoituja kiviä.

Luonnonkiven pintakäsittelytavat on esitetty liitteen 1 taulukossa 1 ja kuvassa 3 sekä täydellisemmin *SKTY:n julkaisun /5/* taulukossa 27–2. Yleisimmät taitorakenteissa käytettävät pinnat on esitetty kuvissa 23 ja 24. Näiden lisäksi taitorakenteen ja väyläpaikan rakenteissa voidaan käyttää sahattua ja jyrsettä pintaa. Hakattu pinta voi olla karkea, keskikarkea tai hieno.

Kivipinnan hakkaus tehdään yleensä kevyillä paineilmatyövälineillä. Erilaisia teriä käyttämällä kivelle saadaan joko karkeudeltaan erilaisia haktuja pintoja (ristipäähakkaus) tai uurteinen pinta (pukkelointi). Jos käytetään ristipäähakkausta, pitää laatan paksuuden olla vähintään 30 mm.

Polttokäsittely antaa sahatulle pinnalle kiven luonnollisen värin ja lohkopintaa muistuttavan hieman karkean ulkonäön. Polttokäsittelyssä kiven pinta kuumennetaan kaasuliekillä lähes sulamispisteeseen ja tämän jälkeen seuraava painevesisuihku rapauttaa sahauspinnasta irtonaiset ja löysät mineraalit pois. Polttokäsittely tehdään aina kivenjalostamossa.

Sahattu ja hiekkapuhallettu pinta on kuvastamaton ja karhea. Lohkottu ja kopilla varustettu pinta on epätasainen ja melko värikäs.

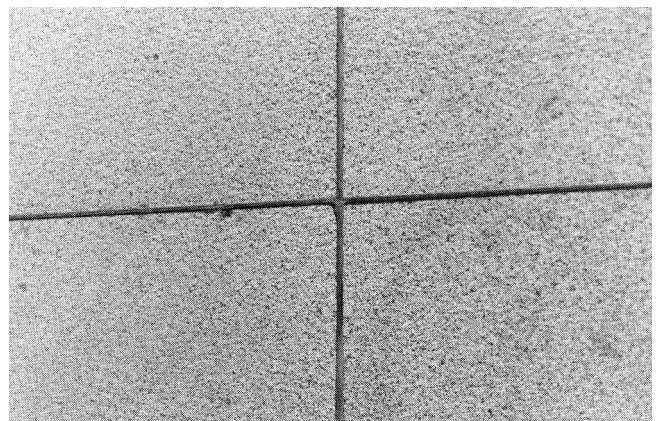
Täysin kiillotettu pinta on lasimainen (kuva 25). Kiillotus tuo parhaiten esille kiven luonnolliset värisävyt. Pintakäsitellyt kivilevyt leikataan halutun kokoisiksi laatoiksi timanttisahalla, hydraulisella puristimella tai lasertekniikan avulla (kuva 26). Lopuksi laattojen reunat viimeistellään ja niihin tehdään kiinnitysosien vaatimat rei'itykset ja uritukset.



Kuva 25. Kivilevyn kiillotusta tasohiomakoneella.



Kuva 23. Lohkottu kivipinta.



Kuva 24. Ristipäähakattu kivipinta.



Kuva 26. Kivilevyn leikkausta hydraulisella puristimella.

6 RAKENNUSKIVIEN ASENNUS

6.1 Betonipintojen verhous

6.1.1 Kivilaattojen asentaminen valuun

Paksuja kivilaattoja käytetään vesistösiltojen alusrakenteiden ja muiden väylärakenteiden verhouksissa. Liitteessä 2 on kymmeniä vuosia käytössä ollut, hyväksi todettu, periaatekuva: Valuun asennettavien massiivisten kiven kiinnitys. Jos rakenteen kivilaatta joudutaan uusimaan ja sen etupinnassa on koppi, tehdään uuteen kivilaattaan vastaava koppi.

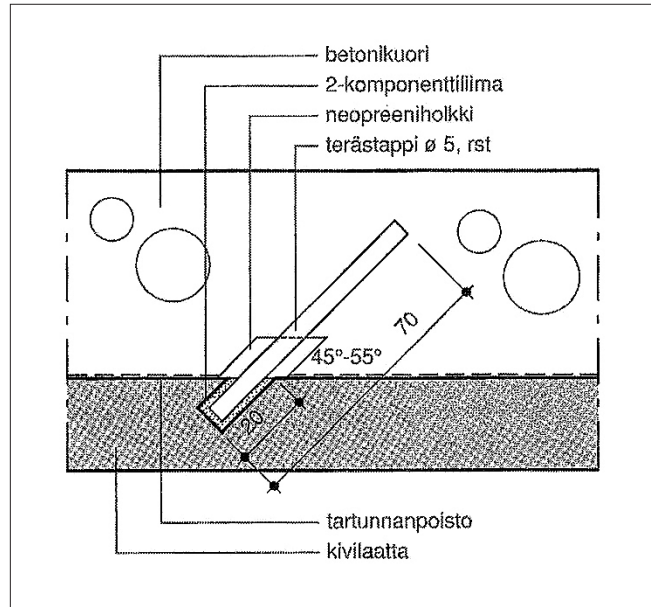
Alusrakenteiden betonipintojen kiviverhousta on käsitelty *InfraRYL osan 3 /9/* luvussa 42141 ja julkaisun *Siltojen betonirakenteiden pinnat, Suunnittelu /10a/* kohdassa 4.7.2.

Paksu kivilaattaverhous asennetaan ennen valua seuraavasti:

1. Kivilaatat tuetaan tukirakenteeseen siten, että ne pysyvät paikoillaan valun aikana.
2. Kivilaattojen kiinnitys valuun tapahtuu kiinnikkeillä liitteen 2 tapaan.
3. Kivilaattojen saumat suljetaan ulkopintaan asennettavalla solumuovinauhalla. Saumavaraa jätetään noin 20 mm.
4. Saumaus tehdään kohdan 6.7 mukaan.

Ohut kivilaattaverhous asennetaan ennen valua seuraavasti:

- Kivilaatat tuetaan tukirakenteeseen siten, että ne pysyvät paikoillaan valun aikana.
- Kivilaattojen ja betonimassan väliin asennetaan esimerkiksi tartuntaa estävä muovikalvo tai ohut solumuovimatto, jolla estetään lämpötilaja kosteusmuutoksista aiheutuvien muodonmuutosten haitat.
- Kivilaattojen kiinnitys valuun tapahtuu tartunnan estävän kerroksen läpi asennettavilla kiinnikkeillä kuvan 27 tapaan eli pintaan nähden 45–55 asteen kulmaan porattuihin, 20 mm:n syvyisiin reikiin asennetaan halkaisijaltaan 5 mm:n terästapit ja liimataan paikalleen epoksiliimalla, joka täyttää Liikenneviraston asettamat laatuvaatimukset. Terästappien (SFS-EN 10088) minimipituus on 70 mm.
- Terästappien ympärille asennetaan neopreeni-kaulus kuvan 27 tapaan.
- Kivilaattojen saumat suljetaan ulkopintaan asennettavalla solumuovinauhalla. Saumavaraa jätetään noin 20 mm.
- Saumaus tehdään kohdan 6.7 mukaan.



Kuva 27. Kivilaatan kiinnitys takapinnasta vinotapilla /1/.

