

Janne Kajander

Luonnonkivityöt epäsuotuisissa olosuhteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Opinnäytetyö
20.4.2011

Tekijä(t) Otsikko	Janne Kajander Luonnonkivityöt epäsuotuisissa olosuhteissa
Sivumäärä Aika	55 sivua + 11 liitettä 22.4.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Ympäristörakentaminen
Ohjaajat	Projektipäällikkö Markus Lahtinen Vastaava mestari Kari Kärki Lehtori Juha Virtanen
<p>Tämä insinööri työ tehtiin YIT Oy:n infrapalveluiden yksikön toimeksiannosta. YIT infrapalvelut on merkittävä tekijä suomalaisessa infrarakentamisessa. Insinöörityön tavoitteena oli selvittää luonnonkivitiöiden suorittamiseen epäsuotuisissa olosuhteissa vaikuttavia tekijöitä ja sitä, miten niihin voitaisiin varautua.</p> <p>Insinöörityössä käsiteltiin luonnonkiven yleistietoa, talvella tapahtuvaa betonointia, talvirakentamista ja luonnonkivien asennustekniikoita. Lisäksi työn aikana suoritettiin esimerkkityömaakohteita ja niiden toteutusta seurattiin ja työn suorittajia sekä työnjohtoa haastateltiin.</p> <p>Insinöörityöhön koottiin luonnonkivien rakentamiseen epäsuotuisissa olosuhteissa vaikuttavia tekijöitä ja tietoa millaisin keinoin näihin tekijöihin voidaan vaikuttaa. Parhaiten luonnonkivien asennusta voitiin suorittaa epäsuotuisissa olosuhteissa hyvällä suunnittelulla ja suorittamalla valmistelevat toimenpiteet niille suotuisana valmistusajankohtana.</p> <p>Osassa luonnonkivitiöistä työt voitiin suorittaa vaihtamalla materiaalit pakkasta kestäviksi. Osa töistä voitiin suorittaa käyttämällä sääsuojaa ja vaihtamalla materiaalit pakkasen kestäviksi. Muut luonnonkivityöt jouduttiin suorittamaan käyttämällä sääsuoja ja muokkamalla työkohteen olosuhteet sopiviksi lämmittimien avulla.</p>	
Avainsanat	luonnonkivi, betonointi, talvi, talvenvaikutukset

Author(s) Title	Janne Kajander Natural Stone Works under Adverse Conditions
Number of Pages Date	52 pages + 11 appendices 22 April 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Infraconstruction Engineering
Instructor(s)	Markus Lahtinen, Project manager Kari Kärki, Site manager Juha Virtanen, Senior Lecturer
<p>This project was made for the Infraservices Unit of YIT Ltd, part of YIT Ltd.'s infrastructure. YIT infrastructure services are a significant factor in Finnish civil engineering. The objective of this thesis was to examine natural stone's properties in the execution of work done under adverse conditions, and to take into account different factors-, and the necessary preparation.</p> <p>This thesis deals with natural stone, general information on it, winter concreting, winter construction, and natural stone installation techniques. In addition, examples of work performed during construction and its implementation was monitored. Examples of the work of contractors, and interviews with labour and site foremen were included.</p> <p>Examples of engineering work using natural stone construction, its reaction to unfavourable conditions, contributing factors, and information under which conditions these examples might be influenced, were examined in this study. Best natural stone installation could be performed under adverse conditions-, with good planning and carrying out preparatory measures in a favorable time of construction.</p> <p>Some natural stone construction is best performed by using materials which prove resistant to frost. Some are best used with a combination of frost-resistant materials and with weather protection. Other natural stone work has to be performed using a weather shelter, and by modifying the construction site to suit the conditions with heaters.</p>	
Keywords	Natural stone, concreting, winter, effects of winter

Kiitos YIT:lle tämän insinööriyön mahdollistamisesta. Kiitos myös työn ohjaajille heidän tarjoamastaan avusta. Kiitokset työnjohdolle ja työntekijöille esimerkkikohteissa osallistumisesta.

Janne Kajander

Sisällys

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

Käsitteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Yleistietoa luonnonkivistä	2
2.1	Rakennuskivigeologian perusteet	2
2.1.1	Kiven synty	2
2.1.2	Luonnonkivet	2
2.1.3	Tärkeimmät kivilajit	4
2.2	Luonnonkiven ominaisuudet	5
2.3	Säänkestävyys	7
3	Rakennuskivituotanto	8
4	Betoni	8
4.1	Betonin suhteutus	8
4.2	Yleistä	9
4.3	Betonityöt	9
4.4	Kylmässäbetonoinnin perusteita	10
4.4.1	Betonin jäätyminen	10
4.4.2	Lujuudenkehityksen tavoitteet	10
4.4.3	Betonin lujuusmääritys kypsyysian perusteella käyttäen Sadgroven menetelmää.	11
5	Talvirakentaminen	12
5.1	Talven haittojen vähentäminen	13
5.1.1	Valaistus	13
5.1.2	Lumen ja jään poisto	14
5.1.3	Sääsuojat	14

5.1.4	Maan pitäminen lämpimänä	15
5.2	Perustustyöt	15
5.2.1	Maan pitäminen lämpimänä	16
5.2.2	Vähissä erissä kaivaminen	17
5.2.3	Paikallavaluanturat pakkasella	17
5.2.4	Betonin lämmitys ja suojaaminen	17
5.2.5	Anturan betonointi	18
5.2.6	Routasuojaus rakentamisen aikana	18
5.3	Talvivalu	19
5.3.1	Betonin lämmityksen ja lämpökäsittelyn mitoitus	19
5.3.2	Betonin lämmitys vastuslankamenetelmällä	19
5.3.3	Säteilylämmitys	21
6	Luonnonkiven asennustekniikat	22
6.1	Kivijulkisivu	22
6.1.1	Kivityyppi ja pintakäsittely	22
6.1.2	Kivilaattakoko ja limitys	23
6.1.3	Mittatarkkuus	23
6.1.4	Julkisivun rakenteelliset näkökohdat	24
6.1.5	Kiinnitystekniikat	25
6.1.6	Kiverhouksen asennus työmaalla	30
6.2	Ulkotilojen luonnonkivirakenteet	30
6.2.1	Kivirakenteiden rasitukset ja laatuvaatimukset	30
6.2.2	Kivityypin ja pintakäsittelyn valinta	31
6.2.3	Tasokivetykset	32
6.2.4	Ladontakuviot ja pintavesien johtaminen	34
6.2.5	Rakennekerrokset	35
6.2.6	Tasokivetysten asennus	36
6.2.7	Ulkoportaat	41
6.2.8	Muurit	42
7	Luonnonkivien kiinnitys epäsuotuisissa olosuhteissa	43
8	Työmaalla toteutetut mallit	44
8.1	Betonimuurin verhous luonnonkivellä	45
8.2	Tukimuurin ylälaitaan asennettavat massiivikivet	47
8.3	Julkisivuverhous talvella	48

8.4	Laattojen asentaminen talvella	49
9	Haastattelut	50
10	Yhteenveto	52

Liitteet

Liite 1. Erilaiset pintakäsittelyt ja niiden vaikutukset kiveen

Liite 2. Kivituotteiden jalostusprosesseja

Liite 3. Lankalämmityksen tehontarvekäyrästä ja tulkinta

Liite 4. Betonin lämmityslangan virta- ja tehoarvot

Liite 5. Sadgroven kaava ja tulkinta

1 Johdanto

Tämä insinööriyö on tehty YIT Oy:n Infrapalveluiden yksikön toimeksiannosta. Insinööriyön aiheena on luonnonkivitiiden toteuttaminen epäsuotuisissa olosuhteissa.

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää luonnonkivitiiden tekemiseen epäsuotuisissa olosuhteissa vaikuttavat tekijät ja antaa ratkaisuja näiden tekijöiden ehkäisemiseksi. Insinööriyö tulee olemaan apuna suunniteltaessa luonnonkivitiiden tekemistä epäsuotuisissa olosuhteissa ja työmaan toteutuksessa. Insinööriyössä on tutkittu aiheeseen liittyvää kirjallisuutta sekä käytännön kohteita, joissa luonnonkivien asennusta on tehty epäsuotuisissa olosuhteissa.

Luvussa 2 käsitellään yleistietoa luonnonkivistä. Luvussa 3 käsitellään rakennuskivien tuotantoa. Luvussa 4 käsitellään betonia ja sen ominaisuuksia sekä betonin käyttäytymistä talvella. Luvussa 5 käsitellään talvirakentamista koko työmaan kannalta, kuitenkin painottaen tekijöitä, jotka vaikuttavat luonnonkivien asennukseen. Talvirakentamisessa käsitellään talven vaikutuksia rakentamiseen ja keinoja, joiden avulla talven tuomia haittoja voidaan ehkäistä. Luvussa 6 käsitellään luonnonkivien asennustekniikoita. Luvussa 7 käsitellään luonnonkiven kiinnittämistä epäsuotuisissa olosuhteissa. Luvussa 8 käydään läpi käytännön kohteet, joissa tämän työn osalta tehtiin asennusta. Luvussa 9 on työn yhteenveto.

Luonnonkivirakentaminen toteutetaan pääasiassa kesäaikana. Tässä työssä perehdytään työmaihin vaikuttavaan ilmastoon talvella ja sen vaikutuksiin luonnonkivien asentamisen kannalta. Oleellisena osana tätä insinööriyötä on myös betoni ja betonin käyttö talvella.

Työn avulla pystytään selvittämään järkevä toteutustapa erilaisille luonnonkivitiille talvella. Insinööriyö selventää, minkä tyyllisiä luonnonkivitiitä on järkevää tehdä talvella.

2 Yleistietoa luonnonkivistä

Kallioperämme sisältää monia erilaisia kivityyppejä. Eri kivilajeilla on erilaiset ominaisuudet. Kivityypin mukaan ulkonäkö, fysikaaliset ominaisuudet ja käyttöominaisuudet vaihtelevat. Oikein käytettynä luonnonkivi antaa korkealuokkaisen ulkonäön ja on pitkäaikainen sekä kestävä materiaali. [1, s. 33 - 34.]

2.1 Rakennuskivigeologian perusteet

Luonnonkivet ovat muovautuneet miljoonien vuosien aikana. Tänä aikana luonnonkivet ovat saaneet hyvät ominaisuutensa. Kivituotannolla muokataan luonnon muovaama kivi haluttuun muotoon, jotta se palvelisi meitä halutussa käyttötarkoituksessa. [1, s. 34.]

2.1.1 Kiven synty

Kivilajit syntyvät miljardien vuosien aikana. Maankuoren kivilajit ovat yhden tai useamman mineraalin kasauksia. Luonnonkivet luokitellaan syntytapansa perusteella magmakiviin, sedimenttikiviin tai metamorfiinisiin kiviin. [1, s. 34.]

2.1.2 Luonnonkivet

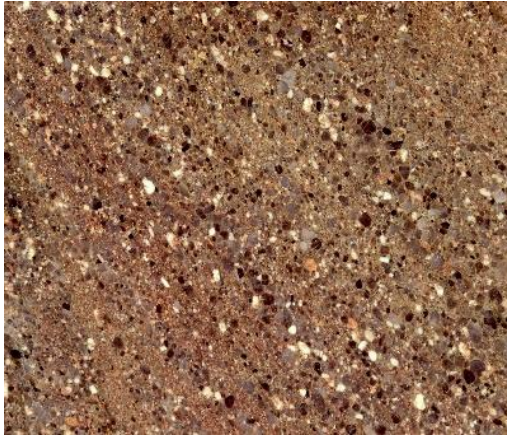
Magmakivet



Magmakivet syntyvät kivilavan eli magman jäähtyessä ja kiteytyessä. Magmakivet jaotellaan syväkiviin ja pintakiviin. Syväkivet kiteytyvät hitaasti tasaisessa lämpötilassa ja paineessa. Pintakivet taas ovat tulivuorenpurkauksen seurauksena jähmettyneet maanpinnalla nopeasti. Rakennusmateriaalina käytettäviä magmakiviä ovat esim. graniitti (kuvassa 1) ja dioriitti. [1, s. 34.]

Kuva 1: Punainen graniitti [2]

Sedimenttikivet



Sedimenttikiviä kutsutaan kerrostuneiksi kiviksi. Ne syntyvät kallioperän rapautuessa, eroosiossa muodostuneiden irtainten, osin eloperäisten ainesten kulkeutuessa, kerrostuessa ja kovettuessa. Tavallisimmin käytössä olevia sedimenttikiviä ovat karbonaattikivi ja hiekkakivi. [1, s. 34]

Kuva 2: Hiekkakivi [2]

Metamorfiset kivet



Metamorfiset kivet syntyvät magma- tai sedimenttikivistä metamorfoosin seurauksena. Metamorfoosi on muuttumista ja sitä voi olla esimerkiksi paineen muuttuminen. Metamorfiset kivet ovat usein liuskeisia ja suuntautuneita. Rakentamisessa käytettyjä metamorfisia kiviä ovat liuskeet ja vuolukivi. [1, s. 35.]

Kuva 3: Liuskekivi [2]

Mineraalit

Mineraalit esiintyvät luonnossa kiinteänä aineena ja millä on tietynlainen kemiallinen koostumus sekä säännöllisen kiderakenteen. Mineraalit ovat osa luonnonkiveä. Yksittäinen kivilaji sisältää yleensä 3 - 5 mineraalia. Mineraalit määrittävät luonnonkiven ominaisuudet. Eri mineraaleilla on erilaisia fysikaalisia ja esteettisiä ominaisuuksia. [1, s. 35.]

2.1.3 Tärkeimmät kivilajit

Graniitti

Suomessa graniitti on vallitseva rakennusmateriaali luonnonkiveä käytettäessä. Graniitti on yleisin ja tärkein syväkivilaji. Graniitti on yleensä värikäs ja sillä on useita eri värejä. Tyypillisiä värejä ovat vihertävä, punertava tai harmahtava graniitti. Graniitti on erinomainen rakennuskivi, koska se on luja ja ilmeikäs. [1, s. 36]

Marmori

Marmori on tunnetuin luonnonkivi rakentamisessa. Marmorin yleisimpiä värisävyjä ovat valkoinen, harmaa, musta, vihreä, ruskehtava ja vaaleanpunainen. Marmori ei kestä ilmastoon rasituksia kovinkaan hyvin, joten sitä käytetään nykyään enemmän sisätiloissa. [1, s. 38]

Gneissi ja migmatiitti

Gneissit ovat usein juovikkaita. Juovikkuus johtuu mineraalien kerrostumisesta. Gneissimäisen kiviaineksen ja graniitin seosta kutsutaan migmatiitiksi. Molemmat kivet ovat yleisiä rakentamisessa elävyytensä vuoksi. [1, s. 38]

Liuskeet

Liuskekivet soveltuvat koristeiksi ja muurien sekä kulkuväylien päällysteiksi. Liuskekiviä ovat esimerkiksi fylliitti ja kvartsiitti. [1, s. 38]

Vuolukivi

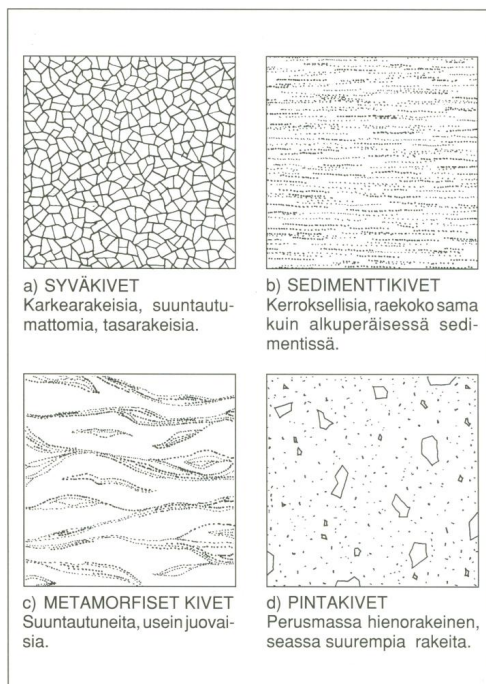
Vuolukivet soveltuvat hyvin tulisijoihin. Vuolukivellä on hyvät lämpötekniset ominaisuudet. [1, s. 38]

2.2 Luonnonkiven ominaisuudet

Kivilajeilla on keskenään erilaiset ulkonäölliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Luonnonkivi on erittäin hyvä ja kestävä rakennusmateriaali, kun se valitaan kohteeseensa oikein perustein. Luonnonkiven valintaan vaikuttavat kiven ulkonäkö, saatavuus, fysikaaliset ominaisuudet, kestävyys sekä hinta. Voimakkaimmin valintaan vaikuttaa yleensä kiven ulkonäkö. [1, s. 39 - 41]

Ulkonäkö

Luonnonkiveä käytetään ensisijaisesti sen esteettisten ominaisuuksien vuoksi. Luonnonkivelle on ominaista, että sen pinnalla on väri vaihtelua. Kiven ulkonäkö määräytyy sen mineraalien ominaisuuksien perusteella. Eri kivilajeille tyypilliset piirteet esitetään kuvassa 4. Kivessä ei kuitenkaan saa olla sen ulkonäköä tai sitä rakenteellisesti heikentäviä poikkeavuuksia. Näitä ovat esimerkiksi halkeamat, kolot ja juovat. [7, s. 41 - 42]



Kuva 4. Eri kivilajien ulkonäön tyypilliset piirteet [7, s. 41]

Fysikaaliset ominaisuudet

Luonnonkiven fysikaalisten ominaisuuksien määrittämisellä pyritään antamaan yleiskuva materiaalin teknisestä luonteesta. Näitä ominaisuuksia käytetään apuna mitoituksen lähtötietona sekä arvioimaan säänkestävyyttä ja likaantuvuutta. Kivien fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen siitä, mistä kivilajeista otettu. DIN 52100-standardissa annetaan kivilajeille tietyt fysikaaliset arvot. Arvot ovat kuitenkin materiaaleille suuntaa antavia, ja niitä voidaan käyttää alustavassa mitoituksessa. Kiven fysikaaliset ominaisuudet tulee suunnittelussa huomioida niin, että ne eivät heikennä rakenneosaa tai vaikuta rakenneosan toiminnallisiin ominaisuuksiin. [1, s. 42]

Tiheys

Luonnonkiven tiheys vaihtelee välillä 1 800 - 3 100 kg/m³ [1, s. 43]

Vedenimukyky

Vedenimukyky tiivillä kivilajeilla on välillä 0.1 - 0.5 painoprosenttia ja huokoisilla kivillä jopa 20 painoprosenttia. [1, s. 43]

Puristuslujuus:

Puristuslujuus on 20 - 400 Mpa [1, s. 43]

Taivutusvetolujuus

Taivutusvetolujuus on normaalisti 7 - 20 Mpa. [1, s. 43]

Kimmomoduuli

Luonnonkiven kimmomoduulit vaihtelevat 30 000 - 110 000 Mpa välillä. [1, s. 43]

Kovuus

Kiven kovuus määräytyy siinä esiintyvien mineraalien mukaan. [1, s. 43]

Lämpömuodonmuutokset

Lämpötilamuutokset vaihtelevat 0,2- 0,9 x 1/°C 10⁻⁵. [1, s. 44]

Kosteusmuodonmuutokset

Luonnonkivillä kosteusmuodonmuutokset ovat pieniä. [1, s. 44]

Kulutuskestävyys

Kulutuskestävyyden merkitys korostuu kohteissa, joissa kivi joutuu rasituksen kohteeksi. Kulutuskestävyys vaikuttaa valittavaan pintakäsittelyyn. Kulutuskestävyys vaihtelee kivilajista riippuen. Kiviteollisuusliiton luokituksessa on kolme luokkaa: hyvä, kohtalainen ja puutteellinen. [1, s. 44]

Kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti

Kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti vaihtelee välillä 2 - 6 kN. Kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti on yhteydessä kiven taivutusvetolujuuteen. [1, s. 44]

2.3 Säänkestävyys

Luonnonkiven käytön ensisijainen valintaperuste on sen antama visuaalisuus. Kiven säänkestävyydellä on suuri merkitys valittavaan kiveen. Nykyään kivipinnat joutuvat ilmaston takia rankempaan rasitukseen kuin aikaisemmin. Luonnonkiven tulee säilyttää haluttu ilme koko rakennuksen elinkaaren ajan. Ilmaston vaikutukset kiveen ilmenevät likaantumisenä, värimuutoksina, kiillon heikkenemisenä, kemiallisena haurastumisena ja rapautumisena, fysikaalisena rapautumisena ja muodonmuutoksina.