6.1.2 Kivilaattojen jälkiasennus

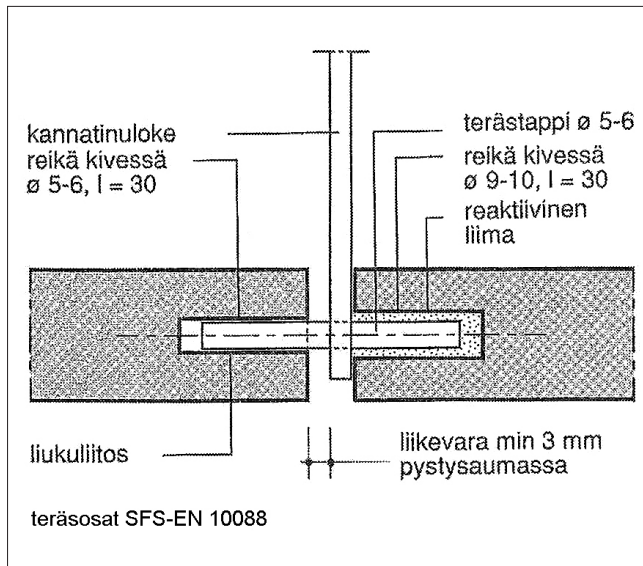
Ohuista kivilaatoista tehtävän verhouksen mitoitus, suunnittelu ja asennus on esitetty yksityiskohtaisesti *Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohjeen /1/* kohdassa 3.4. Kivilaattojen asennus etenee pääpiirteissään seuraavasti:

1. Luonnonkivilaatat kiinnitetään reunoistaan pysty- tai vaakasaumoihin sijoitettavilla kiinnikkeillä. Kiinnityspisteet pyritään sijoittamaan *Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohjeen /1/* kuvan 3-35 mukaan laatan viidennespisteisiin kuitenkin niin, että kiinnityksen reunaetäisyyden pitää olla vähintään 70 mm.
2. Kivilaattaan porataan kiinnityskohtaan reikä, johon halkaisijaltaan 5–6 mm:n kiinnitystappi (SFS-EN 10088) asennetaan. Toinen reikä tehdään tappin kokoiseksi ja tappi asennetaan siihen ilman liimaa. Vastakkainen reikä seuraavaksi asennettavassa kivilaatasta tehdään säädettävyyden vuoksi halkaisijaltaan 4–5 mm tappia suuremmaksi ja reikä täytetään asennuksen yhteydessä epoksiliimalla. Kiinnitys on esitetty kuvissa 28 ja 29. Asennustyössä on varmistettava, että reiät ovat puhtaat ja kuivat. Kivilaatat tuetaan epoksiliiman kovettumisen ajaksi viereisiin laattoihin ja betonirunkoon kiilojen, muuraussiteiden ja muiden väliaikaisten tukirakenteiden avulla.

3. Kiinnikkeet ankkuroidaan betonirunkoon kuvan 30 tapaan. Eri tapaukset on esitetty *Suunnitteluohjeen /1/* kuvissa 3-45, 46 ja 47. Kiinnikkeet asennetaan siten, että saumaan jää suunnitelmien mukainen liikevara.
4. Kivilaattojen saumaus tehdään kohdan 6.7.3 mukaan elastisella saumausmassalla, joka täyttää Liikenneviraston asettamat laatuvaatimukset.
5. Kivipinnoilta on puhdistettava välittömästi niille päässeet öljy-, liima- ja saumausainetahrat sekä hitsausroiskeet.

Jos kivilaattojen ja alustabetonin väli täytetään betonilla, kivilaatan ja valun väliin on asennettava laakerointikerros.

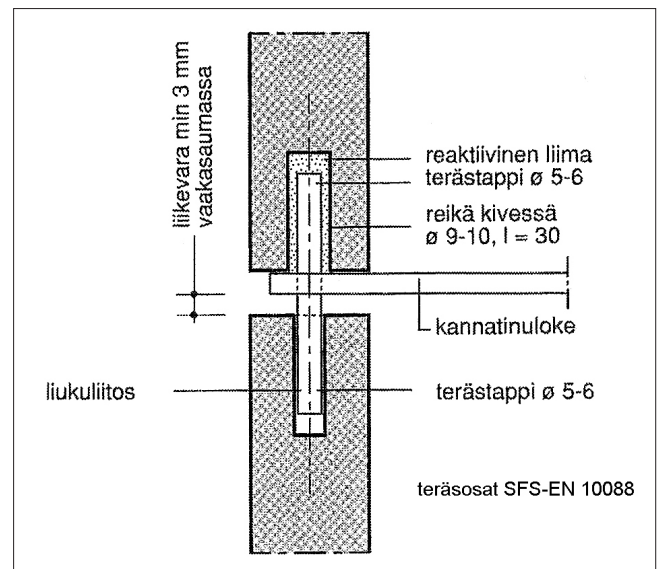
Muita kivilaattojen kiinnitystapoja on esitetty *Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohjeen /1/* kohdassa 3.4.



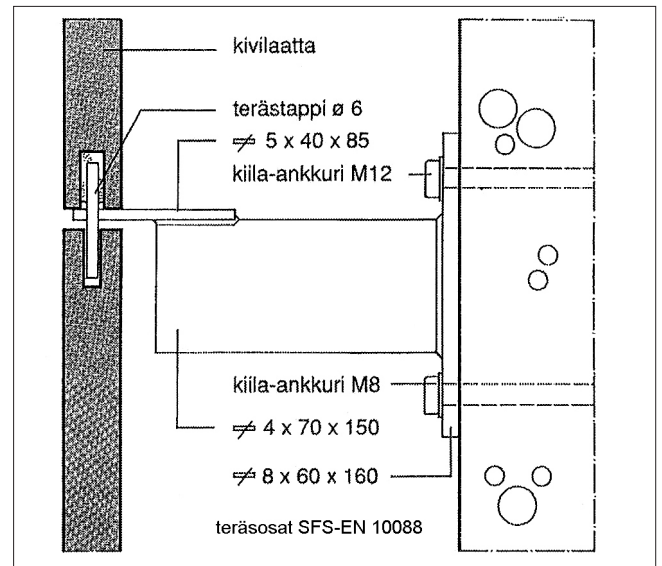
Kuva 28. Kiven kannatus pystysaumasta, vaaka-leikkaus /1/.



Kuva 31. Välituen kivilaattaverhous (Myllysilta, Turku).



Kuva 29. Kiven kannatus vaakasaumasta, pysty-leikkaus /1/.



Kuva 30. Kivilaatan vaakasaumakannatin /1/.



Kuva 32. Tammerkosken patomuuri (Tampere).

6.2 Reunapalkin, ukkopylvään ja kaidepylvään kiinnitys

Luonnonkivestä tehtyjä rakenneosia voidaan joutua kiinnittämään uudesta sillan korjaustyön yhteydessä (kuvat 33 ja 34).

Luonnonkivestä valmistetut reunapalkit kiinnitetään kivi- tai betonirakenteisiin esimerkiksi seuraavasti:

- Kivet sovitetaan paikoilleen siten, että ulkoreuna saa ulottua korkeintaan 25 % kiven tukipinnan leveydestä kiinnitysalustan ulkopuolelle. Kiven yläpinnan pitää viettää ulospäin 2 %. Kivien korkeusasema säädetään teräskiiloilla siten, että vaakasauman korkeus on noin 10 mm. Kiilat eivät saa estää juotosvalun tekoa tai kaidepylväiden kiinnittämistä.
- Kivet kiinnitetään alustaan ja toisiinsa. Kiinnitystarvikkeet valmistetaan ruostumattomasta teräksestä (SFS-EN 10088). Kiinnikkeet juotetaan paikoilleen juotoslaastilla tai valumattomalla paikkausaineella.
- Kaidepylväiden kiinnittämistä varten tarvittavat reiät porataan siten, että ne ulottuvat riittävästi kiinnitysalustaan.
- Reunapalkki juotetaan paikalleen hienorakeisella juotoslaastilla tai liimataan epoksilla tai muulla polymeerillä.