Kiviteollisuusliitto ry luokittelee luonnonkivet kolmeen säänkestävyysluokkaan: hyvä, kohtalainen ja puutteellinen. [7, s. 45 - 46]

3 Rakennuskivituotanto

Rakennuskivituotanto voidaan jakaa kahteen osioon: luonnon geologiseen prosessiin ja kivituotantoon. Geologisen prosessin aikana luonto muokkaa kiviä ja kivituotannon aikana kivet louhitaan ja sen jälkeen jalostetaan halutuksi lopputuotteeksi. Erilaisia jalostusprosesseja on esitelty liitteessä 3. [7, s. 46 - 49]

Kiven pintakäsittely

Pintakäsittely vaikuttaa kiven käytännöllisyyteen ja ulkonäköön. Pintakäsittelyllä voidaan vaikuttaa kiven ilmeeseen haalistaen tai vahvistaen sen luonnollista väritystä ja kuviointia tai muokkaamaan kiven pintaa. Erilaiset pintakäsittelyt esitetään liitteessä 2. [3]

4 Betoni

Betonia voidaan pitää keinotekoisena kivenä. Betoni sisältää runkoainesta, vettä, sementtiä sekä lisä- ja seosaineita. Lisä- ja seosaineiden tarkoituksena on parantaa betonin ominaisuuksia. Runkoaineena käytetään yleensä kiviainesta. Betonista valmistetaan raudoitettuja ja raudoittamattomia rakenteita. Betoni kestää erittäin hyvin puristusrasituksia. Raudoituksen tarkoitus betonirakenteissa on ottaa vastaan vetorasitukset. Betonirakenteet jaetaan kolmeen luokkaan betoninormi BY 50:n mukaan. Betoni luokitellaan sen puristuslujuuden mukaan luokkiin ja luokat jaotellaan 5 Mpa:n välein esim. K15 ja K20. [4, s. 18 - 19]

4.1 Betonin suhteutus

Betoni on keinotekoisesti valmistettu kivi, joka sisältää runkoainesta, vettä, sementtiä ja lisä- seosaineita. Suhteuttaminen on betonin osa-aineiden valintaa ja niiden seossuhteiden määrittämistä. Suhteutus vaikuttaa merkittävästi betonin ominaisuuksiin ja käytettävyyteen. [4, s. 121]

4.2 Yleistä

Betonin tärkeimmät ominaisuudet ovat sen lujuus ja säänkestävyys. Suomessa vallitsevissa ulko-olosuhteissa rakenteen säilyvyyden kannalta merkittävimmät ominaisuudet ovat pakkasenkestävyys ja suolarasituksen kestävyys.

Betonin tulee oikein tiivistettynä ja käsiteltynä täyttää sille asetetut vaatimukset kovettuttuaan.

Betonilla on erittäin hyvä puristuslujuus, mutta betonin vetolujuus on yleensä vain 1/10 sen puristuslujuudesta. Vetolujuutta parannetaan raudoittamalla. [4, s. 341 - 344]

Betonin lujuuden kehitys

Betonin lujuuden kehityksen kannalta merkittävimpiä vaiheita ovat jäätymislujuus, muotin purkulujuus ja nimellislujuus. Nykyisin pyritään mahdollisimman nopeaan muottikiertoon, mikä vaikuttaa tarpeeseen saada betonin lujuus mahdollisimman nopeasti vastaamaan muottien purkulujuutta. Muottien purkulujuutena käytetään yleensä 60 % nimellislujuudesta eli käytettävästä lujuusluokasta. [4, s. 347- 348]

4.3 Betonityöt

Betonirakenteet jaetaan kolmeen rakenneluokkaan. 1-luokka: vaativat rakenteet, 2-luokka: tavanomaiset rakenteet ja 3-luokka: yksinkertaiset pikkutyöt. Rakenteiden suunnittelijalla ja niitä työmaalla johtavalla työnjohtajalla on oltava kyseisen rakenneluokan toteuttamiseen vaadittava pätevyys. [4, s. 191 - 192]

Betonointi kylmissä olosuhteissa

Kovettuvan betonin lujuuskehitys on riippuvainen lämpötilasta. Betonin lujuuskehitykselle on erittäin vaarallista sen jäätyminen kovettumisen alkuvaiheessa. Yleisimmin vauriot syntyvät nimenomaan kylmällä säällä rakennettaessa. [4, s. 341]

Kylmyyden vaatimat toimenpiteet

Kylmyys asettaa betonityön eri työvaiheisiin omat vaatimuksensa. On tärkeää, että betonin valmistuksessa käytetään esilämmitettyjä materiaaleja ja vesi-sementtisuhde pidetään mahdollisimman alhaisena. Betonoinnin aikana tulee varmistaa, ettei käytettävä betoni pääse jäätymään. Lumi ja jää poistetaan rakenteista ja

raudoituksesta sekä tarvittaessa varmistetaan betonin lämpötilan säilyminen haluttuna lämmittämällä betonia. Jälkihoidossa tulee varmistaa, että betonilla on lujuudenkehitykseen tarvittavat olosuhteet kovettumisreaktion ajan. Olosuhteisiin voidaan vaikuttaa eristyksellä ja lisälämmityksellä. Betonin lisälämmittämistä käsitellään myöhemmin luvussa 5.3. Kylmissä olosuhteissa betonin lämpötilaa tulee aina seurata. [4, s. 344]

4.4 Kylmässä betonoinnin perusteita

4.4.1 Betonin jäätyminen

Betonin jäätyminen heikentää lopullista lujuutta. Haitallisinta on, jos betoni pääsee jäätymään lujuudenkehityksen alkuvaiheessa. Pahimmillaan lujuuskato voi olla jopa 80 prosenttia nimellislujuudesta. Betonirakenteet, jotka joutuvat alttiiksi sään vaihteluille, valmistetaan pakkasenkestävästä betonista. Ilmaston vaikutukset eivät aiheuta vaaraa rakenteen kestävyydelle, kun ne huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa. [4, s. 344 - 345]

4.4.2 Lujuudenkehityksen tavoitteet

Kylmissä olosuhteissa betonoinnin kolme lujuuskehityksen kannalta tärkeintä vaihetta ovat jäätymislujuus, muotin purkulujuus ja nimellislujuus.

Jäätymislujuus tarkoittaa lujuutta, jonka jälkeen rakenteen voidaan antaa jäätyä kerran sen vaikuttamatta liikaa haluttuun loppulujuuteen. Jäätymislujuutena käytetään 5 MPa:ta kaikilla lujuusluokilla.

Purkamislujuus tarkoittaa lujuutta, jolloin muotti ja tukirakenteet voidaan purkaa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakenne kestää siihen kohdistuvat kuormat eikä siihen synny sallimattomia muodonmuutoksia.

Nimellislujuus on valitun betonin lujuusluokka.

Betonin lujuuden kehitys on voimakkaasti riippuvainen lämpötilasta ja ajasta. Betonin lujuuskehitystä tulisi ensisijaisesti seurata lämpötilojen avulla. Muita lujuuden seurannan menetelmiä ovat erilaiset koepalat ja niiden koestaminen tai laitteet jotka seuraavat betonin kimmoisuuden kehittymistä. [4, s. 347 - 348]

4.4.3 Betonin lujuusmääritys kypsyysian perusteella käyttäen Sadgroven menetelmää. Sadgroven menetelmä vertaa betonin lämpötilan ja ajan perusteella saatua summaa betoniin, joka on säilytetty + 20 °C:ssa.

Sadgroven menetelmän kaava on:

$$t_{20} = ((T+16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times t$$

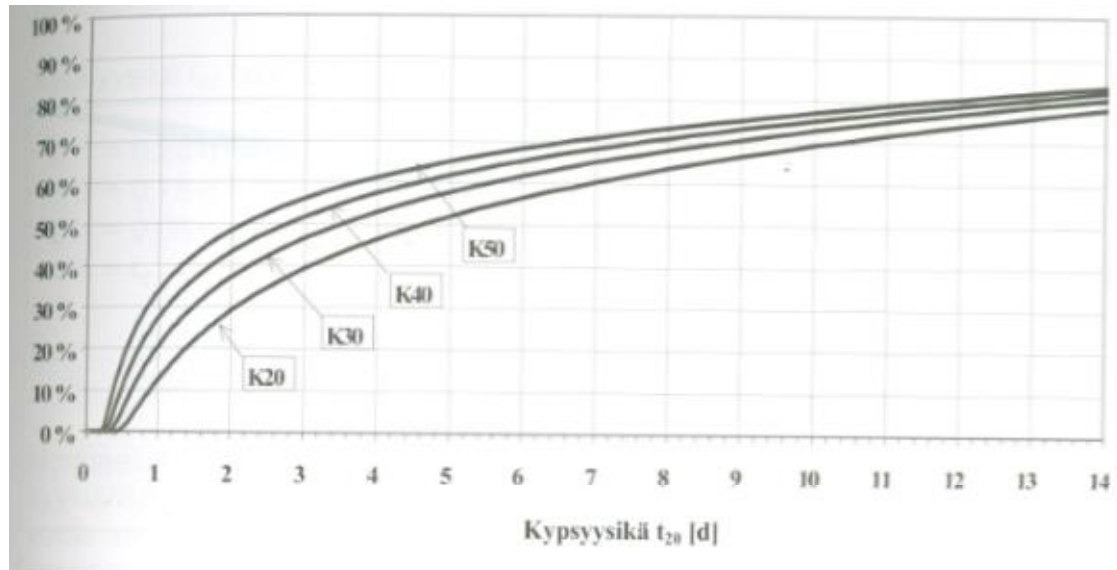
T = on betonin lämpötila aikana t [°C] ja,

t = kovettumisaika [d]

Kaavan käytössä on huomioitava, että se ei päde, mikäli betoni on päässyt jäätymään betonoinnin alkuvaiheessa tai betonin valmistukseen on käytetty erikoissuhteutusta.

Kuvassa 5 on esitetty yleisementistä valmistetun betonin suhteellisen lujuuden kehitys kypsyysian perusteella ajanfunktiona. Kuvassa pystyakselilla on esitetty nimellislujuuden kehitys prosentteina ja vaaka-akselilla aika päivinä.

Usein talvella betonointia suoritettaessa rakenteen sisäiset lämpötilat vaihtelevat suuresti muutaman päivän aikana. Tällöin betonin lujuuskehitystä Sadgroven menetelmällä laskettaessa on viisainta käyttää taulukkolaskentaa. Liitteessä 5 on esitetty eri betonien lujuuskehitys kypsyysian perusteella sekä esimerkki taulukkolaskennasta. [4, s. 341 - 371]



Kuva 5: Yleis- tai SR-sementillä valmistetun betonin suhteellinen lujuuden kehitys kypsyysikäfunktiona [4, s.353].

5 Talvirakentaminen

Talvella rakentaminen on ilmaston vaikutusten takia hitaampaa kuin kesällä. Talvi vaikuttaa myös tarvittavaan energiamäärään sekä käytettävään kalustoon. Ilmastosta johtuvaan lisätyöhön on mahdollista vaikuttaa hyvällä suunnittelulla ja tarpeen vaatiessa lisäämällä työntekijöitä sekä kalustoa. Talvi vaikuttaa myös työmaan aluesuunnitelmiin. Työmaan aluesuunnitelmissa on huomioitava lumenvarastointi sekä rakennusmateriaalien varastointi. Materiaalin suojaukseen talvisissa olosuhteissa soveltuvat hyvin pressut tai sääsuojarahallit. Talvirakentamisessa huomioitavia seikkoja on esitelty seuraavissa luvuissa. Talvirakentamista esitetään kuvassa 6. [6, s. 6 - 17]



Kuva 6: Muuriverhouksen rakentamista talvella

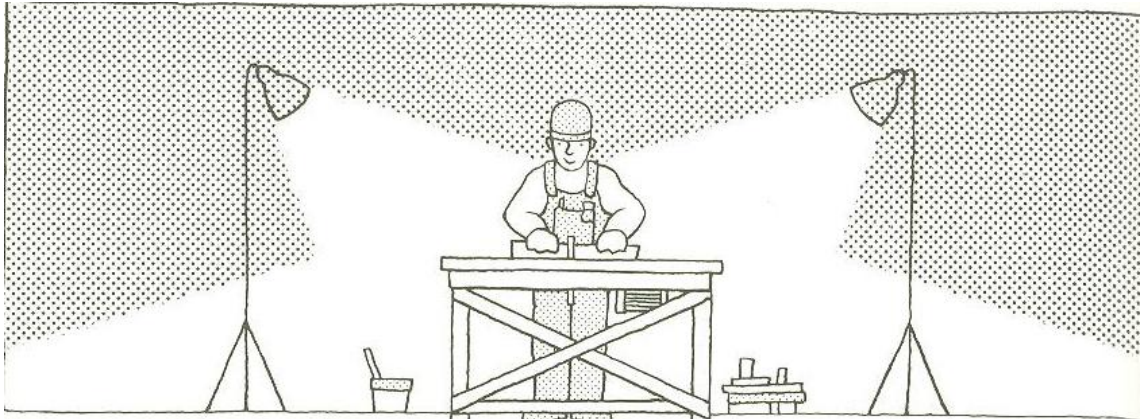
5.1 Talven haittojen vähentäminen

Talven haittavaikutuksia voidaan yleensä vähentää valitsemalla sopiva aika aloittaa työmaa. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Silloin on pyrittävä tekemään valmistelevat työt niille suotuisissa olosuhteissa. Esimerkiksi perustuksien ja muurien valaminen valmiiksi säätilojen ollessa plus-asteiden puolella on huomattavasti edullisempaa, kuin lämpötilan laskiessa alle $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Saumaustyöt on viisasta siirtää keväeseen. Mikäli rakentaminen kuitenkin joudutaan tekemään talvella, on työt suunniteltava huolella etukäteen. Suunnitelmissa tulee huomioida työnsuorittamiseen tarvittavat edellytykset halutun laatutason saavuttamiseksi. [6, s. 28]

5.1.1 Valaistus

Valaistus vaikuttaa merkittävästi työn laatuun ja työturvallisuuteen. Valaistusta suunniteltaessa on huomioitava sen sopivuus käytettävään tarkoitukseen. Työmaan kulkuväylien valaisuun soveltuva valaisin ei välttämättä ole sopiva työkohteen valaisuun ja päinvastoin. Talvirakentamisessa on huomioitava myös valaisimien säänkestävyysominaisuudet ja se, että valaistusteho ei heikkene ilmaston vaikutuksesta. Valaisimien suuntaukseen työpisteissä tulee kiinnittää huomiota. Valaisimien tulee olla suunnattuna siten, että valaistuihin työpisteisiin tulee valoa kahdelta suunnalta, kuten kuvassa 7. Tällöin voidaan estää varjostumat. Lamppujen sijainti ei kuitenkaan

saa vaikeuttaa työn suorittamista. Asennustyötä lamput voivat häiritä esimerkiksi häikäsemällä. [6, s. 17 - 22]



Kuva 7: Valaistus kahdelta suunnalta [6, s. 22]

5.1.2 Lumen ja jään poisto

Lumen ja jään poisto on oleellinen osa talvirakentamista. Lunta kertyy niin kulkuväylille kuin työkohteisiin. Työmaalle on varattava riittävä kalusto, jonka avulla pystytään estämään tai poistamaan lumesta ja jäästä aiheutuvat haitat.

Lumen ja jään poisto suoritetaan yleensä mekaanisilla menetelmillä niiden edullisuuden vuoksi. Lunta voidaan poistaa mekaanisesti harjaamalla, lapioimalla, hakkaamalla, kolaamalla tai auraamalla. Vaihtoehtoisesti lunta voidaan poistaa myös lämmittämällä esimerkiksi höyryllä tai lämpöpuhaltimilla. Käytettäessä lämmittimiä on kuitenkin huomioitava jään sulamisen seurauksena syntyvän veden haitat. Yleensä vesi valuu läheisiin rakenteisiin tai maanpintaan jäätyen siihen. On siis huomioitava, ettei veden valumisesta ja uudelleen jäätymisestä seuraa haittaa rakentamiselle.

5.1.3 Säasuojat

Lumen ja jäätymisen estäminen tai haittojen minimointi on mahdollista toteuttaa käyttäen säasuojia tai peitteitä. Suojauksen etuina on töiden nopeampi jatkuminen lumisateen jälkeen. Suojauksen tarpeellisuutta voidaan arvioida seuraamalla säätiedotuksia ja ennusteita. Säasuojia voidaan käyttää myös kylmän ilman eristämiseen kohteesta. Käytettäessä säasuojaa eristeenä, voidaan säasuojan sisäpuolelle jäävän ilman lämmittämiseen tarvittaessa käyttää lämmittimiä. Tällä tavoin voidaan tarpeen mukaan varmistaa töiden tekeminen niille suotuisissa olosuhteissa. [6, s. 22 - 29]

5.1.4 Maan pitäminen lämpimänä

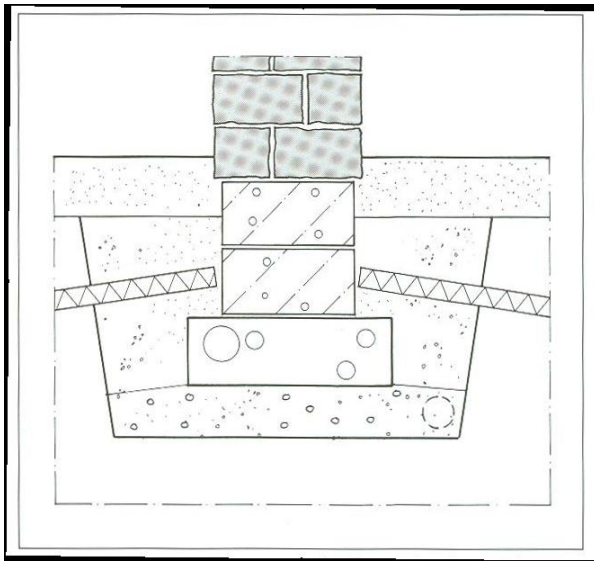
Maan lämpimänä pitäminen on yleensä halvempaa kuin maan sulattaminen. On kuitenkin syytä huomioida työskentelyalueen laajuus. Suurien pinta-alojen lämpimänä pitäminen on kallista. Hyvällä suunnittelulla voidaan olennaisesti vaikuttaa maan lämmittämisen kustannuksiin. Maan voidaan pitää lämpimänä usealla eri tavalla. Pienemmät alueet voidaan suojata eristyksellä, jolloin maan jäätyminen hidastuu. Suurempien alueiden lämmitykseen soveltuvat erilaisten peitteiden ja lämmitysmuotojen yhdistäminen. Maata voidaan lämmittää höyrytimillä, säteilijöillä, puhaltimilla tai lankalämmityksellä. Lankalämmityksen mahdollinen toteutustapa on esitetty kuvassa 7.