Luonnonkivestä valmistetut ukkopylväät (kuva 34 ja liitteen 3 kuva 4/3) ja kaidepylväät kiinnitetään kivi- tai betonirakenteisiin seuraavasti:

- Ankkurointitapit valmistetaan ruostumattomasta teräksestä (SFS-EN 10088). Tapin pituus on tavallisesti 400 mm ja tangon halkaisija 20 mm.
- Pylvään korkeusasema säädetään teräskiiloilla siten, että vaakasauman korkeus on noin 10 mm.
- Pylväs juotetaan paikalleen hienorakeisella juotoslaastilla.



Kuva 33. Luonnonkivestä tehty reunapalkki (Maatianjärven silta, Korpilahti).



Kuva 34. Luonnonkivestä tehty ukkopylväs, patsaan jalusta ja kivikaide (Hämeensilta, Tampere).

6.3 Tukimuurin teko

Kivisiä tukimuureja on käsitelty *SKTY:n julkaisun /5/* kohdassa 4.7, jossa on myös havainnollisia piirroksia, sekä *Luonnonkivirakenteiden suunniteluohjeen /1/* kohdassa 5.6.

Tukimuurin suunnittelussa otetaan huomioon tukimuriin ja pohjamaahan kohdistuvat rasitukset kuten rakenneosien paino, maanpaine, vedenpaine ja pohjamaan routaantuminen. Tukimuurin suunnittelun ja mitoituksen laajuuden määrittää suunnittelija tapauksittain.

Kivinen kylmämuuri tehdään seuraavasti (kuva 35):

- Kivet voidaan hankkia purettavista rakenteista, jos kivet ovat niissä hyväkuntoisia. Muussa tapauksessa kivet hankitaan yleensä kivenjalos-



Kuva 35. Kivirakenteinen tukimuri etuluiskan juuressa.

tamosta. Kiven etupinta työstetään paksun verhouksen tapaan.

- Kivikerroksen korkeus on noin 500 mm.
- Kivikerrosten läpi porataan noin metrin välein pystysuorat reiät, joiden halkaisija on 28 mm.
- Reikiin asennetaan raudoitustangot, joiden hal-

kaisija on 20 mm. Tangot valmistetaan ruostumattomasta teräksestä (SFS-EN 10088).

Tukimuuri voidaan tehdä kivikorirakenteena. Kivikoreja on käsitelty *SILKO-ohjeen 1.901 /15/* kohdassa 2.4.

6.4 Keila- ja luiskaverhouksen teko

Keilan tai luiskan kivilaattaverhous tehdään yleensä lohkotuista kivilaatoista *SILKO-ohjeen 2.912 /21/* ja työkohtaisten laatuvaatimusten mukaan (kuva 36). Kivilaattojen muoto viimeistellään tällöin siltapaikalla (kuva 20). Kivilouhimot valmistavat myös säännöllisen muotoisia kivilaattoja.

Kivilaattaverhous pysyy paikallaan joko omalla painollaan tai kivien saumapintojen sideominaisuuksien avulla. Jälkimmäisessä tapauksessa verhousta ei saumata, muut kivilaattaverhoukset saumataan *SILKO-ohjeen 2.912 /21/* kohdan 4.5 mukaan karhunsammalella tai muulla siltapaikkaan sopivalla materiaalilla. Vedenpinnan vaikutusalueella käytetään laastisaumausta.

Kenttäkiviverhous sidotaan yhtenäiseksi tekemällä verhouksen alaosa (70–100 mm) maakosteasta betonista (kuva 37). Nupu- ja noppakiviverhous ja laattaverhous sidotaan tarvittaessa samalla tavalla.

Reunakourut ja muut kuivatuslaitteet tehdään kivi- tai betonikiviverhouksiin liittyessään nupukivistä tai kivilaatoista (kuva 38).

Suunnittelija asettaa laatuvaatimukset, missä voidaan hyödyntää *SILKO-korjausohjeissa* (kuva 4) esitettyjä laatuvaatimuksia.

Verhouksia on käsitelty tarkemmin siltapaikkojen viimeistelyä käsittelevässä *SILKO-ohjeessa 1.901 /15/*.



Kuva 36. Etuluiskan kivilaattaverhous.



Kuva 37. Kenttäkiviverhous tukimuurin keilassa ja takana näkyvän tukimuurin verhouksena.



Kuva 38. Kivilaatoista tehty reunakouru ja noppakiveyksiä.

6.5 Reunatukien ja portaiden teko

Reunatukien ja portaiden asennusta varten laaditaan suunnitelmat.

Kivisiä reunatukia (ajoradan reunassa reunakivi) on käsitelty *Suunnitteluohjeen /1/* kohdassa 5.4 ja *SKTY:n julkaisun /5/* kohdassa 4.5, joissa on myös suunnittelua helpottavia havainnollisia piirroksia.

Jalkakäytävien korokkeet (reunakivet) ja muut reunatuet, esimerkiksi pintavesikaivon ympärille, valmistetaan standardin SFS-EN 1343 mukaan. Reunakivet kiinnitetään liimaamalla asfalttiin tai upottamalla (kuva 39). Upotettavat reunakivet asennetaan maakostean betoniin. Silloilla reunatuet asennetaan usein vedeneristyksen suoja-kerroksen (AA tai AB 5/50) päälle 20–30 mm:n paksuiseen maakostean betoniin, koska suoja-kerroksesta on vaikea saada riittävän tasaista ja korkeusasemaltaan oikeaa, jotta reunatukirakenteen vaatimukset täytyisivät.

Reunakivien poikkileikkaustyytit ovat /1/

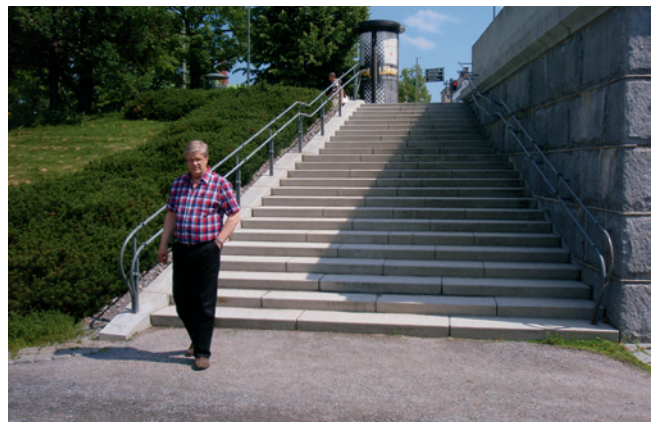
- suorareunakivi
- faasireunakivi
- viistereunakivi
- vaakareunakivi.

Kivipalkit asennetaan betonivaluun tai juotetaan juotoslaastilla tai perustetaan niin syvään, että ne pysyvät tukevasti paikallaan.

Kivisiä portaita (kuvat 40 ja 41) on käsitelty *Suunnitteluohjeen /1/* kohdassa 5.5 ja *SKTY:n julkaisun /5/* kohdassa 4.8, joissa on myös suunnittelua helpottavia havainnollisia piirroksia.



Kuva 39. Luonnonkivestä tehty jalkakäytävän reunakivi (reunatuki).