Suuria pinta-aloja lämmitettäessä on tehokasta käyttää suojapeitettä ja teholtaan suuria lämmittimiä. Pienempien kohteiden lämmittäminen on viisasta suorittaa routamatoilla. [6, s. 28 - 29]

5.2 Perustustyöt

Perustuksia ei tule tehdä jäätyneen maan varaan. Mikäli muurien perustukset valetaan kalliota vasten, on betonin ja kallion välisen pinnan lujuudenkehitys varmistettava. Perustuksien alla olevan maan routivuus on selvitettävä ja huomioitava. Perustuksien alle jäänyt maa-aines ei saa olla päässyt routimaan. Maan routimisenesto voidaan hoitaa suojaamalla kaivanto tai kaivamalla vain samana päivänä valettavan etenemän verran. Perustuksien perustamistapa on esitetty kuvassa 8.

Kuvassa perustus on valettu routimattoman kerroksen päälle. Kaivannossa olevan maan jäätyminen voidaan estää mineraalivillalla parhaimmillaan jopa kahden viikon ajan. Kaivanto tulee peittää heti auki kaivun jälkeen. Tällöin maahan varautunut lämpö pitää sen sulana. Mikäli maan sulanapitoaika on pitkä, tulee maata lämmittää. Lämmittämiseen voidaan käyttää samaa kalustoa kuin sulattamiseen. Routaantumisen estäminen on yleensä halvempi vaihtoehto kuin maan sulattaminen. Roudan syvyyden ollessa 1,5 metriä voi sulattaminen kestää jopa viikkoja. Maan sulatukseen on mahdollista käyttää routamattoja, kuumailmapuhaltimia, höyryä, infrapunäsäteilijöitä ja lämmityslankoja. Sulatuksessa on hyvä huomioida, että sulatettava alue on vähintään puoli metriä yli perustuksen leveyden. [6, s. 30]

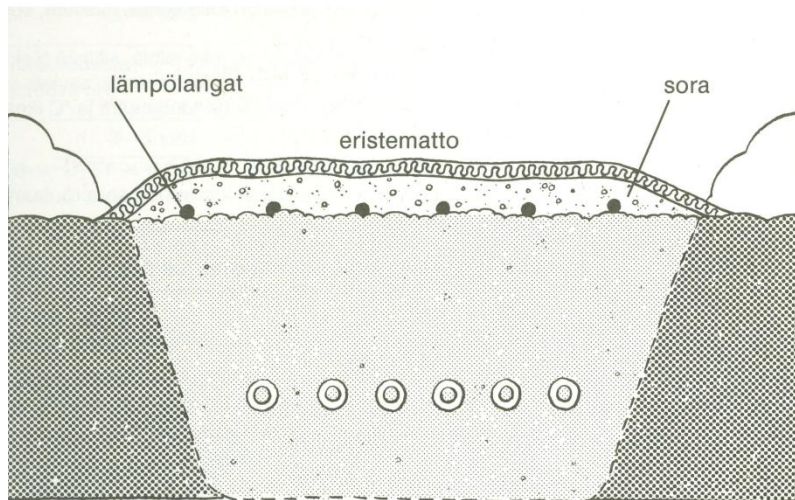


Kuva 8: Perustuksen perustamisen periaatekuva [7, s.157]

5.2.1 Maan pitäminen lämpimänä

Maan pitäminen lämpimänä voidaan toteuttaa usealla tavalla. Höyryä käytettäessä höyry puhalletaan pilleillä suoraan maahan tai aikaisemmin asennettujen suojapeitteiden alle. Kun käytetään kuumaa ilmaa lämmittämiseen, se tapahtuu tavallisilla lämmittimillä tai maan sulatukseen tarkoitetuilla routasulattimilla. Sulatettava alue tulee peittää suojapeitteellä, joka jätetään muutaman sentin irti maasta. Kuumailmapuhaltimet sijoitetaan lämmitettävän alueen toiseen reunaan ja peitteen toiseen päähän jätetään pieniä aukkoja, jotta ilma pääsee kiertämään peitteiden alla. Infrapunasäteilylämmitys soveltuu sääsuojalla suojattuun kohteeseen. Samalla säteilylämmitin lämmittää työkohdetta. Säteilijät asennetaan suojan kattoon.

Sähkövastuslämmityksessä maa lämmitetään joko routamatolla tai lankalämmityksellä. Kuvassa 9 on esitetty periaate lämmityslangalla sulatettavasta maasta. Routamattojen alta on poistettava lumi, jää sekä eristeenä toimivat materiaalit. Mattojen liepeiden tulee olla tiiviisti maata vasten. Lämmityslankasilmukat asennetaan maan pinnalle ja ne peitetään noin 10 cm paksuisella hiekkakerroksella sekä suojapeitteellä tai eristematolla. Lämmityslankasilmukoiden käyttäminen alle 20 m²:n alueilla ei ole taloudellisesti kannattavaa. Lämmityslankoja käytettäessä on varmistettava kyseisen mallin soveltuminen maan lämpimänäpitoon. Höyryä ja kuumavesiletkuja on mahdollista käyttää lämmityslankojen tapaan. [6, s 30 - 31]



Kuva 9: Maan lämmittäminen lankalämmityksellä [6, s. 31]

5.2.2 Vähissä erissä kaivaminen

Maan kaivamisella pienissä erissä voidaan estää maan jäätyminen ennen betonoinnin suorittamista. Haasteena on kuitenkin valettavan perustan laajuuden huomioiminen ja eri työvaiheiden yhtensovittaminen. Mikäli anturaa ei ehditä valamaan samana päivänä, on kaivanto suojattava jäätymiseltä ja lumelta. [6, s. 31]

5.2.3 Paikallavaluanturat pakkasella

Anturat tulee valaa viivytyksettä. Työ on ennakkovalmisteltava. Ennakkoon voidaan esimerkiksi tehdä laudoituksen valmistelut, teräsosat ja lankalämmityksen silmukat. Talvella valaessa betonin vesi-sementtisuhteen tulee olla pieni jäätymisten estämiseksi. Suurin sallittu raekoon halkaisija on 32 mm ja notkeusluokka on 3 - 5 sVB. Betonoinnin jälkeen lämpötilan tulee olla +15 - +20 °C. Mikäli käytetään kuumabetonia on ohjeellinen lämpötila + 45 °C, mutta perustuksen pienimmän mitan ollessa 0,4 - 1 metrin mittainen ohjeellinen lämpötila on 35 °C. [6, s 32 - 33]

5.2.4 Betonin lämmitys ja suojaaminen

Valu tulee aina suojata. Valun suojaus voidaan toteuttaa peitteellä. Tarpeen mukainen lisäsuojaus on mahdollista tehdä mineraalivillamatoilla tai solumuovieristettä apuna käyttäen. Suojapeitteillä estetään tuulen pääsy suojauksen alle ja näin varmistetaan lämpösuojauksen toimivuus.

Betonin lämmitystä suunniteltaessa on selvitettävä muottien purkulujuus ja rakenteen nimellislujuus. Yleensä anturamuottien purkulujuus on sama kuin niiden jäätymislujuus

eli 5 MN/m^2 . Mikäli antura on hyvin suojattu ja sen alla on routasuojaus, riittää betonin oma lämmönkehitys yleensä jäätymislujuuden saavuttamiseen. Lämpötilan laskiessa pakkasen puolelle, on muotti suojattava vähintään 30 mm paksulla mineraalivillamatolla. Anturaa valettaessa on varmistettava rajapintojen lujuuskehitys. Helpoin tapa lämmittää anturan pohja on käyttää sähkölankalämmitystä.

Vaihtoehtoisina ratkaisuina voidaan käyttää kuumailmalämmitystä, säteilylämmitystä tai kuumabetonia. Mikäli betonointiin käytetään kuumabetonia, niin yleensä jäätymislujuus saavutetaan jo ensimmäisen vuorokauden aikana. Kuumabetonia käytettäessä on kylmän ilman ja tuulen pääseminen muottiin estettävä. [6, s 33 - 34]

5.2.5 Anturan betonointi

Ennen betonoinnin alkamista on tarkistettava käytettävän kaluston toimivuus ja tarvittava muotin suojauskalusto tuotava valmiiksi kohteelle. Muotti on puhdistettava lumesta ja jäädystä. Betonin saapuessa kohteeseen on valu suoritettava viiveettä, niin ettei betonin lämpötila pääse turhaan laskemaan. Betonointi tapahtuu kuin kesällä, mutta betonoinnin vaiheet tulisi suorittaa tehokkaasti. Kun betonointi on suoritettu, tulee muotti suojata ja kytkeä lämmitys päälle. Lujuutta voidaan arvioida lämpöastevuorokausina esimerkiksi Sadgroven kaavan avulla (liite 5), tai kimmovasaralla. Lujuutta tulee ensisijaisesti seurata lämpötilamittausten perusteella. Mittapisteitä tulee olla ainakin valun rajapinnoilla. [6, s 34 - 35]

5.2.6 Routasuojaus rakentamisen aikana

Mikäli maa on routivaa, on perustukset suojattava huolellisesti. Valussa käytetyt muotit tulee purkaa heti, kun purkamislujuus on saavutettu. Perustukset tulee peittää seuraavan työvaiheen tasoon.

Routaeristys

Anturan alapinnan ollessa alle metrin syvyydessä on antura suojattava heti routimiselta. Mikäli anturan alapinta on syvemmällä, tulee routasuojauksen tarpeellisuutta harkita. Rakennusaikainen routasuojaus on suojattava kuormituksilta. Lisäksi routasuojauksen tulee olla ehjä sekä peittää riittävän suuri alue. Eristeet eivät saa jäätymä maahan kiinni ja niiden käsittelyyn on syytä kiinnittää huomiota.

Routasuojaus lämmittämällä

Mikäli routa on päässyt perustamissyvyYTEEN, on perustuksia lämmitettävä. Lämmittämisen on oltava niin tehokasta, että sitä ei tarvitse jatkuvasti uusida. Ennen lämmityksen alkua on poistettava lumi ja rakennusaikainen routaeristys. Lämmitys tapahtuu puolen metrin etäisyydeltä perustuksesta. Kun maa on saatu sulatettua, tulee alueen routa eristää. Roudan etenemistä on mahdollista seurata pakkaslukemista sekä maan lämpötilan ja roudan syvyyden muutoksista. Maan lämpötilaa tulee seurata perustuksen alalaidasta. Mittauspisteet tulisi sijoittaa paikkoihin, joissa roudan oletetaan ensimmäisenä saavuttavan perustan. Roudan syvyyttä voidaan mitata routaputkella. [6, s. 37 - 38]

5.3 Talvivalu

Talviolosuhteissa taloudellisin vaihtoehto on nopea muottikierto. Muottikierron nopeuttaminen edellyttää betonin kovettumislämpötilan nostoa. Yleensä käytetään yhden tai kolmen päivän muottikiertoa. Mikäli halutaan käyttää yhden päivän muottikiertoa, on kovettumislämpötilana yleensä käytettävä +40 - +50 °C ja lämpötilaa on pidettävä yllä noin 12 tuntia. Tämän seurauksena betonin lujuusluokkaa korotetaan kahdella lujuusluokalla. Kolmen vuorokauden muottikierto yleensä saavutetaan pitämällä keskilämpötila yli + 20 °C, jolloin lujuusluokkaa korotetaan yhdellä lujuusluokalla tai käytetään nopeasti kovettuvaa betonia. [6, s. 40]

5.3.1 Betonin lämmityksen ja lämpökäsittelyn mitoitus

Betoni katsotaan lämpökäsittelyksi, jos betonimassan lämpötila betonoitaessa on yli +40 °C tai lämpötilan nousu kovettumisen aikana on yli +25 °C tai lämpötila on kovettumisvaiheen aikana yli +50 °C.

Lämpökäsittelyä käytettäessä lämpötilan tulee olla korkeintaan +60 °C. Lämpötilan ja lämpötilan nousunopeuden tulisi olla hidas (alle 10 °C/h). Betonin on oltava nopeasti kovettuvaa ja omata matala vesi-sementtisuhte. Lujuuskadon vuoksi on käytettävä korkeamman lujuusluokan betonia. [6, s. 40]

5.3.2 Betonin lämmitys vastuslankamenetelmällä

Mitoitukseen tarvittavina lähtötietoina käytetään halutulle ajankohdalle ominaista ilmaston lämpötilaa. Lähtötietona käytettävää lämpötilaa on keväällä ja syksyllä

pudotettava vielä 10 °C riittävän varmuuden saamiseksi. Massan lämpötilana käytetään 5 °C matalampaa lämpötilaa, kuin betonoinnin aikainen lämpötila on. Langan tehoksi määritetään enintään 100W/m. Lämpötilan nousu ei saa olla kuin 5 °C/h. Lisäksi on syytä huomioida tarvittava kovettumislämpötila.

Lämmityslangan määrä mitoitetaan sen tehontarpeen mukaan. Lämmityslangan tehontarpeen käyrästä ja lämmityslangan käyttöä on esitetty liitteessä 3.

Lankalämmitys voidaan kytkeä tähtikytkentään, jolloin lanka on vaiheen ja nollan välillä tai kolmiokytkentään, jolloin lämmityslanka on kytketty kahden vaiheen välille. Kytkentätapa vaikuttaa lankasilmukan pituuteen ja sen antamaan tehoon liitteen 4 esittämällä tavalla. Lämmityslangan silmukka ei saa olla liian lyhyt, sillä silloin lanka voi palaa.

Lämmityslangan tehontarpeen ja lankasilmukan pituuden perusteella lasketaan muuntajalta sopiva jännite, jota lankalämmitykseen tulee käyttää. Muuntajalta saatava suurin jännite on yleensä 24 volttia. [6, s. 41 - 44]

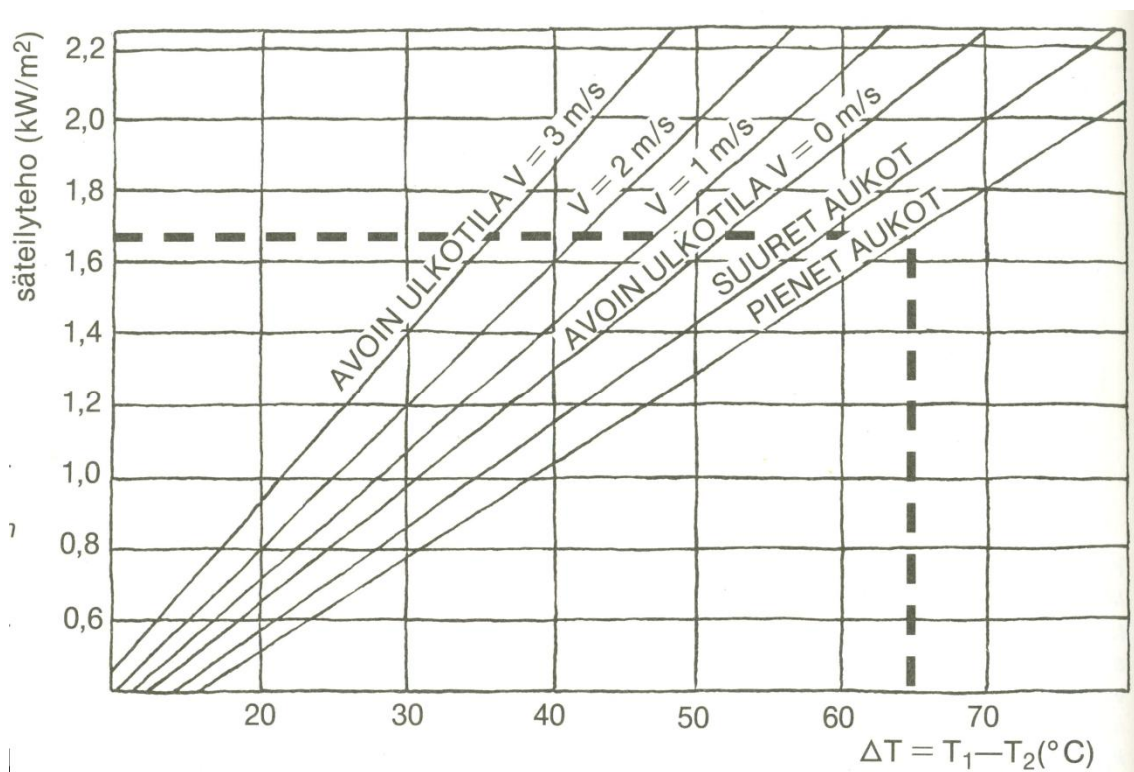
Lankalämmityksen asentaminen

Rakenteeseen tulee sijoittaa aina vähintään kaksi lämmityslankasilmukkaa. Kahdella silmukalla varmistetaan lämmityksen toimivuus. Tämän lisäksi rakenteen kylmiin kohtiin tulee laittaa yksi lisälämmityssilmukka. Lämmityslangat voidaan sitoa teräksiin tai muottiin viistoon lyötyihin nauloihin. Nauloja käytettäessä on kuitenkin pidettävä huoli, etteivät langat kosketa muotteja tulipalovaaran vuoksi. Lämmityslangat on hyvä sitoa pehmeällä sidoksella, mutta ei kuitenkaan rautalankaa käyttäen. Lankoja kiinnitettäessä on huomioitava, että langan ympärille tulee vähintään 2 cm:n kerros betonia. Kytkinlangan ja lämmityslangan liitos tulee upottaa betoniin vähintään 20 cm:n päähän toisistaan. Lämmityslankojen toiminta on varmistettava ennen betonointia. Käytännössä varmistetaan, että lämmityslangat ovat ehjiä. Tarkastaminen voidaan suorittaa sähkömittarilla. Lämmityslankojen toiminta tulee tarkistaa noin 3 tuntia betonoinnin jälkeen ja tästä eteenpäin tarvittaessa vuorokauden välein. [6, s. 47 - 48]

5.3.3 Säteilylämmitys

Säteilylämmityksen mitoittamiseen ulkolämpötiloista käytetään samaa ohjeistusta kuin lankalämmitykselle. Vanerimuotin pinnan lämpötilana käytetään keskilämpötilana 15 °C korkeampaa lämpötilaa ja teräsmuoteille suunniteltua betonin kovettumislämpötilaa. Säteilylämmitystä käytettäessä on huomioitava kyseisen tilan suojaus ja sen vaikutus säteilyn tehoon.