Kuva 40. Luonnonkivestä tehdyt portaat (Satakunnan silta, Tampere).



Kuva 41. Luonnonkivirakenteita Aurajoen rannalla (Turku).

6.6 Kivipäällysteet

Luonnonkivipäällysteitä joudutaan aika ajoin asentamaan uudestaan, jolloin niiden alusrakenteita on vahvennettava betonilla tai asfaltilla (kuva 42). Kiviä uudestaan asennettaessa on otettava huomioon, että perinteinen rivilimitys (kuva 6) ei ole raskaan liikenteen kannalta paras. Suositeltavaa on limittää katupäällysteet viistosti ajolinjaan nähden, mikä pienentää saumojen ajoneuvoille aiheuttamaa tärinää ja kivipinnalla liikennöinti on mahdollisimman tasaista (katso SILKO-ohje 1.901, kuvagallerian kuva 2/4).

Yhdistelmäpäällysteitä, joissa on mukana luonnonkiviä, on käsitelty *Suunnitteluohjeen* /1/ kohdassa 5.3 ja *SKTY:n julkaisun* /5/ kohdassa 4.9, joissa on myös havainnollisia kuvia.



Kuva 42. Luonnonkivipäällysteitä ja patsas siltaparkilla (Tuomaansilta, Turku).

6.7 Saumat

6.7.1 Massiiviset kivirakenteet

Jos sillan saumaamattoman kivirakenteisen alusrakenteen läpivirtauksesta on haittaa, saumat injektoidaan tiiviiksi polyuretaanilla tai sementillä SILKO-ohjetta 2.271 /22/ soveltaen. Työtä varten on laadittava korjaussuunnitelma.

6.7.2 Valuun asennettu kiverhous

Kiverhouksen saumaus on liitteen 2 kuvan mukainen seuraavin täsmennyksin:

- Sauman leveyden on oltava 20 mm ± 5 mm ja takaosaltaan rakenteen sisään avautuva.
- Saumapinnan pitää olla hakattu tai sahattu ja sauman makauspinnan leveyden vähintään 80 mm.
- Sauman pintaosa saumataan 25 mm:n paksuudelta valumattomalla pakkasenkestävällä paikkauslaastilla tai -massalla.

Kivirakenteiden vaurioituneet saumat uusitaan paikkaamalla tai injektoimalla tarkoitukseen sopivilla laasteilla, massoilla tai injektointiaineilla, jotka täyttävät Liikenneviraston asettamat vaatimukset. Sauman yläpinta jätetään noin 10 mm verhouksen pintaa alemmaksi. Kiverhouksen päälle valunut laasti tai massa on poistettava mahdollisimman pian.

6.7.3 Jälkiasennettu kiverhous

Jälkiasennetun kivilaattaverhouksen saumojen suunniteltaessa ja mitoitettaessa otetaan huomioon, että

- kiinnikkeiden vaatima tila on 5–6 mm
- saumojen suositeltava leveys on 10–12 mm
- laattojen sallittu mittapoikkeama on 2–3 mm
- rakenteiden muodonmuutosten edellyttämä liikevara kiinnityspisteessä on yli 2 mm
- sauman leveyden mittapoikkeama saa olla enintään ±3 mm
- saumojen voidaan jättää auki vain, jos se on esitetty suunnitelmassa
- saumat tiivistetään umpisoluisella alusnauhallalla ja pintaosa saumataan elastisella saumausmassalla tuotekohtaisten ohjeiden mukaan.

Jälkiasennetun kivilaattaverhouksen saumausmassan on oltava elastinen ja sen pitää täyttää Liikenneviraston sille asettamat laatuvaatimukset. Saumausmassasta ei saa kulkeutua kiveen tahriä aineosia kuten mineraaliöljyä. Tarvittaessa käytetään valmistajan ohjeiden mukaan tartunta-ainetta eli primeria.

Kivilaattaverhous saumataan suunnittelijan asettamien materiaalivaatimusten ja työohjeiden mukaan.

7 KIVIPINTOJEN PUHDISTUS

Siltapaikan keilojen ja muiden kivipintojen päältä poistetaan sillan peruskorjauksen tai muun korjaustyön yhteydessä maa-ainekset ja kasvillisuus siltapaikkaluokasta riippuen siten, että siltapaikka ei erotu häiritsevästi ympäristöstään. Keilaverhousta rikkovat puut ja pensaat poistetaan.

Rakenteiden kiviverhoukset puhdistetaan töheryksistä *Sillantarkastuskäsikirjan* /13/ taulukon 25 mukaan. Muut kuin kiillotetut kivipinnat puhdistetaan mekaanisesti vesihiekka- tai hiekkapuhalluksella tai soodapuhalluksella. Saumauksia on varottava vaurioittamasta. Kiillotetut pinnat puhdistetaan *SILKO-ohjeen* 2.251 /23/ mukaan maalinpoistoaineella tai töherrystenpoistomenetelmällä, joka täyttää Liikenneviraston asettamat laatuvaatimukset (kuva 43). Työtä varten on laadittava työselitys ja halutun lopputuloksen varmistamiseksi on työn alussa tehtävä mallityö pienelle alueelle mahdollisimman huomaamattomaan kohtaan, jotta puhdistustulos vastaa tavoitetta.

Jos kivipintojen puhdistus kuuluu joltakin osin sillan hoitourakkaan, tehdään puhdistustoimenpiteet ko. urakassa. Siltojen hoitourakkaan kuuluvat puhdistustoimenpiteet tehdään urakan asiakirjojen mukaisesti.



Kuva 43. "Varjokuvat" näkyvät puhdistuksen jälkeä kiillotetussa kivipinnassa.

8 TYÖTURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNSUOJELU

8.1 Työturvallisuus

Taitorakenteen sekä silta- ja muun väyläpaikan kivityöt tehdään yleensä peruskorjauksen yhteydessä, joten työturvallisuusasiat sisältyvät koko hankkeen turvallisuussuunnitelmaan.

Korjaustyömaiden työturvallisuutta käsittelevät asiat on esitetty pääosin ohjeessa *SILKO 1.111 Työturvallisuus /24/*. Seuraavassa esitetään erityisesti siltapaikan kivitöissä esiintyvät työturvallisuusasiat *viitteen /24/* kohdittain:

- Kivitarvikkeiden nostot ja siirrot tehdään mahdollisuuksien mukaan koneellisesti ohjeen kohtien 3.3, 3.4 ja 3.5 mukaan.
- Vesistöillä tehtävää sukellustyötä varten on laadittava turvallisuussuunnitelma (kohta 2.9) ja sukellustöissä on noudatettava kohdan 5.10 ohjeita ja määräyksiä.

Sillan kunnossapitoa varten on laadittava käyttö- ja huolto-ohjeet (*VNa 205/2009 /25/ 7 §*).

8.2 Ympäristönsuojelu

Sillankorjaustyömaiden ympäristönsuojelua käsittelevät asiat on esitetty pääosin ohjeessa *SILKO 1.112 Ympäristönsuojelu /26/*. Seuraavassa esitetään erityisesti siltapaikan kivitöissä esiintyvät ympäristönsuojeluasiat:

- Purettavat luonnonkivirakenteet sopivat yleensä kierrätettäviksi. Käyttökohteita ovat muun muassa tukimuurit, meluvallit ja keilaverhoukset.
- Korjaustöissä syntyviä jätteitä ei saa jättää siltapaikalle tai heittää vesistöön.

9 LAADUNVARMISTUS

9.1 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Työnaikaisen laadunvarmistuksen tarkoitus on varmistaa, että

- sillan rakenteisiin asennettu kivilaattaverhous täyttää suunnittelijan asettamat laatuvaatimukset
- siltapaikan kivilaattaverhoukset täyttävät SILKO-ohjeissa esitetyt laatuvaatimukset.

Asennustyön aikana valvotaan, että kivilaatat kiinnitetään suunnitelmien mukaisesti rakenteisiin ja tehdään suunnitelman mukaiset laadunvarmistustoimet sekä kivilaattaverhousten rakenteet tehdään SILKO-korjausohjeiden mukaan.

9.2 Kelpoisuuskokeet ja kelpoisuuden osoittamien

Rakenteisiin asennetun kivilaattaverhouksen kelpoisuuskokeet tehdään ja kelpoisuus osoitetaan suunnitelman mukaisilla toimilla.

9.3 Laaturaportti

Koska siltarakenteiden kiviverhoustyöt liittyvät sillan betonirakenteisiin, laaditaan kivilaattaverhousten laaturaportti betonirakenteiden yhteydessä *SILKO-ohjeen 1.201 /27/* kohdan 11.5 ja *Laaturaportin laatimisohjeen /28/* mukaan ja muiden taitorakenteiden osalta niiden ohjeita soveltaen.

Laaturaporttiin merkitään tiedot käytetyistä materiaaleista ja muista tarvikkeista sekä tärkeimmistä työvaiheista, tarkastuksista ja työn lopputuloksesta. Lisäksi raporttiin liitetään koestustodistukset ja muu kelpoisuutta osoittava aineisto sekä korjaustyön aikaiset työsuunnitelmat ja eri työvaiheista tehdyt laadunvalvontapöytäkirjat. Laaturaportti kootaan työvuoroittain laadittavista pöytäkirjoista, joihin liitetään edellä mainittu aineisto.

Jos siltapaikan kiviverhous korjataan SILKO-korjausohjeen mukaan, laaturaportti laaditaan kyseisen ohjeen mukaan.

10 KIRJALLISUUSVIITTEET

Kirjallisuusviitteet on esitetty tekstissä kursivoilla. **Ohjetta käytettäessä on selvitettävä, onko viitteeseen mahdollisesti tullut muutoksia.**

10.1 Standardit

SFS-EN 771-6

Muurauskappaleiden spesifikaatiot. Osa 6: Luonnonkivimuurauskappaleet. Suomen Standardisointiliitto SFS ry. 27 s.

SFS-EN 1341

Ulkotilojen luonnonkivipäällystelaatat. Vaatimukset ja testausmenetelmät. 32 s.

SFS-EN 1342

Ulkotilojen noppa- ja nupukivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät. 31 s.

SFS-EN 1343

Ulkotilojen reunakivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät. 22 s.

SFS-EN 1469

Luonnonkivituotteet. Verhoukseen tarkoitetut luonnonkivilaatat. Vaatimukset. 27 s.

SFS-EN 1926:en

Luonnonkiven testausmenetelmät. Aksiaalisen puristuslujuuden määrittäminen. 18 s.

SFS-EN 1936

Kiintotiheyden ja suhteellisen tiheyden sekä huokoisuuden ja avoimen huokoisuuden määrittäminen.

SFS 7017

Betonista tai luonnonkivestä tehdyille ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa vaaditut ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. 19 s.

SFS-EN 12371:en

Luonnonkiven testausmenetelmät. Pakkaskestävyyden määrittäminen. 16 s.

SFS-EN 12372:en

Luonnonkiven testausmenetelmät. Taivutusvetolujuuden määrittäminen pistekuormalle. 16 s.

SFS-EN 13755:en

Luonnonkiven testausmenetelmät. Veden imeytymisen määrittäminen paineistetussa olosuhteissa. 9 s.

SFS-EN 14157:en

Determination of the abrasion resistance.

SFS 1259

Betoniteräkset. Kylmämuokattu ruostumaton betoniteräs B600KX. 18 s.

SFS-EN 10088-1

Ruostumattomat teräkset. Osa 1: Ruostumattomien terästen luettelo. 54 s.

SFS-EN 10088-2

Ruostumattomat teräkset. Osa 2: Yleiseen käyttöön tarkoitetut korroosionkestävät levyt ja nauhat. Tekniset toimitusehdot.

SFS-EN 10088-3

Ruostumattomat teräkset. Osa 3: Yleiseen käyttöön tarkoitetut korroosionkestävät tangot, valssi-langat, langat, profiilit, kirkkaat tuotteet ja puolivalmistet. Tekniset toimitusehdot.