Näitä tietoja käyttäen voidaan kuvasta 10 lukea tarvittava säteilyteho pinta-alayksikköä kohden. Kun saatu säteilyteho jaetaan absorptiokertoimella, saadaan tarvittava bruttoteho. Absorptiokertoimina käytetään betonilla 0,92, puulla 0,85 ja sinkityllä teräksellä 0,2-0,3. Betonin lämpötilan nostaminen vaatii enemmän tehoa kuin vallitsevan lämpötilan ylläpito. Tämän seurauksena betonin lämpötilan kohottamisen aikana tehon tulisi olla 1,5-kertainen lämpötilan ylläpidon aikaiseen tehoon nähden. Saaduilla tiedoilla voidaan laskea tarvittava säteilijöiden määrä. $1,5 \cdot \text{bruttoteho}$ kerrotaan lämmitettävän alueen pinta-alalla ja näiden tulo jaetaan säteilijöiden nimellisteholla. Kun säteilijöiden määrä on saatu selville, tulee varmistaa, että säteilijät peittävät halutun alueen. [6, s. 48]



Kuva 10: Säteilytehon tarve [6, s. 48]

Säteilijöiden asennus

Säteilylämmitys ei sovellu lautamuoteille eikä eristetyille muoteille. Asennuksessa tulee huomioida seuraavaa:

Säteilijät tulee suunnata ensisijaisesti kylmiin alueisiin. Puuosat eivät saa olla liian lähellä säteilijöitä. Säteilijän ja kaasupullon etäisyydet ovat kunnossa. Liian suuri ilmanvaihto estetään, mutta kuitenkin varmistetaan säteilijöiden riittävä ilman saanti. Säteilijöillä lämmitettäessä ne on kytkettävä päälle tuntia ennen betonoinnin aloitusta. Muottien lämmittämiseen käytetään ylläpitolämpötilaa. Valun suorittamisen jälkeen peruslämpöä tulisi ylläpitää vielä noin 3 - 5 tuntia valun jälkeen. Säteilylämmitys tarvitsee valvontaa. [6, s. 49]

6 Luonnonkiven asennustekniikat

6.1 Kivijulkisivu

Julkisivun tarkoitus on viimeistellä rakennuksen ulkonäkö ja suojata seinärakennetta säärasituksilta. Yleensä kivilaatat kannatetaan joko suoraan mekaanisilla kiinnikkeillä tai sekundäärirunkojen avulla. Kivilaattojen saumauksessa tulee ottaa huomioon kiinnikkeiden tarvitsema tila sekä kivien toleranssit ja muodonmuutokset. Luonnonkiveä käytettäessä on huolehdittava riittävästä tuuletuksesta. Julkisivuverhoukseen kohdistuvia rasituksia ovat ilmastorasitukset, muut ulkoiset rasitukset ja rakenteen sisäiset rasitukset.

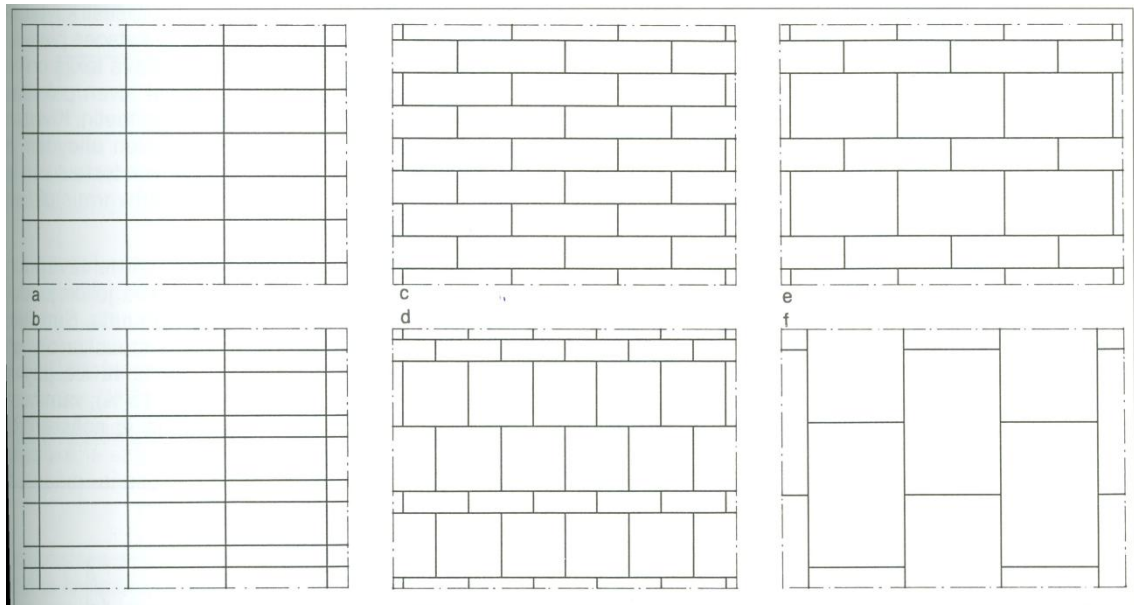
Ulkoisia rasituksia tuovat tuulikuormat ja kiven omapaino sekä liikenteestä aiheutuvat tärinät ja törmäykset. Ilmastorasitukset ovat luonnontuomia sekä ihmisten toimista johtuvia rasituksia. Ilmasto rasittaa kiviä myös kosteudella, sateella, lämpötilanvaihteluilla ja auringon ultraviolettisäteilyllä. [7, s. 55-57]

6.1.1 Kivityyppi ja pintakäsittely

Kiven ulkonäön ja tasalaatuisuuden merkitys kasvaa isommilla pystysuorilla pinoilla. Tärkeintä on, ettei kiven ulkonäkö muutu ilmaston vaikutuksesta, eikä kiven lujuus ja verhouksen rakenteellinen varmuus heikkene käyttöolosuhteissa. Nykyisin julkisivuissa käytetään eniten graniittia ja muita syväkiviä. Näiden kivien fysikaaliset ominaisuudet sekä säänkestävyys ovat hyvin julkisivuihin soveltuvia. Oikealla pintakäsittelyllä voidaan vaikuttaa kiven tekstuuriin näkyvyyteen ja sen säilyvyyteen. [7, s. 58]

6.1.2 Kivilaattakoko ja limitys

Alun perin luonnonkivijulkisivuissa käytettiin muurattuja harkkorakenteita, kun taas nykyisin suositaan kivilaattaverhousta. Julkisivuissa käytetään nykyisinkin yleensä harkkomaista limitystä. Yleisimpiä julkisivun limityskuvioita on esitetty kuvassa 10. Julkisivuihin voidaan valita käytettävän kiven koko suhteellisen vapaasti. Kiven valinnassa on kuitenkin syytä huomioida tuotannon erikoispiirteet, siirto- ja käsittelykustannukset sekä käytettävän kiinnitystekniikan asettamat vaatimukset. Taloudellisinta on käyttää pinta-alaltaan 0,5 - 1 m²:n kokoisia kivilaattoja. Yleisimmin käytettävien kivilaattojen paksuus vaihtelee välillä 30 - 50 mm. Kivilaattojen paksuuden valintaan vaikuttaa siihen kohdistuvat rasitukset. Rasituksista paksuuden kannalta merkittävimpinä voidaan pitää kiven taivutusvetolujuutta. Vetorasitukset kohdistuvat suurimmillaan kiven kiinnityskohtiin kuormien vaikutuksesta. [7,s. 59-60]



Kuva 11: Tyypillisiä julkisivun limityskuvioita [7, s 59]

6.1.3 Mittatarkkuus

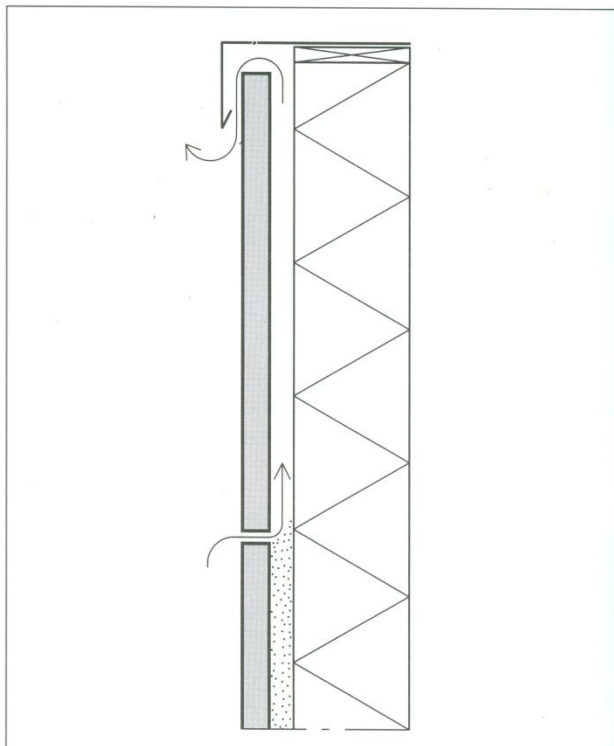
Aikaisemmin on käytetty enemmän muurattuja massiivikivimuureja. Niille annettu mittatarkkuus on ollut suhteellisen vaatimatonta. Nykyisin voidaan käyttää mittakalibroituja kiviä, joiden tarkkuus on jopa $\pm 0,5$ mm. Käytännössä mittatarkkuuden määrittää suunnittelija. Suunnittelijan valitsemiin mittatoleransseihin vaikuttavat käytettävän kiven valmistuksen mittatarkkuudet ja työn tarkkuuden vaatimukset. Yleisesti kiven mittatarkkuudet ovat luokkaa ± 2 mm, sauman ± 3 mm ja

vierekkäisten kiven hammastus 2 mm. Kivilaatan mittatarkkuuteen vaikuttaa saumaus ja se, jääkö kyseinen reuna näkyviin. [7,s. 62-63]

6.1.4 Julkisivun rakenteelliset näkökohdat

Tuuletus

Tiivispintainen luonnonkivillä verhottu ulkoseinärakenne tulee tuulettaa. Yleensä tuuletus tapahtuu kivipinnan taakse sijoitetulla tuuletusvälillä. Suositeltava tuuletusvälin leveys on 30 mm. Tuuletusvälin tehtävänä on poistaa kosteutta. Tuuletus ja sen toiminnan periaate on esitetty kuvassa 11. [7, s. 65-67]

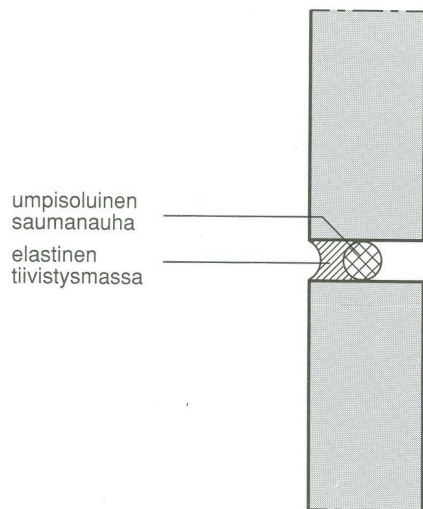


Kuva 12: Luonnonkivi julkisivun tuuletuksen periaate [7, s. 66]

Saumojen toiminta

Julkisivun tiiveys varmistetaan saumaamalla. Saumaus estää sadeveden ja lumen pääsyn seinärakenteeseen. Muuratuissa rakenteissa saumoihin voidaan käyttää kovettuvia kalkki- ja sementtipohjaisia laasteja. Tuuletetuissa rakenteissa saumaus toteutetaan elastisella sauma-aineella. Tuuletetuissa rakenteissa saumat toimivat liikuntasaumoina. Saumojen suositeltava koko on kiinnike + 5 mm. Silloin saumat huomioivat mahdolliset mittapoikkeamat ja työ voidaan toteuttaa valittujen

toleranssien mukaan. Suositeltavana saumaleveyden toleranssina voidaan pitää ± 3 mm. Tyypillinen kivilaattaverhouksen saumadetalji on esitetty kuvassa 12 [7, s. 67-68]



Kuva 13: Tyypillinen kiviverhouksen saumadetalji [7, s.68]

Muodonmuutokset

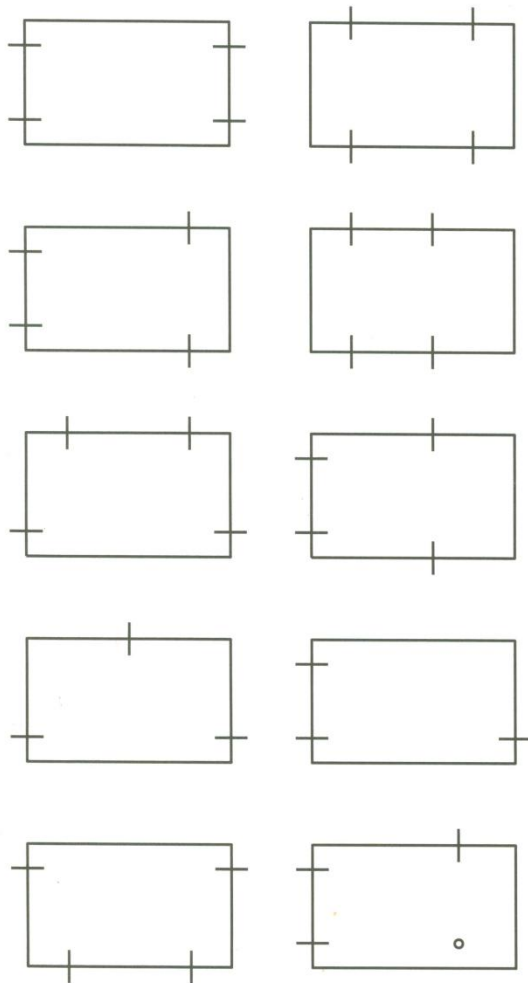
Rakennuksen rungon ja verhouksen välillä tapahtuu muodonmuutoksia ja siirtymiä. Muodonmuutokset sekä siirtymät johtuvat lämpötilamuutoksista, kosteudesta tai rakenteiden siirtymisestä. Kiviverhoukset suunnitellaan kestäväksi nämä muutokset. Suurimmillaan lämpötilaeroista johtuvat pituuden muutokset voivat olla 10 m pitkällä seinällä jopa 10 mm. Mikäli kyseisiä muutoksia ei oteta suunniteltaessa huomioon, voivat näistä tekijöistä johtuvat kuormitukset pahimmillaan johtaa jopa kiven putoamiseen tai koko verhouksen purkamiseen. [7, s. 65 - 69]

6.1.5 Kiinnitystekniikat

Luonnonkiviä käytettäessä verhouksen tyyli vaihtelee, kuten on aikaisemmin esitetty kuvassa 7 sivulla 22. Verhouksen vaihtelevuudesta johtuen ei kiinnitystapaa voida aina pitää samanlaisena.

Perinteinen julkisivuverhous

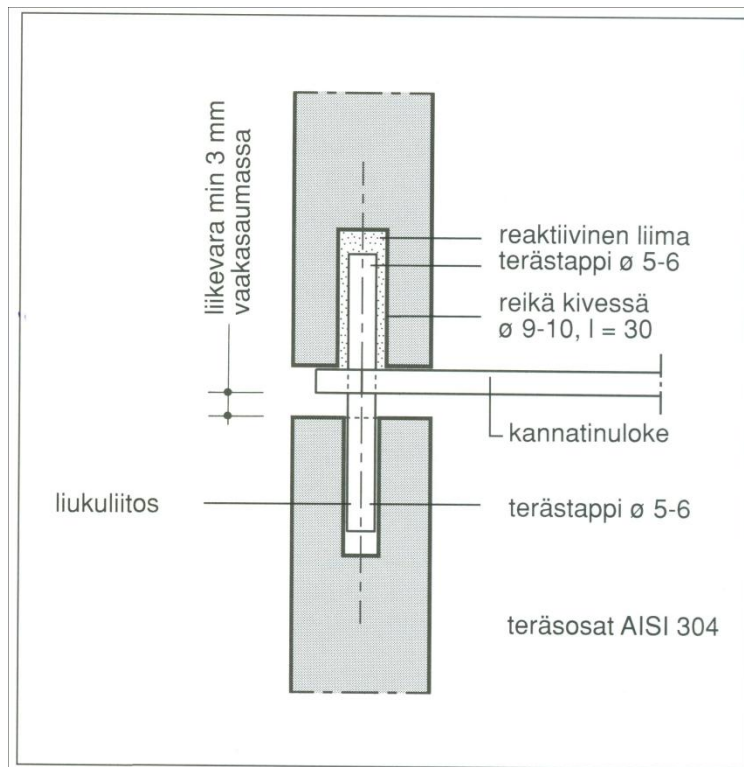
Perinteisesti julkisivun luonnonkivilaatat kiinnitetään kiinnikkeillä pysty- tai vaakasaumoista. Normaalisti pääkiinnitystyyliksi valitaan jompikumpi saumalinja. Kiinnikkeiden näkyvyys pyritään yleensä estämään, sillä näkyviin jäävät kiinnikkeet vaikuttavat esteettisyyteen. Tämä käytännössä tarkoittaa, ettei kiinnikkeitä tulisi sijoittaa näkyviin jäävään reunaan. Kiinnityspisteitä on yhtä kiveä kohti yleensä neljä. Kiinnikkeet tulee sijoittaa symmetrisesti laatan keskilinjojen suhteen. Kiinnitysten



mahdollisia sijainteja on esitetty kuvassa 13. Kiinnityspisteiden tulee olla vähintään 70 mm etäisyydellä reunasta, jolloin estetään reunan halkeaminen ja varmistetaan kiven kestäminen rasituksia vastaan.

Kiinnitettävään kivilaattaan porataan reikä, johon kiinnitystappi asennetaan. Kiinnitystapin tulee kiinnittyä kahteen kiveen sauman yli. Toinen tappia vasten tulevista rei'istä tehdään tapin levyiseksi. Vastakkainen reikä seuraavaksi asennettavassa kivilaatassa porataan 4 - 5 mm käytettävää tappia suuremmaksi. 4 - 5 mm leveämpi reikä täytetään asennuksen yhteydessä kaksikomponenttiliimalla. Kiven kannatuksen periaate on esitetty kuvassa 15. [7,s. 69 - 70]

Kuva 14: Kivilaatan reunakiinnityksen vaihtoehtoja [7, s. 70]



Kuva 15: Tappiliitoksen periaate kuva [7, s. 71]

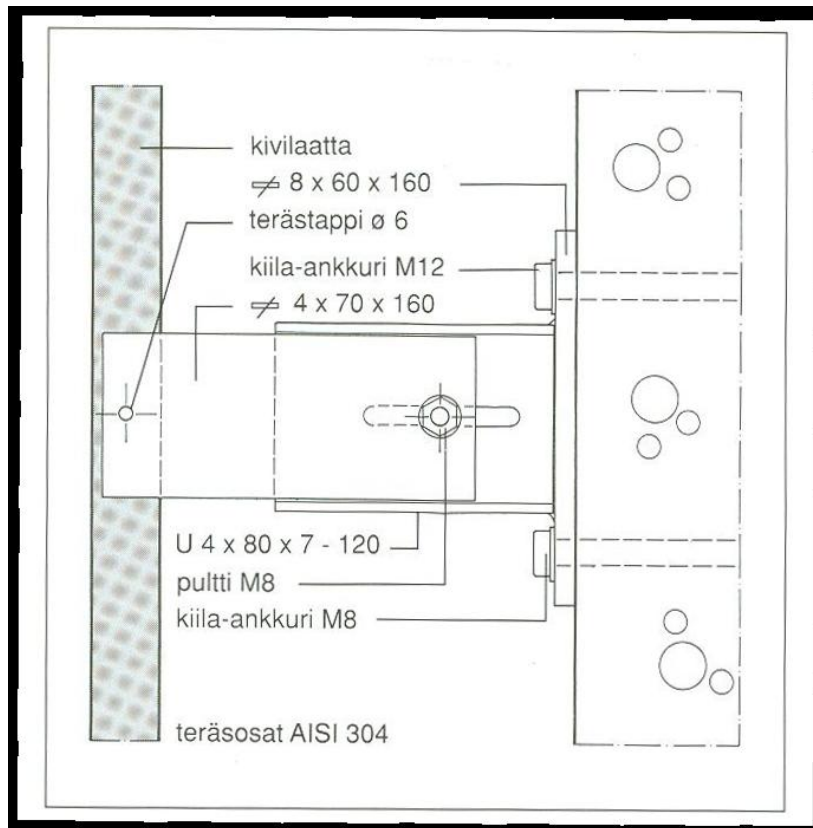
Runkokiinnitys

Kiven kannattamiseen käytettävän kannatinulokkeen kiinnittäminen runkoon tapahtuu yleensä jälkikiinnityksenä. Kiinnitettävänä runkona toimii yleensä betoni. Betoniin kiinnitettävien kannatinkiinnikkeiden kiinnittämiseen käytetään yleensä mekaanisia kiila- tai lyöntiankkureita. Tapauskohtaisesti on mahdollista käyttää myös valuun asennettavia kiinnikeulokkeita, joihin kiinnikeuloke hitsataan kiinni.

Kiviverhouksen toleranssit

Luonnonkivijulkisivun toleranssit ovat merkittävästi tarkemmat kuin rakennuksen rungon toleranssit. Käytännössä tämä tarkoittaa, että käytettävän kiinnitystyylin säädettävyyden on oltava riittävän hyvä. Kiinnitysolosuhteet ja tarvittava säädettävyys vaihtelevat kohteesta riippuen. Säädettävyys kiinnikkeissä on mahdollista toteuttaa useammalla ratkaisulla. Kuvassa 16 on esitetty mekaanisesti säädettävä kiinnike. Yleisemmin etäisyys säädetään käyttämällä niin sanottuja ylipitkiä kiinnikkeitä. Näihin kiinnikkeisiin porataan useampi reikä kiinnitystapille vakioetäisyydelle toisistaan. Sitten

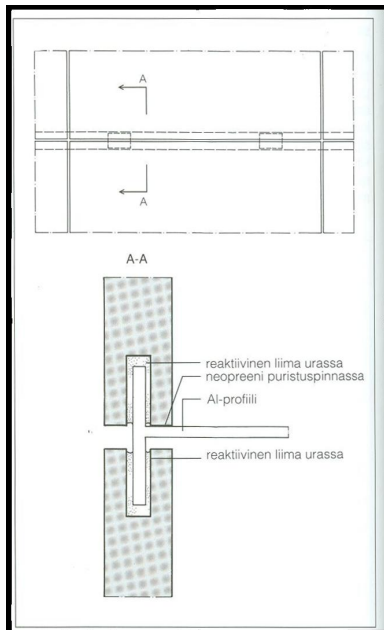
kiinnike katkaistaan tarvittavan etäisyyden mukaan ja kivi kiinnitetään oikealla etäisyydellä olevasta reiästä. Näin varmistetaan kiven sopiva etäisyys. [7.s73]



Kuva 16: Mekaanisesti säädettävä kiinnike [7, s. 74]

Vaihtoehtoiset kiinnitystavat

Vaihtoehtoisia kiinnitystapoja ovat reunaurakiinnitys, joka on esitetty kuvassa 17. Reunaurakiinnityksessä kivilaatan vaakareunaan sahataan läpimenevä ura tai paikallinen tasku, mihin kiinnike sijoitetaan. Yleisemmin reunaurakiinnitystä käytetään kuitenkin itsekantavissa rakenteissa. Lisäksi kuvassa 18 on esitetty taustakiinnitys, joka kuitenkin on työmaolosuhteissa hankala käyttää, sillä kiinnike jää kokonaan kiven taakse piiloon. [7, s. 73-76]



Kuva 17: Urakiinnityksen periaate [7, s. 74]



Kuva 18: Kiven taustakiinnityksen periaate [7, s. 75]

Kiinnikemateriaalin valinta

Käytettävät kiinnikkeet joutuvat alttiiksi ankarille ilmasto-olosuhteille. Rasittavimmat ilmasto-olosuhteet ovat meren läheisyydessä, jossa kiinnikkeisiin voi kulkeutua korroosiota kiihdyttäviä suoloja. Yleisimmin kiinnikkeet valmistetaan ruostumattomasta teräksestä (AISI 304) tai vaativissa olosuhteissa haponkestävästä teräksestä (AISI 316). Kiinnikkeiden materiaalin soveltuminen kohteeseen on aina varmistettava. [7, s. 76]

6.1.6 Kiviverhouksen asennus työmaalla

Vallitseva kiinnitystapa on työmaalla tapahtuva paikalla rakentaminen. Kivien kiinnitykseen käytetään yleensä perinteistä asennustapaa. Käytännössä paikalla rakentaessa kivilaatat kiinnitetään yksitellen paikoilleen. Paikalla asentaminen on työvaltaista ja siten saavutukset ovat riippuvaisia kiinnitysmenetelmästä ja olosuhteista. Asennustyöllä on ratkaiseva merkitys julkisivun laatuun. [7, s. 76 - 79]

6.2 Ulkotilojen luonnonkivirakenteet

Kiveä arvostetaan ulkotilojen rakennusmateriaalina sen lujuuden, kestävyuden sekä ulkonäön takia. Ulkotiloissa kivirakenteet ovat tyypillisesti rakennusten ympäristöön kuuluvia rakenteita, kaupunkien ja taajamien ympäristörakenteita, liikennealueiden rakenteita ja maastorakenteita. Yleisimpiä käyttökohteita ovat eri alueiden taso- ja reunakivetykset, ulkoportaat ja aita- sekä muurirakenteet. Yleisimmin ulkotiloissa käytetään graniitista muotoiltuja luonnonkiviä.

Ulkotiloihin pyritään käyttämään paksuja ja massiivisia kivituoitteita. Nykyisin kuitenkin merkittävä osa rakenteista rakennetaan betonirungolla, joka sitten verhoillaan luonnonkivellä. Yleensä pintakäsittelynä käytetään lohkopintaisia, hakattuja tai ristipäähakattuja kivituoitteita.

Luonnonkivipäälystettä tai -verhusta käytettäessä on huomioitava siihen kohdistuvat kuormat ja sääolosuhteiden vaikutukset rakenteeseen. Suunnittelijan on huomioitava myös maaperän ominaisuudet ja sääolosuhteiden vaikutukset maaperään. [7, s. 135 - 136]

6.2.1 Kivirakenteiden rasitukset ja laatuvaatimukset

Näyttävyyden lisäksi ulkorakenteilta odotetaan pitkää käyttöikää. Täten ulkotilojen rakenteiden tulee kestää niihin kohdistuvat fysikaaliset ja kemialliset rasitukset. Rakenteiden tulee kestää niille asetetut vaatimukset. Ulkotilojen kivipäälystykset toimivat kuormia siirtävinä rakenteina. Kivipäälyste siirtää kuormat alusrakenteille. Tasojen ja muiden maastorakenteiden kivilaattapäälysteessä kivilaatta toimii kuormituksen alaisena taivutettuna. Kivilaatan mitoituksen määräävät sen alapintaan kohdistuvat taivutusvetojännitykset sekä sementillä sidottuun kiinnityskerrokseen syntyvät vetojännitykset.

Muiden rakenteiden kuormituksina toimivat lähinnä omapaino, maanpaine sekä vedenpaine. Muurirakenteet ovat yleensä itsekantavia, eikä niihin kohdistu muiden rakenteiden kuormituksia. Tukimuureissa taas on huomioitava maanpaine ja veden kanssa tekemisissä olevissa rakenteissa on huomioitava vedenpaine. Yleensä kuormitusten kasvaessa tehdään betonirunko vastaanottamaan kuormitukset ja runko vain verhoillaan luonnonkivillä. Rantarakenteisiin kohdistuu lisäksi jääkuormia. Muut kivirakenteisiin kohdistuvat rasitukset ovat lähinnä ilmastorasituksia sekä luonnollisesta ja inhimillisestä toiminnasta johtuvia rasituksia. Näistä rasituksista merkittävimpiä ovat sade, lämpötilanvaihtelut, pakkanen, liikenteen aiheuttamat rasitukset, liikennesuola, muu lika ja auringon UV-säteily.

Päällysrakenteita mitoitettaessa on huomioitava alusrakenteen ominaisuudet, joista tärkeimmät ovat kantavuus ja routivuus. Luonnonkiven käyttäminen päällysteenä ei estä pohjamaan routimista. Tästä seurauksena rakenteiden alapuoliset kantavat kerrokset tulee aina rakentaa routimattomista maalajeista. Tasopinnoilla on huomioitava, että routaantumista korostaa lumen auraus ja lumen poistaminen pinnoilta.

Routavauriot eivät näy vielä talvella, vaan ne ilmenevät vasta jään sulaessa vedeksi. Tyypillisimmät routavauriot ovat kantavuuden heikkeneminen ja rautanousut. Routavaurioita voidaan torjua käyttämällä routimattomia maa-aineksia, routimattomien kerroksien paksuuden kasvattamisella ja käyttämällä lämpöeristyksiä. [7,s. 136 - 138]

6.2.2 Kivityypin ja pintakäsittelyn valinta

Käytettävän kivityypin ja siihen käytettävän pintakäsittelyn päättää suunnittelija. Yleisimmin ulkotiloissa käytettyjen kivien pintakäsittelyt ovat karkeita. Usein käytettyjä pintakäsittelyitä ovat lohkopinta, karkeahakattu (lähinnä reunakivissä), ristipäähakattu ja poltettu kivipinta. Parhaiten ulkokäytössä kiviin kohdistuvia rasituksia kestävät graniitit ja muut syväkivet. Myös vuolukivet kestävät hyvin rasitusta, mutta eivät kuitenkaan sovi ajoratojen päällystyksiin. Liuskekiviä käytetään yleensä pihojen ja portaiden päällystykseseen. [7, s. 138]

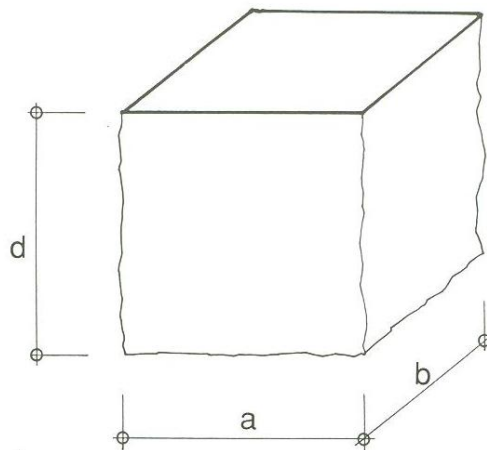
6.2.3 Tasokivetykset

Luonnonkivipäälysteet sopivat katujen ja torien päällysteiksi, luiskaverhouksiin sekä torialueiden, puistojen ja piha-alueiden päällysteiksi. Luonnonkivien työstömenetelmien kehittyessä on luonnonkivituotteiden hinta laskenut ja täten käytettävyys parantunut. Luonnonkivien etuina ovat hyvä kuormien kestävyys, kulutuskestävyys sekä se, että kivi ei juurikaan deformoidu. Päällyste on helppo korjata ja se kestää hyvin saasteita. [7, s. 139]

Luonnonkivisten tasokiveystarvikkeiden tuoteryhmiä on esitetty seuraavassa

Noppakivet

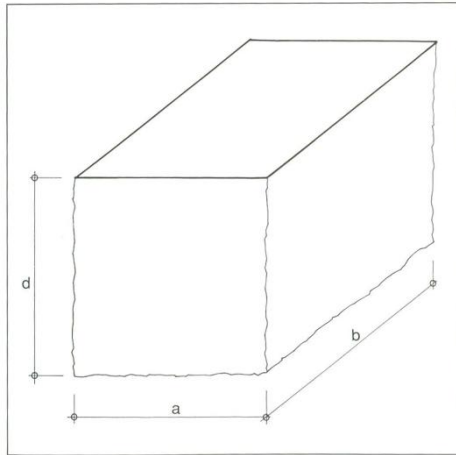
Noppakivi on tasasivuinen ja kuution muotoinen kivituoite. Noppakiven ulkonäkö on esitetty kuvassa 19. Nykyisin noppakiviä valmistetaan useampia eri kokoja. Noppakiven tulee olla graniittia tai laadultaan yhtä hyvää kiveä. Pintakäsittelynä voidaan käyttää polttoa, ristipähakkausta, hiomista tai sahausta. [7, s. 139 - 140]



Kuva 19: Noppakivi [7, s. 139]

Nupukivet (katukivet)

Nupukivi on suorakulmainen kivituoite. Nupukiven tulee olla suorakulmainen ja sen kulmien on oltava ehjät. Nupukiven mitat on esitetty kuvassa 20. Nykyisin nupukiviä voidaan valmistaa matalimpina sekä pitempinä malleina. Nupukiven pintakäsittelynä voidaan käyttää lohkottua, karkeahakattua, poltettua ja ristipäähakattua pintaa. [7, s. 140 - 141]



Kuva 20: Nupukivi [7, s.140]

Kuvassa esiintyvät mitat:

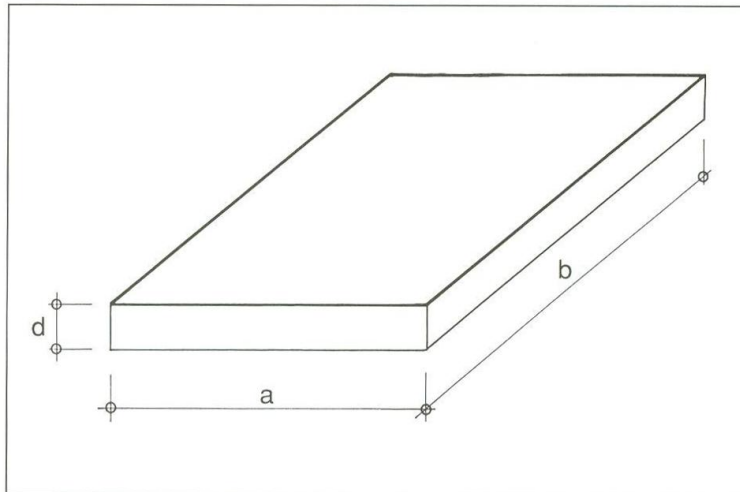
$$a = 140 \pm 10 \text{ mm}$$

$$b = 250 \pm 50 \text{ mm}$$

$$c = 140 \pm 10 \text{ mm tai } 170 \pm 10 \text{ mm}$$

Katulaatat

Katulaattoja, kuvassa 21, käytetään yleensä tasopäällysteissä. Pääsääntöisesti katulaattojen kaikki sivut ovat sahattuja ja suoria. Yleisimmin katulaattojen pintakäsittelynä käytetään polttoa tai ristipäähakkausta. Katulaatan mittoja on esitetty taulukossa 1. [7, s. 141 - 142]



Kuva 21: Katulaatta [7, s. 141]

Taulukko 1: Katulaattojen mittoja [7, s. 141]

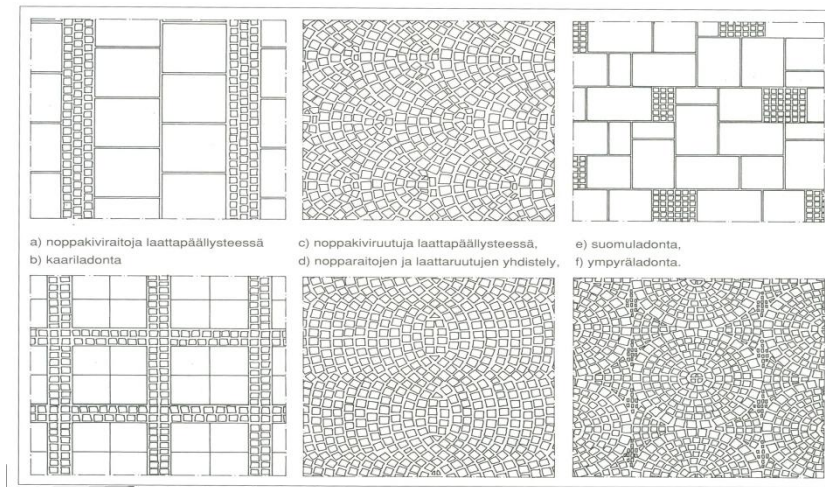
Laatan koko (mm)	Kiven taivutusvetolujuus, (N/mm ²) (DIN 52112)							
	6	8	10	12	14	16	18	20
	Kivilaatan paksuus (mm)							
300x300	60	55	50	45	40	40	35	35
400x400	70	65	55	55	50	45	45	40
500x500	80	70	60	55	55	50	50	45
350x500	95	80	75	70	65	60	55	55
400x600	100	90	80	75	65	65	60	55
500x750	105	90	85	75	70	65	65	60

6.2.4 Ladontakuviot ja pintavesien johtaminen

Osana kivipäällysteen suunnittelua on värisuunnittelu sekä ladontakuvioiden valinta. Erilaisia ladontakuvioita on esitetty kuvassa 22. Ladontakuvioiden toteuttamisen vuoksi on suositeltavaa, että käytettävät kivet ovat samankorkuisia. Suunnittelijan on mahdollista korostaa haluttua tilaa sekä johdatella liikkumista suunnitellulla alueella ladontakuvion avulla. [7, s.143 - 144]

Suunnittelijan tulee työssään huomioida pintavesien johtaminen päällystetyltä alueelta. Pintavedet johdetaan pois päällysteen päältä kaatojen avulla. Kaato tarkoittaa kivipinnan viettämistä haluttuun suuntaan ja näin veden poisohjaamista päällysteen

päältä esimerkiksi kaivoon tai avo-ojaan. Rakenteeseen imeytyneen veden johtamista voidaan edistää salaojilla tai salaojituskerroksella. [7, s. 146]



Kuva 22: Erilaisia ladontakuvioita [7, s. 143]

6.2.5 Rakennekerrokset

Päällystemateriaalina käytetään kivipinnoitetta. Sen alapuolisia rakenteita kutsutaan rakennekerroksiksi. Rakennekerroksia on yleisesti asennuskerros, kantava kerros, jakava kerros ja suodatinkerros. Rakennekerrosten alapuolella on pohjamaa. Rakennekerrosten paksuus ja tarpeellisuus määrittävät aina suunniteltavan kohteen mukaan. Rakennekerrosten paksuuteen vaikuttaa esimerkiksi kohteen käyttötarkoitus sekä pohjamaan routimis- ja kantavuusominaisuudet. Rakennekerroksien täyttöjä tehtäessä on suositeltavaa muotoilla rakenne tulevien kaatojen muotoon. Mikäli kohteessa on salaojitus, se rakennetaan suodatinkerroksen alapuolella. Huonosti suunnitellut tai rakennetut rakennekerrokset laskevat suunniteltua käyttöikä.