10.2 Muut ohjeet

- /1/ Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Kiviteollisuusliitto ry 2006. 179 s. ja 3 liitettä. ISBN 951-97026-0-1.
- /2/ Luonnonkiven rakennusteknisen käytön kehittäminen. Osa 1. Suomalaiset rakennuskivet ja niiden käyttökohteet <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tutkimuksia/1984/Tutkimuksia308.pdf>
Pekka Mesimäki, Hannu Pyy, Jouko Ritola, Heikki Sirén 1984.
VTT, Espoo. 95 s. + liitt. 1 s.
Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus: 308
- /3/ Luonnonkiven rakennusteknisen käytön kehittäminen. Osa 2. Rakennuskiveltä vaadittavat ominaisuudet ja niiden määrittäminen. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tutkimuksia/1984/Tutkimuksia309.pdf>
Pekka Mesimäki, Hannu Pyy, Jouko Ritola 1984. VTT, Espoo. 77 s.
Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus: 309
- /4/ Luonnonkiven rakennusteknisen käytön kehittäminen. Osa 3. Luonnonkivijulkisivun rakenteiden ja kivilaattojen kiinnitystekniikan kehittäminen. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tutkimuksia/1984/Tutkimuksia310.pdf>
Pekka Mesimäki, Juha Ratvio, Markku Rämä 1984. VTT, Espoo. 97 s. + liitt. 26 s.
Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus: 310
- /5/ Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena. Forssa: Suomen kuntatekniikan yhdistys ry, julkaisu 14, 1997. 132 s. ISBN 952-5075-02-8.
- /6/ Neuvonen, K. J., Yleinen geologia. Teoksessa: Suomen geologia. Toim. K. Rankama. Helsinki, Kirjayhtymä 1964. s. 23—49.
- /7/ Luonnonkivet, suomalaiset rakennuskivet. RT Ohjetiedosto. RT 30-10314. Rakennustietosäätiö 1986. 20 s.
- /8/ Müller, F., Internationale Naturstein Kartei, Band 1. Ulm, Ebner Verlag. 280 s.
- /9/ InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat Jakso 42000 RT 14-10920. Rakennustieto Oy. Lisäksi edellistä täydentävät tai päivittävät ohjeet: www.rts.fi/infraryl/ - InfraRYL ylläpito.
- /10a/ Siltojen betonirakenteiden pinnat. Suunnittelu. Helsinki: Tielaitos 2000. TIEL 2170012. ISBN 951-726-607-3.
- /10b/ Siltojen betonipintojen ulkonäön parantaminen. Helsinki. Tielaitos 1997. 61 s. + 15 liitettä. TIEL 2170011. ISBN 951-726-328-7.
- /10c/ Siltojen betonirakenteiden pinnat. Siltakohdainten laatuvaatimusten ja työtapaehtojen mallit. Helsinki: Tielaitos 2000. TIEL 2170013. ISBN 951-726-608-1.
- /11/ Betonirakenteiden pinnat, luokitusohjeet, 2003. by 40. Suomen Betoniyhdistys r.y. 168 s.
- /12/ Taitorakenteiden tarkastusohje. Kuopio: Liikenneviraston ohjeita 17/2013. 125 s. ja 8 liitettä. ISBN 978-952-255-275-4.
- /13/ Sillantarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Kuopio: Liikenneviraston ohjeita 26/2013. 94 s. ja 8 liitettä. ISBN 978-952-255-409-3.
- /14/ Kanavarakenteiden tarkastuskäsikirja. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Kuopio: Liikenneviraston ohjeita 8/2013. 46 s. ja 3 liitettä. ISBN 978-952-255-370-6
- /15/ Siltapaikan viimeistely. Kuopio: Liikennevirasto 2014. SILKO 1.901. LIVI 2230095 – SILKO 1.901.
- /16/ Sillat ja ympäristö. Helsinki: Liikennevirasto. Liikenneviraston oppaita 3/2013. 137 s. ja 1 liite. ISBN 978-952-255-257-0.
- /17/ Siltapaikkojen luokitusohje. Helsinki: Liikennevirasto 2013. Liikenneviraston ohjeita 9/2013. 47 s. ISBN 978-952-255-255-6.
- /18/ Aurola Erkki, Kurun alueen rakennuskivet. Geologinen, tutkimuslaitos, Geoteknillisiä julkaisuja 71. Otaniemi 1967. 64 s.
- /19/ Niini, H., Rakennusgeologinen kallioluokitus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, RIL 98. Maa- ja kalliorakennus. Helsinki 1976. s. 212—220.
- /20/ Laine, Olavi, Kivitäitä ja työnjohtoa. Rakennuslehti 30/82.
- /21/ Siltaan liittyvät rakenteet. Kivilaattaverhouksen teko. Helsinki: Tiehallinto 2009. 10 s. + 1 liite. SILKO 2.912. TIEH 2230096 – SILKO 2.912.
- /22/ Betonirakenteet. Vedenalaisten rakenteiden korjaus. Helsinki: Liikennevirasto 2014. SILKO 2.271. LIVI 2230096 – SILKO 2.271.
- /23/ Betonirakenteet. Betonipinnan puhdistus. Helsinki: Tiehallinto 2009. 7 s. + 1 liite. SILKO 2.251. TIEH 2230096 – SILKO 2.251.
- /24/ Työturvallisuus. Helsinki: Liikennevirasto 2012. 39 s. + 6 liitettä. SILKO 1.111. LIVI 2230095 - SILKO 1.111.
- /25/ Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009).
- /26/ Ympäristönsuojelu. Helsinki: Liikennevirasto 2011. 17 s. + 1 liite. SILKO 1.112. LIVI 2230095 – SILKO 1.112.
- /27/ Betonirakenteet. Betoni sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tiehallinto 2007. 75 s. + 7 liitettä. SILKO 1.201. TIEH 2230095 – SILKO 1.201.
- /28/ Sillan laaturaportti. Laatimisoheje. Helsinki: Tiehallinto 2006. 43 s. ja 3 liitettä. TIEH 2200044-v-06. ISBN 951-803-656-X.

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

LIITE 1 (1/3)

Siltapaikkaan liittyvät yleiskäsitteet on esitetty *Siltapaikan viimeistelyohjeessa /15/*.

Tekstissä esiintyvät lyhenteet

AVCP-luokka = Suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamislukka
DoP = Suoritustasoilmoitus
CE-merkintä = valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset

RKY = Rakennettu kulttuuriympäristö
SILKO = Siltojen korjausohjeet
VNp = Valtioneuvoston päätös
VNa = Valtioneuvoston asetus

Luonnonkivellä verhoamiseen liittyviä käsitteitä

Täydellisempi luettelo luonnonkiviin liittyvistä termeistä ja määritelmistä on RT-kortistossa /7/. Kivilaattojen nimityksiä koskevat termit on esitetty kuvissa 1 ja 2, joiden mukaan termit poikkeavat hieman eri lähteissä.

Luonnonkiven pinnan nimitykset on esitetty tämän liitteen taulukossa 1 ja kuvassa 3.

huokoisuus

kappaleen huokosten tilavuus jaettuna kappaleen tilavuudella

kimmokerroin (kimmomoduuli)

normaalijännitys jaettuna suhteellisella venymällä

kovuus

naarmutuskovuus, joka määritetään naarmuttamalla tutkittavaa näytettä kovuusasteikon mineraalilla

pituuden lämpötilakerroin

yhden asteen lämpötilanmuutosta vastaava pituuden muutos pituusyksikköä kohti

tiheys

kappaleen massa jaettuna sen tilavuudella

vedenimukyky

aineen imemän veden määrä jaettuna sen massalla

kivilajin raekoko, rakeisuus

kivipinnassa näkyvien rakeiden luonteenomainen koko

kiviaineksen raekoko

kiviaineksen osasten luonteenomainen koko
Kiviainekset lajitellaan seulomalla tai muulla vastaavalla tavalla raekoon mukaan.

mineraali

luonnossa esiintyvä epäorgaaninen aine, jolla on tietty kemiallinen koostumus ja tavallisesti säännöllinen kiderakenne

luonnonkivi

geologisissa prosesseissa syntynyt mineraaleista koostuva aine, josta muodostuu kallioperä

kivilaji

tietyllä tavalla luokiteltu **luonnonkiviryhmä**
Kivilajit ovat rakenteeltaan ja koostumukseltaan suunnilleen tasalaatuisia. Kivilajit ovat syntyvän perusteella **magma-, sedimentti- ja metamorfinen kivilaji**.

magmakivilaji

maankuoressa kivisulan jäähtyessä ja kiteytyessä syntynyt **kivilaji**

Magmakivilaji jaetaan syntyvän mukaan syväkiviin, puolipinnallisiin kiviin ja pintakiviin.

metamorfinen kivilaji

lämpötilan nousun, paineen kasvun ja maankuoren poimuttumisen aiheuttaman kiven muuttumisen seurauksena syntynyt **kivilaji**

sedimenttikivilaji, kerrostunut kivilaji

kivien rapautumistuotteista ja elollisen luonnon jäänteistä kerrostumisen ja kovettumisen seurauksena maan pinnalla syntynyt **kivilaji**

lusta

kalliossa oleva luonnollinen rako tai halkeama
Lustassa on useimmiten savea tai muuta hienoa maa-ainesta.

lustasuunta

kallion luonnollinen **lustan** suunta

lohkosuunta

kiven luonnollinen **lohkeavuussuunta**

lohkeavuus

kiderakenteen lujuudesta johtuva kiven ominaisuus halkeilla tiettyyn suuntaan

sivukivi; mieluummin kuin **jättekivi**, ammattislangissa: **rääppi**

louhinnan ja kivenjalostuksen sivutuotteena syntynyt hyötykäyttöön kelpaamaton kivi

kenttäkivi

luonnon pyöreäksi muovaama pienehkö luonnokivi

lohkokivi

lohkopintainen irtokivi tai lohcare

raakakivi

hyötykäyttöön sopiva **luonnokivi**

Raakakiveä käytetään mm. **rakennuskivenä**.

kami

kalliosta hyötykäyttöä varten louhimalla irrotettu suuri, tavallisesti säännöllisen muotoinen lohcare
Kamista valmistetaan **blokit**.