Suodatinkerros

Suodatinkerros estää sen päällisten kerrosten sekoittumisen pohjamaahan. Suodatinkerroksena on mahdollista käyttää joko hiekkaa tai suodatinkangasta (luokka KL 2). Mikäli käytetään suodatinhiekkaa, on kerrospaksuuden oltava vähintään 100 mm.

Jakava kerros

Jakavan kerroksen tarkoituksena on ottaa yläpuolisia rasituksia vastaan ja lisätä yläpuolisten kerrosten kantavuutta. Lisäksi sen tarkoitus on antaa oikeanmuotoinen pohja ylemmille kerroksille.

Kantava kerros

Kantavan kerroksen tarkoituksena on ottaa vastaan yläpuolisten kerrosten ja niille kohdistuvien kuormien voimat vastaan. Kantava kerros muotoillaan rakenteen lopulliseen muotoon, johon vaikuttavat vesikaadot ja pintamuodot.

Asennuskerros

Asennuskerroksella on tarkoitus tukea ja kiinnittää tuleva päällyste. Asennuskerroksella ei kuitenkaan ole tarkoitus nostaa rakennekorkeutta. Asennuskerroksen paksuuden tulee olla sidottu käytettävän päällystekiven vaatimuksiin.

Päällyste

Päällyste on silmällä nähtävissä oleva pintakerros. Se ottaa vastaan siihen kohdistuvat kuormitukset. [1, s. 14-18]

6.2.6 Tasokivetysten asennus

Asennustekniikat

Noppakivi

Noppakivi asennetaan asennuskerroksen päälle. Asennuskerros on yleensä 30 - 40 mm paksu kerros asennushiekkaa. Asennusta helpottamaan ammattitaitoinen asentaja asentaa linjalangan väylän suuntaisesti. Asentaja asettaa linjalangan haluamaansa korkeusasemaan varmistaakseen, että pinta on tiivistyksen jälkeen vaaditussa korkeusasemassa.

Asennuksen kulku

Rakennekerrokset muokataan mahdollisimman lähelle väylän tai alueen lopullista muotoa. Rakennekerroksen päälle levitetään asennuskerros. Asennuskerroksen paksuus selviää rakenteen detalji-kuvista tai työohjeesta. Asentaja asettaa noppakiven

asennuskerroksen päälle ja lyö kiven kuminuijalla haluttuun asentoon ja asennuskorkoon. Asennuskorko on kiven korkoasema ennen saumausta ja sen yhteydessä tapahtuvaa tiivistystä. Kun noppakivi on asetettu asennuskorkoon, kannattaa kiveä tukea asettamalla saumoihin kivituhkaa tai asennushiekkaa.

Asentajan saatua sopivan kokoinen pinta-ala peitettyä noppakivellä hän täyttää noppakivien saumat työsuunnitelman määrittämällä saumausmateriaalilla. Saumauksen jälkeen pinta tiivistetään pinnantiivistäjällä. Tiivistyksen yhteydessä noppakivet tiivistyvät asennuskerrokseen lopulliseen korkoon asennuskorosta ja samalla käytetty saumausmateriaali tiivistyy. Tiivistyksen jälkeen saumat tulee täyttää täyteen ja tiivistää niin usein, kunnes saumat ovat noppakiven kanssa oikeassa korkeusasemassa. Asentajan ammattitaidolla on suuri merkitys asennuksen lopulliseen ulkonäköön.

Kivilaattojen asennus

Kivilaatat asennetaan maakostean betoniin. Maakostea betoni tulee rakennettujen rakennuskerrosten päälle.

Asennuksen kulku:

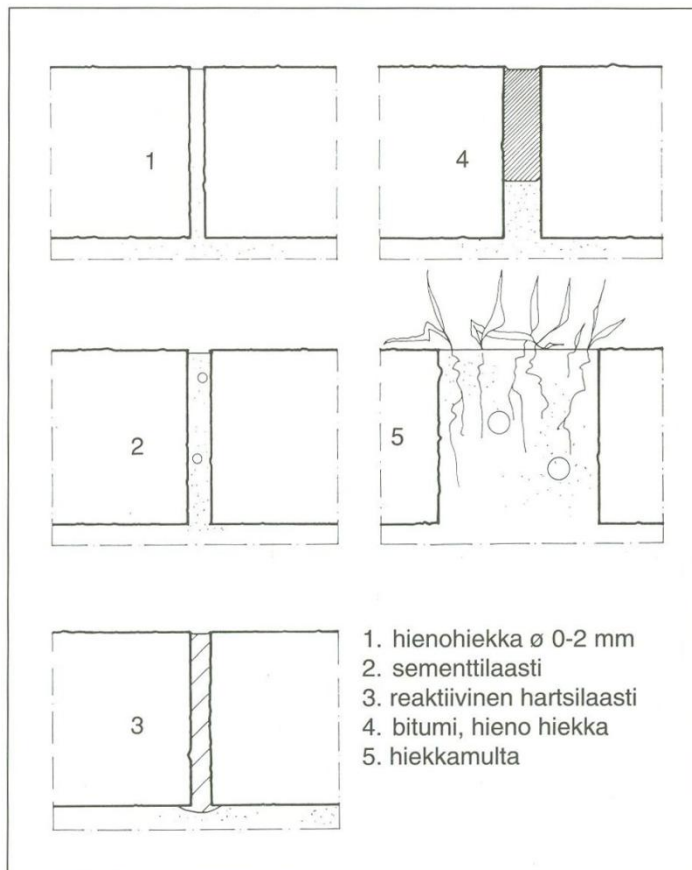
Rakennekerrokset rakennetaan mahdollisimman hyvin vastaamaan lopullisia pinnan muotoja. Rakennekerrosten päälle asennuskerroksena laitetaan maakostea betonia työsuunnitelman määräysten mukaisesti. Kivilaatta on sidottava maakostean betoniin juoksevalla sementtiliuksella. Kivilaatta lasketaan juoksevalla sementtiliuksella kastellun maakostean betonin päälle ja lyödään asennusnuijalla lopulliseen korkoonsa. Kivilaatat saumataan yleensä sementtihiikkaseoksella.



Kuva 23: Kivilaattoja asennettuna asfaltin päällä olevalle maakostealle betonille

Saumaus

Saumaus siirtää päällysteelle tulevat kuormat kiveltä toiselle. Saumaukseen käytetään yleensä joko saumahiekkää tai -laastia. Hiekkaa käytettäessä saumauksen jälkeen päällyste tulee täryttää, jolloin saumaus tiivistyy ja pienet korkeuserot kivetyksessä tasaantuvat. Sementtilaastia yleensä käytetään, kun kivetys joutuu suurempien rasituksien alaiseksi. Sementtilaastin on oltava mahdollisimman kuivaa sen levittämisen aikana, jolloin voidaan ehkäistä kivien turhaa likaantumista. Saumakoot voivat vaihdella 3 - 50 mm välillä riippuen käytettävästä saumausaineesta. Erilaisia saumatyyppejä on esitelty kuvassa 21. [7, s. 145-146]



Kuva 24: Saumatyyppejä [7, s.145]

Reunakivet

Reunakivien pääkäyttötarkoitus on tilan rajaaminen ja sen jäsentäminen. Reunakiveä voidaan käyttää hyväksi myös muissa ympäristörakentamisen alueissa.

Reunakivien ryhmittely:

raakareunakivi, tunnus R

suorareunakivi, tunnus S

viistereunakivi, tunnus V

faasireunakivi, tunnus F

vaakareunakivi, tunnus M

lohkoreunakivi, tunnus L

Reunakivien asennus

Reunakivet asennetaan asennuskerroksen päälle rakennettuun ympäristöön kuva 25. Asennuskerrokseen voidaan käyttää hiekkaa, kivituhkaa tai maakostea betonia. Reunakivien asennuksen aluksi tulee merkitä linja, jossa reunakivi kulkee. Asentajalta on hyvä kysyä, miten tiheään hän haluaa linjalle merkkejä. Kun linja on merkitty, asentaja asettaa linjalangan linjalle. Linjalanka asetetaan reunakivien lopulliseen korkotasoon helpottamaan asennustyötä. Avuksi otetaan mittakeppi, johon merkitään asennettavan kiven korkeus pohjan tasaamista helpottamaan.

Tässä vaiheessa levitetään asennuskerroksen materiaali paikoilleen. Sitten asennuskerros tasataan mittatikun korkoon. Maakostea betonia käytettäessä reunakivi kiinnitetään maakosteaan betoniin sementtiliimalla. Sementtiliima valutetaan maakostean betonin päälle. Seuraavaksi reunakivi asetetaan paikoilleen ja asennetaan oikeaan korkoon. Reunakiveä kannattaa tukea sivuilta maakostealla betonilla, jolloin varmistetaan reunakiven pysyminen halutussa linjassa ja korossa.



Kuva 25: Reunakivimuuri asennettuna. Nurmikkoallas vasemmalla täytetään murskeen ja mullan sekoituksella.

6.2.7 Ulkoportaat

Ulkoportaita on kahta päätyyppiä. Rakenteelliset portaat ovat rakennetussa ympäristössä ja maastoportaat sijaitsevat luonnontasoerojen välillä. [7, s. 150]

Laattaporras

Laattaporras koostuu askellaatasta ja nousulaatasta. Askellaattojen paksuus vaihtelee yleensä välillä 40 - 80 mm. Ulkoportaiden pintakäsittelyiksi soveltuvat parhaiten poltettu ja ristipäähakattu pinta [7, s. 150]. Kivilaatat kiinnitetään betonirunkoon maakostealla betonilla ja kiven ja maakostean betonin väliin tulevan sementtiliiman avulla. Lisäksi betonirunko tulee käsitellä ennen maakostean betonin levittämistä aineella, joka parantaa maakostean betonin kiinnittyvyyttä runkoon. Kun kivilaatta on asetettu maakostean betonin päälle, se on tiivistettävä haluttuun korkoon. Tiivistäminen tapahtuu yleensä kumivasaralla lyöden. Portaiden saumaukseen käytetään sementtipohjaista saumausainetta. [7, s. 118]

Massiiviporras

Massiivikiviporras on yleisimmin ulkotiloissa käytetty, luonnonkivillä valmistettu porrastyyppi. Massiivikiviportaissa kiven etupinta toimii nousupintana ja yläpinta vaakapintana. Massiivikiviportaissa voidaan käyttää suorakaiteen muotoista kiveä tai viistettyä kiveä. Kivien näkyvät pinnat on yleensä käsitelty polttamalla tai ristipäähakattuina. Portaisiin käytettävän massiivikiven suositeltava enimmäispituus on 2 500 mm ja askelmapalkin leveys on yleensä välillä 380 - 400 mm sekä etureunan korkeus välillä 130 - 150 mm.

Porraskaskelmien kiinnitys tapahtuu yleensä maakostealla betonimassalla. Maakosteata betonia käytettäessä on kiven kiinnittyminen maakostean betoniin ja maakostean betonin kiinnittyminen betonirunkoon varmistettava, kuten laattaportaiden asennuksessa [7, s. 151]. Massiivikivet on myös mahdollista kiinnittää betonirunkoon juotosbetonilla ja tartuntarautoilla. Tartuntaraudat liimautuvat kiveen juotosbetonilla valun yhteydessä ja näin varmistavat kiven paikoillaan pysymisen.

Ulkoportaita suunniteltaessa on suunnittelijan huomioitava rakenteen kosteustekniset ominaisuudet. Porraskenteen sisäiset rakenteet on suunniteltava siten, ettei niistä

aiheudu harmia rakenteelle. Sadevesi johdetaan pois portaista kallistamalla käytettävää kiveä loivasti etuviistoon. [7,s. 152]

6.2.8 Muurit

Luonnonkivestä voidaan valmistaa erilaisia muurirakenteita. Rakennettuja muureja voidaan käyttää alueen rajaamiseen sekä tukimuureina.

Luonnonkivimuurien rakenteet

Kivimuureista voidaan käyttää nimityksiä kylmämuuri ja laastimuuri. Kylmämuureiksi kutsutaan latomalla tehtyjä muureja. Laastimuurissa kivet muurataan yhteen sementtilaastilla suunnitellun limityksen mukaisesti ja saumaus toteutetaan yleensä erillisenä työvaiheena muurauksen jälkeen. Saumauksessa on huomioitava, että käytettävä sauma-aine on pakkasen kestävä. Nykyään yhä useammat muurit rakennetaan betonirungolla ja sitten verhoillaan luonnonkivellä, kuten kuvassa 26 on esitetty.

Muurit tulee perustaa niin, ettei pakkasen vaikutus pääse haittaamaan niiden suunniteltua käyttötarkoitusta. Kuvassa 8 sivulla 16 on esitelty roudalta suojattu perustamistapa. Betonianturan alle tulee tehdä murskepeti, kuten kuvassa on esitetty.

Perustuksen routimattomuus tulee varmistaa routalevyillä niin, että ne myös ohjaavat maahan imeytyvän veden anturasta poispäin. Lisäksi routalevyn päälle on asetettava vähintään 100 mm paksu kerros hiekkaa. [7, s. 156 - 158]

Betonirungon verhous asennusraudoilla

Betonirunkoon merkitään aluksi tulevien verhouskivien saumakohtat. Saumakohtien merkkäämisen jälkeen asennusraudat kiinnitetään saumakohtiin niin, että L-muotoisen raudan uloke tulee saumalinjan keskelle. Kiinnikkeen jälkeen verhouskiviin porataan kiinnitystapeille reiät. Kiveen porattu reikä täytetään kiviliimalla. Verhouskivi asennetaan saumalinjoissa olevien kiinnikkeiden väliin ja asetetaan kiinnitystappi paikoilleen. Seuraavaan asennettavaan kiveen porataan reikä kiinnitystapille päähän joka tulee kiinni edellisen kiven kiinnitystappiin. Tämän jälkeen kivi sijoitetaan paikalleen. Sitten porataan reiät kiinnitystapeille vapaana olevan pään kiinnikkeiden läpi tai merkitään kiinnikkeiden kohdat ja kivi otetaan pois paikoiltaan. Merkittyihin kohtiin

porataan reiät. Kiveen laitetaan kiviliima ja se asetetaan paikoilleen ja sitten asetetaan vapaaseen päätyyn kiviliima ja kiinnitystappi.



Kuva 26: Muurin verhousta luonnonkivellä

7 Luonnonkivien kiinnitys epäsuotuisissa olosuhteissa

Epäsuotuisat olosuhteet vaikuttavat eri tavoin erilaisiin luonnonkivien asennustekniikoihin. Olosuhteiden vaikutuksiin voidaan suuresti vaikuttaa hyvällä suunnittelulla. Hyvällä suunnittelulla on iso merkitys työn lopputuloksen kannalta.

Luonnonkivien asennukseen talvella vaikuttaa ilmasto ja sen työntekoa hidastava vaikutus. Talvi vaikuttaa materiaalin suurempaan hukkamäärään, valaistukseen, ilmastosta johtuviin lisätöihin, käytettävien materiaalien laatuun, materiaalien varastointiin, työkohteiden suojaukseen ja lämmitystarpeeseen.

Merkittävä tekijä talveen varautumisessa kivitöiden kannalta on valmistelevien töiden suorittaminen ennakkoon niille suotuisissa olosuhteissa. Ilman lämpötilan ollessa plusasteiden puolella on huomattavasti halvempaa suorittaa betonista valmistettavien runkojen valmistaminen ja luonnonkivellä pinnoitettavien väylien ja alueiden rakennekerrosten rakentaminen ja tiivistäminen. Mikäli rakennekerrokset joudutaan rakentamaan talvella, on materiaalien hyvä tiivistyminen varmistettava.

Talvella luonnonkivitöitä voidaan tehdä käyttämällä pakkasen kestäviä materiaaleja, kuten luvussa 8.1 on kuvattu. Tällöin talven vaikutukset voidaan minimoida tehokkaasti materiaalivalinnoilla ja työskentelemällä materiaaleille soveltuviissa olosuhteissa.

Aina ei kuitenkaan ole mahdollista valita materiaaleja, jotka soveltuvat kyllä ilmalla työskentelyyn. Tällöin on varmistettava rakentaminen niin, että rakenne valmiina täyttää sille asetetut vaatimukset.

Käytännössä tämä tarkoittaa työkohteen olosuhteiden muuttamista luonnonkivitoille soveltuvaksi. Olosuhteita voidaan parantaa sääsuojilla ja erilaisilla lämmitystavoilla. Lämmitys voidaan toteuttaa lankalämmityksellä, routamatoilla, säteilyllä ja kuumailmalla. Työskentelylämpötila tulee aina sopia suunnittelija kanssa.

Lankalämmitys toimii hyvin muureihin käytettävien luonnonkivien asennuksen apuna. Lankalämmitys on kuitenkin asennettava betonirunkoon valuhetkellä. Jo muurin rakentamisen yhteydessä tulee olla tieto lämmityslankojen tarpeellisuudesta.

Routamattoja voidaan käyttää apuna maan sulattamiseen ja pienipinta-alaisten luonnonkivillä päällystettyjen pintojen lämmittämiseen.

Kuumailmalämmitys soveltuu sääsuojan kanssa suuremman pinta-alan lämmittämiseen. Kuumailmaa voidaan käyttää hyväksi myös kivissä olevan kosteuden poistamiseen talvella.

Säteilylämmittimet soveltuvat kohdistamiskykynsä vuoksi lähes kaikkien luonnonkivistä valmistettävien rakenteiden lämmittämiseen.

Seuraavassa kappaleessa 8 on esitetty käytännön työkohteita, joissa erilaisilla ratkaisuilla on päästy haluttuun lopputulokseen luonnonkivirakentamisessa.

8 Työmaalla toteutetut mallit

Tässä osiossa esitetyt työmaat sijaitsevat Helsingissä ja molemmissa kohteissa on tehty luonnonkivirakentamista talvella.

Helsingin Saukonpaasissa olevassa työkohteessa toteutettiin kahta eri tyylistä luonnonkivien asennusta talviolosuhteissa. Saukonpaasissa asennettiin muuriin kiviverhous teräskiinnikkeillä ja tämän jälkeen kiviverhoukselle tehtiin taustavalu pakkasessa kovettuvalla betonilla. Toinen asennus oli tukimuurin ylälaitaan tuleva kiviverhous massiivikivillä. Massiivikivet asennettiin niiden taakse kiinnitetyillä teräsraudoilla tukimuurin teräksiin ja sitten valettiin osaksi rakennetta.

Musiikkitalon työmaalla talviolosuhteissa asennettiin seinäverhousta, laatoitusta ja muurin verhous kivilaatoilla. Seinäverhous tehtiin kylmäasennuksena suojakatoksessa. Laatoitus tapahtui sääsuojan sisällä lämmittimen kanssa. Muurin verhouksessa käytettiin myös sääsuojaa ja lämmitykseen säteilyttimiä.