blokki

kamista jatkojalostusta varten paloiteltu säännöllisen muotoinen lohcare

aihio; ammattislangissa: **emme**

kivenjalostuksen eri vaiheissa syntyvä puolivalmiste

rakennuskivi, luonnon rakennuskivi

rakennustarvikemateriaaliksi sopiva **raakakivi**

Rakennuskiven ulkonäölle ja kestävyydelle on asetettu tietyt vaatimukset. Rakennuskivestä valmistetaan laattoja, harkkoja ym. rakennustarvikkeita.

kivilaatta

luonnon rakennuskivestä valmistettu laatta (kuvat 1 ja 2)

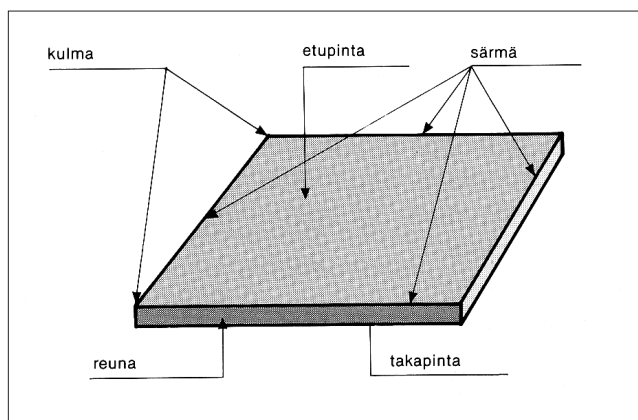
Kivilaatta on tavallisesti määrämittainen.

koppi

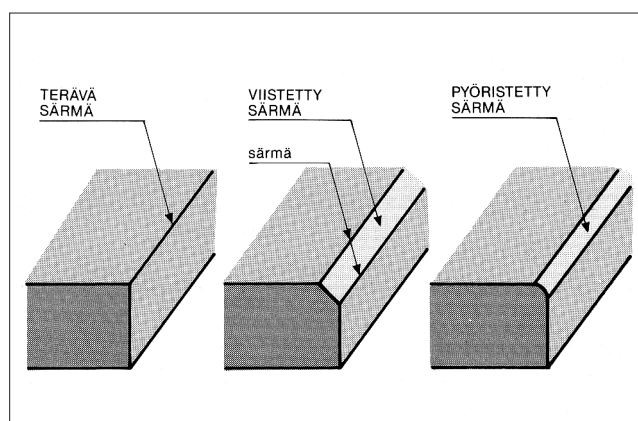
kiven etupinnan poikkeama perustasosta

kylmämuuri

lohkokuista tai hakatuista suorakulmaisen särmiön muotoisista luonnokivistä päällekkäin ladottu, tarvittaessa haoilla tai pulteilla sidottu, keilan tai luiskan tukimuuri.



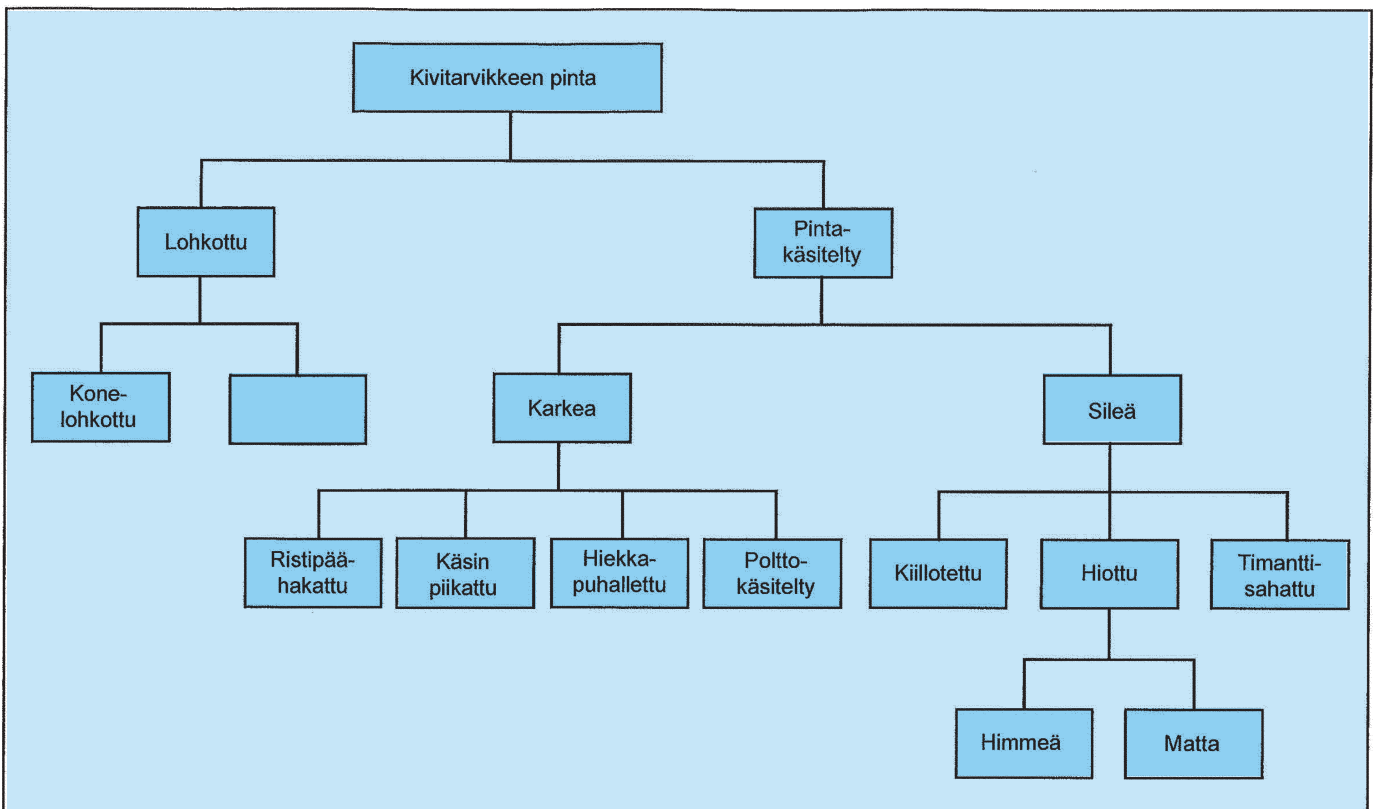
Kuva 1. Kivilaatan osien nimitykset.



Kuva 2. Kivilaatan särmämuotojen nimitykset.

Taulukko 1. Luonnonkiven pinnan nimitykset /7/.