8.1 Betonimuurin verhoukseen luonnonkivellä



Kuva 27: Betonimuurin verhousta talvella

Verhoiltava betonimuurin oli valettu aikaisemmin talvivaluna kuva 27. Valun kylmien pintojen lämmittämiseen oli käytetty vastuslankaa. Muurissa oli ollut kaksi vastuslankaa, joista toisen langan johto oli katkaistu ennen luonnonkivien asennusta. Kivien asennukseen mittamieheltä saatiin verhouksen etäisyys muurista sekä ensimmäisen kiven lähtölinja ja korko. Mittamieheltä tarvitaan mitat, sillä kiviverhouksen mittatarkkuus on huomattavasti vaativampi kuin betonirungon tarkkuus.

Ensin muuriin asennettiin toiseksi alimmalle kiviriville asennustuki. Asennustuen avulla ensimmäinen kivi asetettiin oikeaan korkoon ja sen jälkeen merkittiin kiinnikkeiden paikat betoniin. Kivien kiinnitykseen käytettävät kiinnikkeet asennettiin betoniin kiinni kiila-ankkureita käyttäen. Kiinnikkeet olivat muodoltaan L:n muotoisia ja niissä oli valmiit reiät kiila-ankkureille ja kiinnitystapeille. Kiinnikkeiden sijaintina oli pystysauma. Kun kiinnikkeet oli asennettu paikoilleen, porattiin kiveen reiät kiinnikkeiden reikien osoittamaan sijaintiin.

Ensin porattiin reiät kiven niin sanottuun ulompaan laitaan ja sitten kivi asetettiin kiinnikkeiden väliin ja tapeille porattuihin reikiin laitettiin liimaa. Kiven ollessa paikallaan asennustapit asennettiin paikoilleen. Sisemmän laidan reiät porattiin, kun kivi oli asennettu kiinnikkeiden väliin oikeaan asemaan. Sisemmän laidan reiät porattiin kiinnikkeissä olevien reikien läpi. Tämän jälkeen kivistä otettiin kiinnitystapit pois ja reiät täytettiin kaksikomponenttiliimalla. Kivi ja kiinnitystapit asetettiin paikoilleen. Kiinnitystapit tulevat aina sauman yli kahteen vierekkäiseen kiveen. Kiven pysyminen

halutussa sijainnissa tulee varmistaa niin, ettei kivi pääse siirtymään pois paikaltaan ennen liiman kovettumista.

Seuraava kivi asennettiin samaa periaatetta käyttäen. Verhousta jatkettiin pituussuunnassa seuraavaan liikuntasamaan asti. Korkeussuunnassa rakennetta tehtiin kolmen kivikerroksen verran. Kun pituus- ja korkeussuuntaisia kiviä oli asennettu haluttu määrä, niin suoritettiin verhouksen taustavalu. Taustavalu suoritettiin talvibetonointiin tarkoitettulla juotosbetonilla. Taustavalua ei suoritettu alle -7 °C lämpötiloissa, koska silloin juotosbetonin käyttäytymisestä halutulla tavalla ei olisi voitu olla varmoja. Käytettävää juotosbetonia voi kuitenkin ohjeiden mukaan käyttää aina -15 °C:seen asti. Tätä tekniikkaa jatkettiin muurin valmistumiseen asti. Saumaus hoidettiin jälkisaumauksena elastisella saumausmassalla. Tätä saumausmassaa voitiin myös käyttää -15: °C:seen asti. Kuvassa 28 näkyy muurin rakenne.



Kuva 28: Luonnonkivellä verhoillun betonimuurin rakenne.

8.2 Tukimuurin ylälaitaan asennettavat massiivikivet



Kuva 29: Tukimuurin ylälaitaan asennettavat massiivikivet, taustalla aikaisemmin valmiiksi saatu tukimuuri.

Tukimuuri oli aikaisemmin raudoitettu ja valettu samalla työmaalla. Aikaisemmin tapahtunut valu oli jätetty halutun saumapaksuuden verran alle ensimmäisen kiven asennuskorkeudesta. Aikaisemmin työmaalla luonnonkiviin oli porattu reikä takapintaan, johon oli kiinnitetty 20 mm halkaisijaltaan oleva terästanko. Terästanko oli kiinnitetty juotosbetonilla kiveen.

Muotissa olevaan betonipintaan, kiven näkyvän laidan puolelle, asetettiin solumuovieriste jälkikäteen tehtävää saumausta varten. Kiven takapinnan koron asettamiseen käytettiin korkolappua. Kivi jouduttiin muotin korkeuden ja sen massiivisuuden takia nostamaan työpisteelle nosturilla. Kun kivi oli asetettu paikoilleen, hitsattiin kivessä kiinni olevat raudat jo aikaisemmin tehdystä valusta pystyssä oleviin rautoihin.

Kivien hitsaamisella varmistettiin kivien paikallaan pysyminen valun aikana, kuva 30. Kivet toimivat kyseisessä valussa muotin etupintana kuva 29. Kun kivet oli asennettu

paikoilleen kyseistä menetelmää käyttäen, asennettiin muottiin vastuslankaa, jolla betonointi ja sen kovettuminen pidettiin halutussa lämpötilassa.



Kuva 30: Massiivikivien taustakiinnitykset hitsattuna.

8.3 Julkisivuverhous talvella

Kyseiseen julkisivuun mittamies oli antanut etäisyydet sen laidoilla olevien ikkunoiden ja yläpuolella olevan pellin linjan mukaan. Runkona mihin verhouksivien kiinnikkeet kiinnitettiin oli vaakasuuntaiset alumiinikiskot. Mittamies antoi ensimmäiselle kivelle lähtölinjan, johon ensimmäinen kiinnike kiinnitettiin. Kiinnikkeet olivat jälleen L-mallisia. Vallitsevana kiinnitystapana oli pystysaamaan tulevat kiinnikkeet. Verhouksen reunimmaiseta kivet jouduttiin poikkeuksellisesti ikkunan puoleisilta laidoilta kiinnittämään vaakasaumasta. Alumiinikiskoihin kiinnikkeet kiinnitettiin itseporautuvilla ruuveilla. Kivet asennettiin kiinnikkeisiin tappiliitosta käyttäen.

Talven takia kyseinen kohde jouduttiin suojaamaan sääsuojalla. Sääsuoja varmisti rakenteen pysymisen kuivana. Lämmitystä ei kuitenkaan tarvittu, sillä verhous toimii kylmänä rakenteena. Kun verhous oli asennettu paikoilleen, suoritettiin verhouksen saumaus jälkisaumauksena. Saumaukseen käytettiin elastista saumamassaa, jota voitiin käyttää - 15 °C:seen asti. Saumauksen kiinnittyvyys varmistettiin kuitenkin tekemällä saumaus ulkolämpötilan ollessa - 5 °C.

8.4 Laattojen asentaminen talvella

Katulaattojen asentaminen oli aloitettu aikaisemmin ja korot, kaadot sekä tarvittavat merkinnät olivat jo kohteella. Asennuspohjana oli betonilaatta, ja tämän päälle levitettiin maakosteata betonia. Laattojen ja maakostean betonin väliin tuli sementtiliima, joka varmisti kiven paikallaan pysyminen.

Talvi toi mukanaan ongelman maakostean betonin käytölle ja saumauksen tekemiselle sementtipohjaisella saumaseoksella. Kyseinen kohde jouduttiin suojaamaan sääsuojalla. Sääsuoja ei kuitenkaan mahdollistanut asennusten tekemistä, ja siten kohteessa tarvittiin lämmitintä. Laatoitettavan alueen ollessa kohtalaisen suuri päädyttiin käyttämään öljyllä toimivaa puhallinlämmitintä. Lämmittimellä työskennellessä tilan lämpötila nostettiin + 15 - + 20 °C välille. Tämä lämpötila mahdollisti asennustöissä käytettävän maakosteanbetonin normaalin toimivuuden. Saumauksen jälkeen lämmitystä pidettiin päällä kaksi päivää, että varmistuttiin saumauksen riittävä sitoutuminen. Kuvassa 31 vastaava laatoitus kesällä.



Kuva 31: Musiikkitalon luonnonkivilaatoituksen rakentamista kesällä.

9 Haastattelut

Haastatteluissa käytiin läpi edellä esitettyjen kohteiden hyviä puolia ja sitä, oliko valitussa ratkaisussa ilmennyt ongelmia. Haastateltavana oli työnjohtaja sekä itse asennuksia suorittanut työmies. Alla on lyhennetty yhteenveto ja analysointi haastatteluista.

Julkisivu

Julkisivun verhousta ei alun perin ollut suunniteltu suoritettavaksi talvella. Julkisivua verhoiltaessa oli ilmennyt ongelmia taustalevyjen heikkouden vuoksi. Toteutukseen talvella oli valittu käytettäväksi sääsuojasta ja pakkaseen soveltuvaa elastista saumamassaa. Sääsuojaus oli ollut hyvä valinta, koska se oli kustannusten ja työn suorittamisen kannalta onnistunut ratkaisu. Työ saatiin suoritettua hyvin, koska sääsuojauksen suunnittelussa oli huomioitu tarvittavat työskentelytilat.

Saumauksen kanssa ei tullut ongelmia, vaikka talvella 2010 - 2011 olikin kovat pakkaset. Saumaus hoidettiin leudommalla kelillä. Saumausmassan minimi käyttölämpötila oli - 15 °C. Saumaus hoidettiin huomattavasti korkeammassa lämpötilassa kuin sen alin mahdollinen käyttölämpötila on. Talvella tehtävissä töissä tulee huomioida, ettei kivet ole jäässä tai huurteisia. Jäätyminen aiheuttaa kiville lohkeilua ja huurteisiin kiviin ei saumausmassa tartu. Yleisellä tasolla kivikaavioiden tulisi olla riittävän hyvät, ettei työmaalla tarvitsisi tehdä kuin varmistus mittauksia.

Muuriverhous

Muurin verhous luonnonkivellä oli suunniteltu tehtäväksi talvella, joten talven tuomiin haasteisiin oli varauduttu. Luonnonkivien ja betonimuurin väli suojattiin lumisateelta aina tarvittaessa. Käytävissä materiaaleissa oli huomioitu niiden käyttö talvella ja materiaalit toimivat oletetulla tavalla. Pakkanen kuitenkin aiheutti ylimääräistä materiaalihävikkiä, vaikka työskentelyssä huomioitiin pakkasen. Luonnonkivet lohkeavat helpommin kylmällä säällä.

Kylmä ilmasto vaikutti työskentelyyn ylimääräisenä työnä ja tarvittava vaatetus hidasti työntekoa. Työn hidastuminen johtui laatutarkkuuden vaatimuksista ja niiden saavuttamisen vaikeutumisesta verrattuna kesäisiin olosuhteisiin. Pakkanen vaikutti työn suorittamisen aikaiseen vaatetukseen. Sääsuojamattomalla kohteella rakentaessa

millintarkkaa työtä tulisi paremmin huomioida. Lämpötila ja tuuli vaikuttavat työn tarkkuuteen. Työn mielekkyyden lisääminen sääsuojalla olisi harkittava tapauskohtaisesti. Ajallisesti merkittävä tekijä luonnonkivitoiden suorittamisessa talvella on toimitettavien kivien pakkausjärjestys. Pakkausjärjestys vaikuttaa suoraan seuraavan kiven etsimiseen käytettävään aikaan. Talvella kivien siirtelyyn ja varastointiin käytettävät tilat ovat rajalliset. Tästä johtuen mitä paremmin paketoituna ja asennusjärjestykseen valmiiksi sijoiteltuna kivet saapuvat työmaalle, sitä nopeampaa asennus on.

Muottiin hitsattavat massiivikivet

Mikäli muotin kanssa tekemisissä on useampia ryhmiä, työvaiheiden yhteensovittamisella on suuri merkitys. Raudoitussuunnitelmassa voisi huomioida kivien kiinnitysraudat ja yrittää sovittaa raudat keskenään ilman turhia työvaiheita. Muoteilta vaadittava mittatarkkuus tulee olla selvillä kaikilla työryhmillä. Käytännössä tämä johtaa tarkimman mittatarkkuuden asettamista kaikille työryhmille.

Väylän kivetys

Väylän päällystäminen suoritettiin käyttäen sääsuojaa ja öljykäyttöistä kuumailmalämmitintä. Sääsuojaus ja öljykäyttöinen puhallin toimivat hyvin ja varmistivat tarvittavat olosuhteet työn suorittamiselle. Sääsuojan koko oli suunniteltu hyvin ja siinä oli huomioitu riittävät työtilat asennuksen suorittamiselle. Työn suorittaminen suojatussa tilassa antoi kivetyksen valmistamisella hyvät olosuhteet. Öljykäyttöinen lämmitin soveltuu hyvin isompi pinta-alaisten alueiden lämmittämiseen.

10 Yhteenveto

Työn tarkoitus oli kartoittaa epäsuotuisissa olosuhteissa suoritettavien luonnonkivitoiden kannalta merkittäviä tekijöitä sekä erilaisia tapoja, miten kyseisiin tekijöihin voitaisiin vaikuttaa. Työn seurauksena on tarkoitus pystyä valitsemaan toteutustapa erityyppisille luonnonkivitoille.

Luonnonkivi on luonnosta saatava materiaali, joka muokataan rakennuskivituotannolla haluttuun muotoon ja käyttötarkoitukseen sopivaksi. Erilaisilla luonnonkivillä on erilaiset ominaisuudet. Luonnonkiven tärkeimmät ominaisuudet ovat sen kulutuskestävyys, esteettisyys ja kyky säilyttää ulkonäkö.

Betoni liittyy oleellisena osana luonnonkivirakenteisiin. Sitä käytetään niin kiinnitysrunkona, saumoissa kuin rungon ja kiven välisen tyhjän tilan täyttävänä taustavaluna. Betonin lujuuden kehityksen kannalta merkittävimmät tekijät ovat aika ja lämpötila. Betonin kovettumiseen voidaan vaikuttaa käyttämällä pakkasbetonia tai kuumabetonia, eristämällä sekä tarpeen vaatiessa käyttämällä lisälämmitystä varmistamaan riittävä lämpötila betonin kovettumiselle.

Betonin lujuuden kehityksen kannalta kolme merkittävintä rajatilaa ovat jäätymislujuus, purkulujuus ja nimellislujuuden saavuttaminen. Jäätymislujuus on kaikilla betoneilla 5 Mpa (pois lukien pakkasbetoni). Purkulujuus on 60 % nimellislujuudesta, ellei suunnittelija toisin määrää. Betonin lujuuden kehitystä on ensisijaisesti seurattava lämpötilan avulla. Sadgroven kaavan ja kypsyyksiän perusteella on mahdollista laskea betonissa kyseisellä hetkellä vallitseva lujuus.

Talvella tapahtuva rakentaminen on aina hitaampaa kuin kesällä tapahtuva vastaava luonnonkiven asennustyö. Talvella vallitseva ilmasto lisää työkohteessa suoritettavia töitä. Pahimmillaan pakkasen keskeyttää työt kokonaan. Talvella vaikuttavan ilmaston seurauksena työkohteilla tarvitaan lisävalaistusta, kalusto lumen ja jään poistoon sekä tapauskohtaisesti sääsuojia ja lämmittämiä työn suorittamiseen.

Hyvin onnistuneen luonnonkivirakentamisen edellytyksenä on hyvin suoritettut valmistelut ennen talven tuloa. Talvi ei vaikuta käytettävään luonnonkiven asennustekniikkaan. Kiinnitystekniikan pysyessä samana on töiden suorittamiseksi muutettava käytettäviä materiaaleja tai muutettava työkohteen olosuhteet sopiviksi

luonnonkivitoiden suorittamiselle. Tehokkaimmin työkohteeseen voidaan vaikuttaa erilaisilla lämmittimillä ja sääsuojilla.

Viisaasti suunniteltuna ja hyvin toteutettuna talvi ei vaikuta verhouskivien asentamiseen kuin nousseina materiaalikustannuksina ja vähän hitaampana asennusnopeutena. Taloudellisesti kalleinta on rakentaa pinta-alaltaan suuria maanvaraisia päällysteitä. Päällysteiden asennukseen tarvitaan aina sääsuojaa ja suuritehoisia lämmittimiä antamaan riittävät olosuhteet työn suorittamiselle.

Työ antaa tiiviin paketin huomioitaviin seikkoihin luonnonkivien asennukseen liittyvistä seikoista epäsuotuisissa olosuhteissa.

Työhön liittyvää lisäselvitystä olisi voitu hankkia infrarakentamisen muilta osa-alueilta, kuten massanvaihdosta talvella ja massan tiiviiden varmistamisesta. Insinööritöiden kannalta olisi ollut suuri etu, mikäli työtä varten olisi toteutettu työmaa, jonka suunnitteluun ja toteutustapaan olisi voinut vaikuttaa. Kiinnostus heräsi myös siihen, miten merkittävästi talvella toteutettaviin luonnonkivitoiden kustannuksiin voitaisiin vaikuttaa asentamalla lämmityslangat runkorakenteisiin ja eristämistä apuna käyttäen luomalla tarvittavat olosuhteet töiden suorittamiselle.

Lähteet

- 1 Reijo Leivo, 2010. Kiviteknikka 2 – Ympäristö- ja rakennuskivien asentaminen. Opetushallitus, Edita Prima Oy, Helsinki.
- 2 Suomen kivet. Geologian tutkimuskeskus. verkkolähde, http://www.gsf.fi/info/suomen_kivet/varsinais-suomi.html luettu: 31.3.2011.
- 3 Kiven pintakäsittelyt. Kiviteollisuusliitto ry. verkkojulkaisu, http://finstone.fi/suunnittelu/kiven_pintakasittelyt.php, luettu: 16.4.2011.
- 4 Betoniteknikan oppikirja BY 201: Suomen betoniyhdistys r.y, 2005. Viides painos, Gummerus Kirjapaino Oy, jyvaskyla.
- 5 Sementti-opas. Finnsementti, verkkolähde, luettu: 16.4.2011, <http://www.finnsementti.fi/Sementti-opas.pdf>.
- 6 Talvirakentaminen, 1990. Suomen Rakennusteollisuusliitto r.y, Mäntän kirjapaino Oy.
- 7 Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje, 2000. Kiviteollisuusliitto ry, Karprint Ky.
- 8 Lämmityskaapeli, Rudus oy. verkkojulkaisu, luettu 20.4.2011 www.rudus.fi/Download/24680/Lammityskaapeli.pdf, Internet viite.