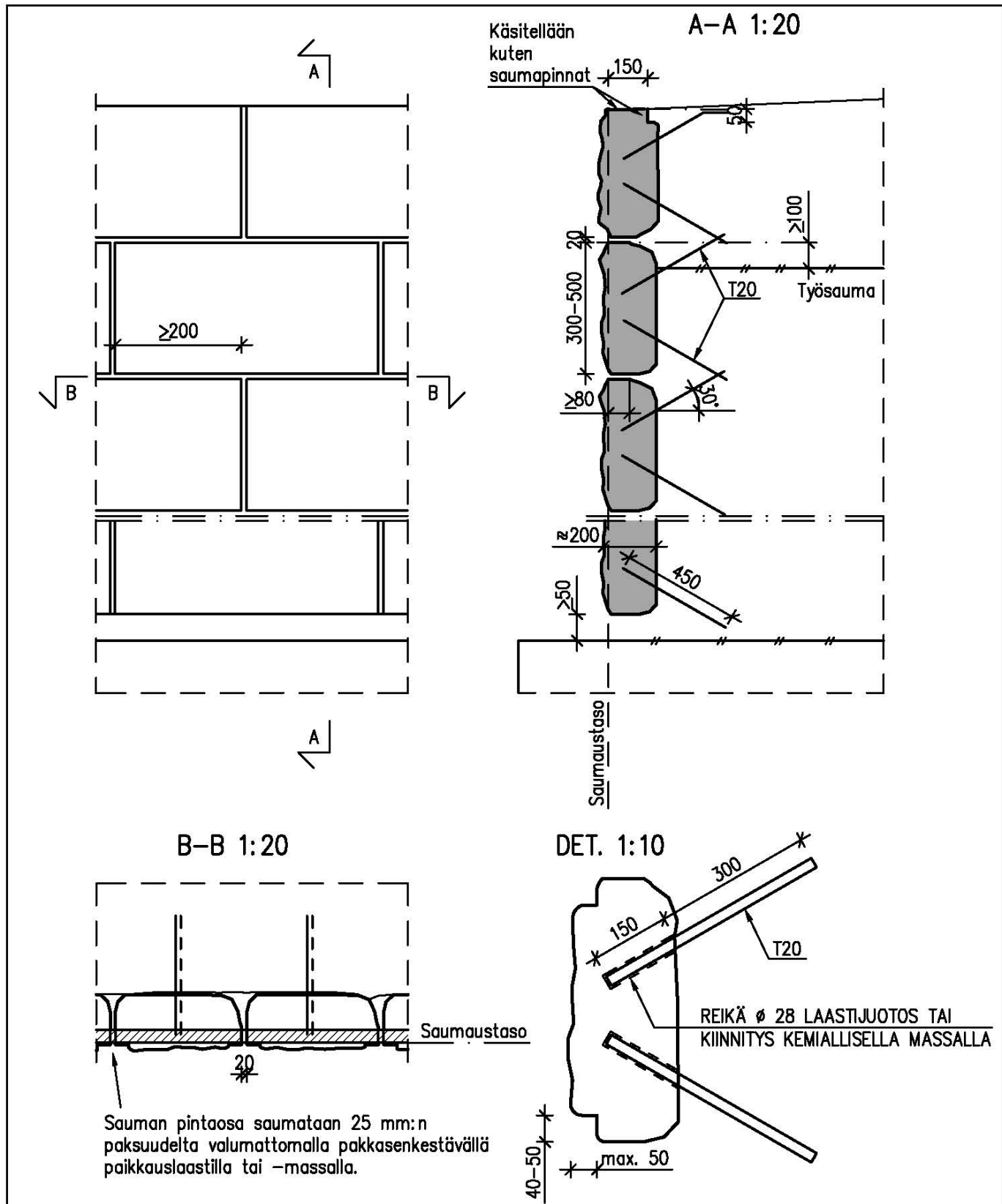
Pinnan nimitys	Pinnan ulkonäön kuvaus	Sopivat kivilajit
Kiillotettu	Sileä, naarmuton ja kiiltävä pinta Väri ei muutu pinnan kastuessa	Kovat kivilajit
Hiottu	Sileä, naarmuton ja himmeä pinta	Kaikki kivilajit
Ristipäähakattu	Tasarakeinen jyvöpinta ≤ 5 mm	Lähinnä syväkivet
Poltettu	Karkeahko, kiven tekstuurin mukainen, värikäs pinta	Graniitit
Hiekkapuhallettu	Tasainen karkea pinta	Kaikki kivilajit
Lohkopinta	Luonnollinen lohkeamapinta, jonka muoto ja tasaisuus vaihtelevat	Lähinnä liuskekivet



Kuva 3. Ulkotilojen kivitarvikkeiden pintakäsittelytermit (SFS-EN 1341, 1342 ja 1343).

VALUUN ASENNETTAVIEN PAKSUJEN KIVILAATTOJEN KIINNITYS

LIITE 2 (1/1)



KUVAGALLERIA: VANHOJA KIVISILTOJA LOHKOTUISTA KIVISTÄ

LIITE 3 (1/4)



Kuva 1/1. Sångbro, Espoo, valmistunut vuonna 1778.



Kuva 1/2. Tuovilan silta, Mustasaari, valmistunut vuonna 1781.



Kuva 1/3. Lapijoen silta, Eurajoki, valmistunut vuonna 1883.



Kuva 1/4. Harrströmin (kivipalkki)silta, Korsnäs, valmistunut vuonna 1898.

KUVAGALLERIA; KIVITYÖN ”KULTAKAUSI” 1800/1900 VAIHTEESSA

LIITE 3 (2/4)



Kuva 2/1. Aunessilta, Tampere, valmistunut vuonna 1899.



Kuva 2/2. Murolekosken silta, Ruovesi, valmistunut vuonna 1905.



Kuva 2/3. Salmen silta, Hamina, valmistunut vuonna 1904.



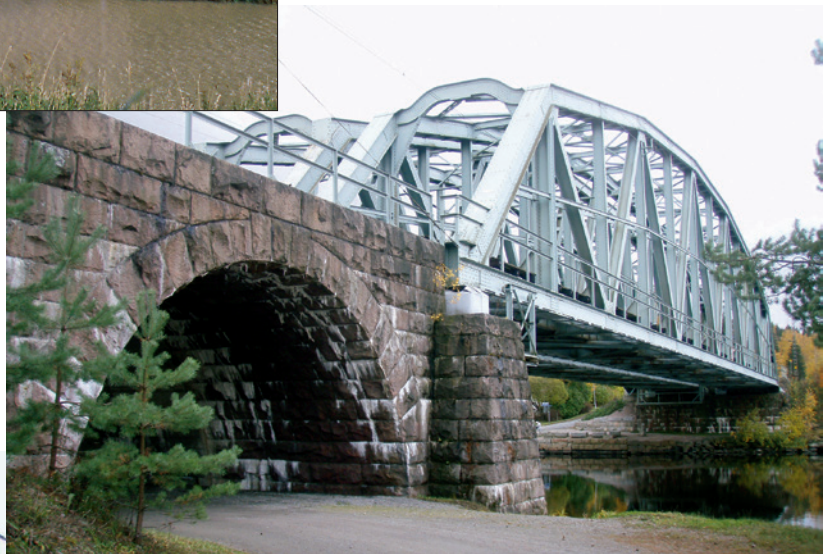
Kuva 2/4. Satakunnan silta, Tampere, valmistunut vuonna 1900.

KUVAGALLERIA; KIVI SILTOJEN ALUSRAKENTEISSA

LIITE 3 (3/4)



Kuva 3/1. Halikon vanha silta (puu-ansas), Salo, maatukien valmistumisvuosi 1866.



Kuva 3/2. Vanajaveden ratasilta (teräsristikko), Hämeenlinna, valmistumisvuosi 1866.



Kuva 3/3. Kaakamojoen silta (teräspalkki), Tornio, valmistunut vuonna 1935.



Kuva 3/4. Strömman kanavan silta (kääntösilta), Salo, valmistunut vuonna 1897.

**KUVAGALLERIA; KIVEN KÄYTTÖ SILLAN VERHOUKSENA,
VARUSTEINA JA UUDISRAKENTAMISESSA**

LIITE 3 (4/4)



Kuva 4/1. Tuomaansilta, Turku valmistunut vuonna 1999.



Kuva 4/2. Kaidepylväs, Brobackan silta, Vantaa.



Kuva 4/3. Ukkopylväs, Ratinan silta, Tampere.



Kuva 4/4. Kannusilta, Espoo, valmistunut vuonna 2008.