Erilaiset pintakäsittelyt ja niiden vaikutukset kiveen

Pintakäsittely	Pinnan kuva-	Valmistustapa	Soveltuvat	Käyttö
	us		kivilajit	
Kiillotettu	väri voimakas, kiiltävä, kuvastava, naarmuton, sileä ja suora	sahapinta käsitelään hiomakivillä asteittain hienonevasti kiiltoon	kaikki tiiviit, kevyet ja kovat kivilajit	kaikki käyttökohteet, pehmeillä kivilajeilla kiilto voi käytössä himmetä, märkänä liukas, ei likaaannu herkästi, helppo puhdistaa
Hiottu	väri vaihtelee hionta-asteesta riippuen himmeästä lähes kiiltävään ja heikosti kuvastavaan. Pinta naarmuton, sileä ja suora	sahapinta käsitelään hiomakivillä asteittain hienonevasti. Laatu- luokat ovat karkeahiottu, mattahiottu ja hienohiottu	kaikki tiiviit ja ehyet kivilajit	kaikki käyttökohteet, erityisesti lattiat ja portaat, hieno pinta voi olla märkänä tai pölyisenä liukas, ei likaaannu herkästi, helpompi puhdistaa kuin karkea pinta

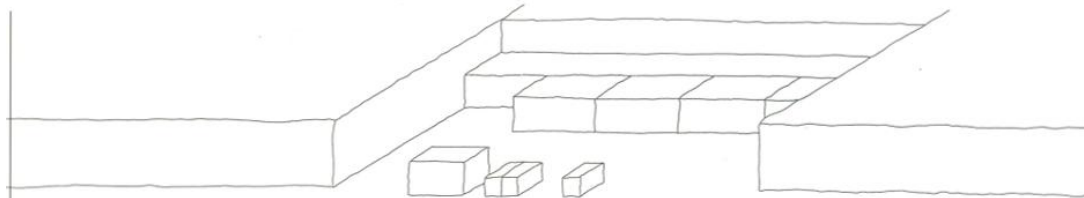
Sahattu	väri himmeä ja kuvastamaton. Pinnassa saattaa olla naarmuja ja sahauksesta, muuten sileä ja suora	käsittelemätön sahapinta	kaikki tiiviit ja ehyet kivilajit	kaikki käyttökohteet, erityisesti karkeatyylliset lattiat ja portaat, pinta voi olla märkänä tai pölyisenä liukas, ei likaa-annu herkästi, helpompi puhdistaa kuin karkea pinta
Poltettu	värikäs, elävä, kiven kuvioinnin esiin tuova pinta. Pinta karkeahko ja suora	sahapintainen kivi kuumennetaan nopeasti 600 C° lämpötilaan ja jäädytetään vesisuihkulla, joka aiheuttaa kvartsimineraalien olomuodon muutoksen ja kivipinnan halkeilun	kaikki kvartsipitoiset kivilajit, kuten graniitit ja muutamat dioriitit	julkisivut ja ulkopuoliset kivirakenteet, myös sisäänkäynnit, hallit ja portaat. Sileyttä voidaan parantaa kevyellä hionnalla. Pinta voidaan vahata puhdistamisen helpottamiseksi
Ristipäähakattu	väri vaaleahko, tasaisen karkeajyväpinta. Pinnan kuoppien syvyys < 5 mm. Pinta on suora.	kivipinta hakataan hakkurilla tasaisen kuoppaiseksi	kaikki kivilajit	ulkisivut ja ulkopuoliset kivirakenteet

Karkeahakattu	väri vaaleahko, tasaisen karkea jyvápinta. Pinnan kuoppien syvyys < 10 mm. Pinta on suora.	kivipinta hakataan käsityönä piikillä tasaisen kuoppaiseksi	kaikki kivilajit	kivipintojen kuviointi ja koristeilu, liukuesteet - pintakitkan lisääminen
Hiekkapuhallettu	väri vaalea, tasaisen karhea ja suora pinta.	kiven pinta rikootaan tasaisen karheaksi puhaltamalla teräshiekkaa pintaa vasten	kaikki kivilajit	kivipintojen kuviointi ja koristeilu, liukuesteet - pintakitkan lisääminen
Kuulapuhallettu	väri vaaleahko, pinta karkea mutta tasainen ja suora	sahapintaisen kiven pinta puhalletaan ruostumattomilla, pienillä teräskuulilla.	kaikki kivilajit	ulkopuoliset kivirakenteet. Sopii erikoisesti torikivetykseksi ja reunakiviksi, mutta myös julkisivuihin ja sisäänkäynteihin, halleihin ja portaisiin. Pinta voidaan vahata puhdistamisen helpottamiseksi.
Lohkottu	melko värikäs, viimeistelemtön lohjennut kivipinta. Pinta	liuskekivi on luonnollisesti lohjennut, muut kivilajit teollisesti	liuskekivet, hieno- ja keskirakeiset graniitit, joilla	tasokiveykset, reunakivet, portaat, muurit, aidat, pollarit

	epätasainen suorahko	lohkotut	on selkeä lohkosuunta	
--	-------------------------	----------	--------------------------	--

[3]

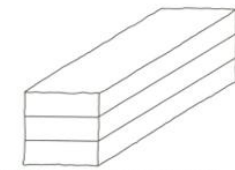
Kivituotteiden jalostusprosesseja



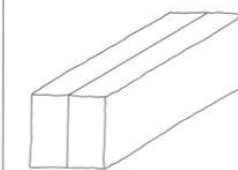
Kivilouhimolla irrotetaan kalliosta lohkareita, jotka muotoillaan jatkojalostusta varten.



Lohkare sahataan levyiksi.



Lohkare sahataan aihioiksi.



Lohkare sahataan aihioiksi.



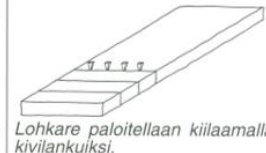
Lohkare halkaistaan kiilaamalla aihioiksi.



Aihio sahataan ohutlevyiksi.



Lohkare paloitellaan sahaamalla.



Lohkare paloitellaan kiilaamalla kivilankuiksi.



Kivilevy pintakäsitellään: hionta, poltto, hakkaus.



Ohutlevy kalibroidaan tasavahvaksi.



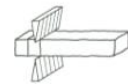
Aihio esityöstetään sahaamalla.



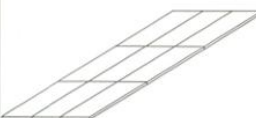
Ohutlevy kalibroidaan tasalevyiseksi.



Aihio pintakäsitellään.



Kivilankut paloitellaan lohkokivituotteiksi hydraulisella puristimella.



Sahalevy paloitellaan timanttisahalla laatoiksi.



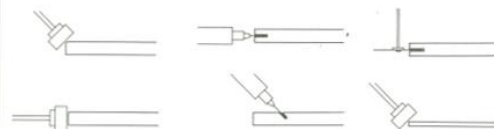
Ohutlevy paloitellaan timanttisahalla laatoiksi.



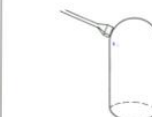
Laatta työstetään ja muotoillaan.



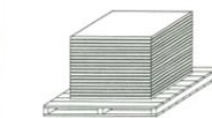
Laatta kalibroidaan.



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



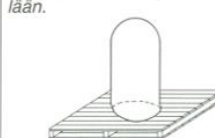
Tuote muotocillaan ja viimeistellään.



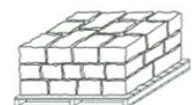
Kivilaatat pakataan kuljetusalustoille.



Ohutlevyilaatat pakataan styrox-pakkauksiin.

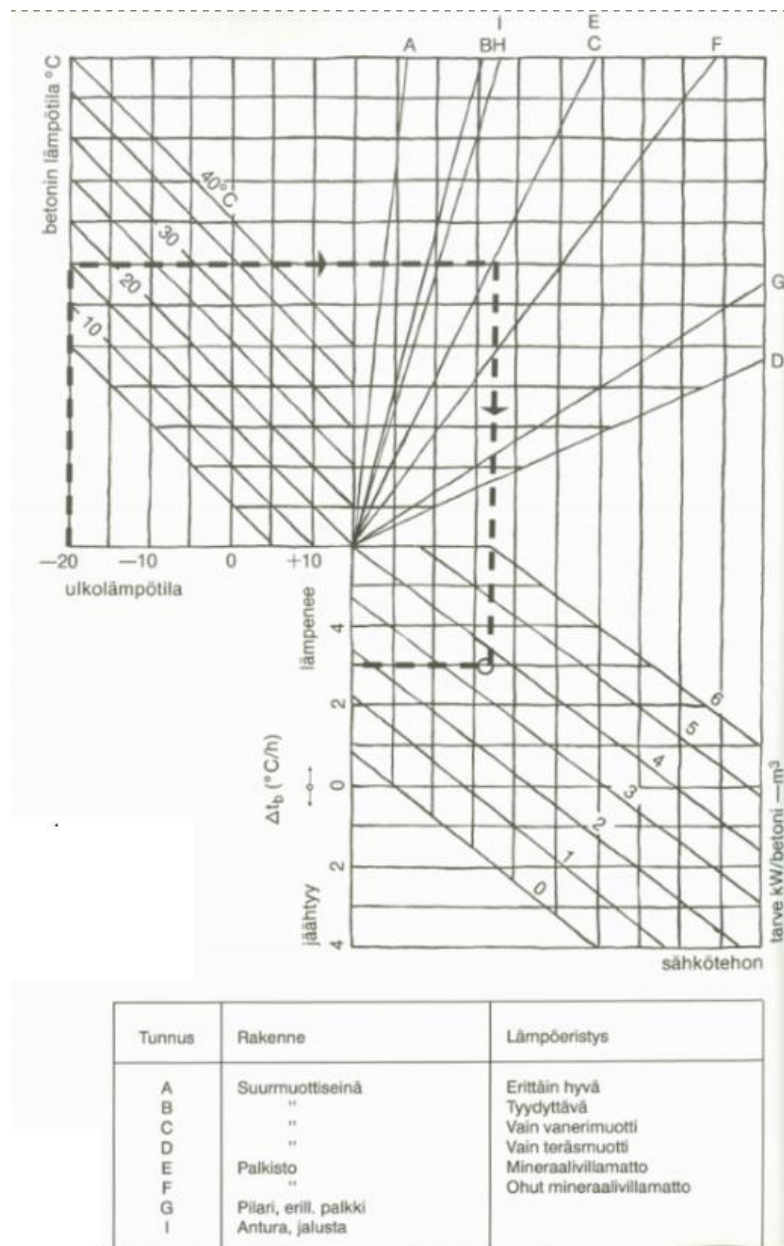


Massiivikivet pakataan kuljetusalustoille.



Lohkokivituotteet pakataan kuljetusalustoille.

Lankalämmityksen tehontarvekäyrästä ja tulkinta



Lankalämmityksen tehontarpeenkäyrästä tulkitseminen:

- Tarvitaan ulkolämpötila valuhetkellä
- Betonin lämpötila valuhetkellä
- Betonin kovettumislämpötila
- Seuraavaksi lasketaan mitoituslämpötila betonille, joka on betonin haluttu lämpötila valuhetkellä - 5 °C.
- Sitten valitaan sopiva betonin lämpötilan nousunopeus (°C/h)
- Muotin lämmöneristykseen taso yllä olevasta taulukosta.

Kuvan tulkinta:

Ulkolämpötilasta nousee ylös valittuun mitoituslämpötilaan. Sitten siirrytään vaakasuoraan käytössä olevan eristystason kohdalle. Tämän jälkeen taulukossa laskeudutaan alaspäin kunnes leikataan valittu lämpötilan nousunopeus. Nyt viistossa olevalta viivalta voidaan lukea lämmittämiseen tarpeellinen teho (kW/bet-m³).


Tarvittava lankamäärä saadaan tämän jälkeen jakamalla tarvittava sähköteho käyttöön valitulla lankateholla. Esimerkiksi 3,3 kW/bet-m³ sähkötehoon omaava muotti tarvitsee 100W/m lankateholla 33m lankaa/ betonikuutiometri. Kertomalla äsken laskettu yksikkö pituus 33 m/ bet-m³ valettavan kohteen betonilavuudella saadaan vastuslangan kokonaistarve selville.

Betonin lämmityslangan virta- ja tehoarvot


BETONINLÄMMITYSLANGAN VIRTAA JA TEHOARVOT

Lämmityslangat kytketään joko vaiheiden välille (28 ... 42 V) tai nollian ja vaiheen välille (16,2 ... 24 V)

Pituus m	1 Y 16,2 V	2 Y 18,2 V	3 Y 20,2 V	4 Y 22,2 V	5 Y 24,2 V	1 D 28,1 V	2 D 31,6 V	3 D 35,1 V	4 D 38,5 V	5 D 42,0 V
7	38 A 0,6 kW 87 W/m	41 A 0,7 kW 107 W/m								
8	35 A 0,6 kW 71 W/m	37 A 0,7 kW 85 W/m	40 A 0,8 kW 101 W/m							
9	33 A 0,5 kW 60 W/m	35 A 0,6 kW 71 W/m	37 A 0,7 kW 83 W/m	39 A 0,9 kW 97 W/m						
10	31 A 0,5 kW 50 W/m	33 A 0,6 kW 61 W/m	35 A 0,7 kW 71 W/m	37 A 0,8 kW 82 W/m	39 A 0,9 kW 94 W/m					
11	29 A 0,5 kW 42 W/m	31 A 0,6 kW 52 W/m	33 A 0,7 kW 61 W/m	35 A 0,8 kW 71 W/m	37 A 0,9 kW 81 W/m	40 A 1,1 kW 103 W/m				
12	26 A 0,4 kW 36 W/m	29 A 0,5 kW 45 W/m	32 A 0,6 kW 53 W/m	34 A 0,7 kW 62 W/m	35 A 0,8 kW 71 W/m	38 A 1,1 kW 89 W/m	41 A 1,3 kW 109 W/m			
13		27 A 0,5 kW 38 W/m	30 A 0,6 kW 47 W/m	32 A 0,7 kW 55 W/m	34 A 0,8 kW 63 W/m	36 A 1,0 kW 78 W/m	39 A 1,2 kW 94 W/m			
14			28 A 0,6 kW 41 W/m	30 A 0,7 kW 48 W/m	32 A 0,8 kW 56 W/m	35 A 1,0 kW 70 W/m	37 A 1,2 kW 84 W/m	40 A 1,4 kW 99 W/m		
15			26 A 0,5 kW 36 W/m	29 A 0,6 kW 43 W/m	31 A 0,7 kW 50 W/m	34 A 0,9 kW 63 W/m	36 A 1,1 kW 75 W/m	38 A 1,3 kW 88 W/m	40 A 1,6 kW 104 W/m	
16				27 A 0,6 kW 38 W/m	29 A 0,7 kW 44 W/m	33 A 0,9 kW 57 W/m	35 A 1,1 kW 68 W/m	36 A 1,3 kW 80 W/m	39 A 1,5 kW 93 W/m	41 A 1,7 kW 108 W/m
17					28 A 0,7 kW 40 W/m	31 A 0,9 kW 52 W/m	34 A 1,1 kW 62 W/m	35 A 1,2 kW 73 W/m	37 A 1,4 kW 84 W/m	39 A 1,6 kW 97 W/m
18					26 A 0,6 kW 36 W/m	30 A 0,8 kW 47 W/m	32 A 1,0 kW 57 W/m	34 A 1,2 kW 67 W/m	36 A 1,4 kW 77 W/m	38 A 1,6 kW 88 W/m
19						29 A 0,8 kW 43 W/m	31 A 1,0 kW 52 W/m	33 A 1,2 kW 62 W/m	35 A 1,4 kW 71 W/m	37 A 1,5 kW 81 W/m
20						27 A 0,8 kW 39 W/m	30 A 1,0 kW 48 W/m	32 A 1,1 kW 57 W/m	34 A 1,3 kW 66 W/m	36 A 1,5 kW 75 W/m



käyttökytkimen asento 'Y', tehokytken asento '1..5'
lämmityslanka vaiheiden välillä



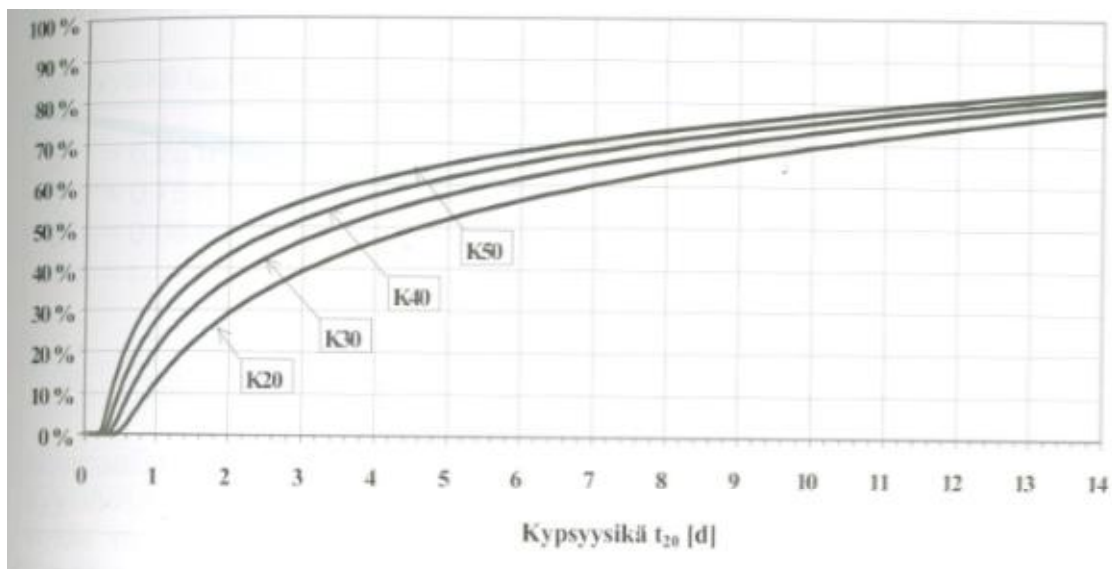
käyttökytkimen asento 'D', tehokytken asento '1..5'
lämmityslanka nollian ja vaiheen välillä



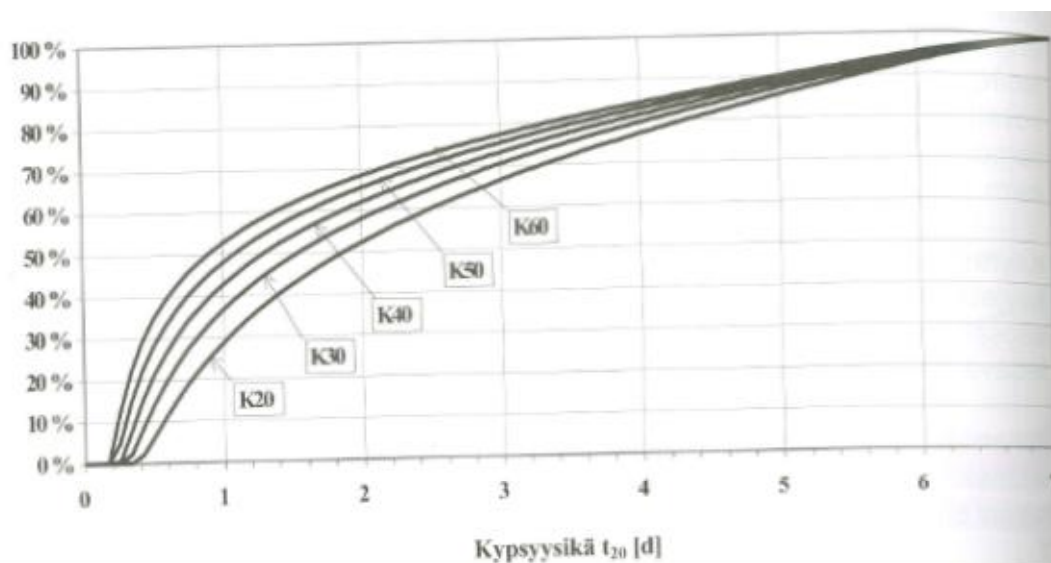
käyttökytkimen asento 'D', tehokytken asento '1..5'
lämmityslanka vaiheiden välillä

Kuva 32: Lämmityslangan pituuden ja kytkentätavan vaikutus hyötötehoon. [8]

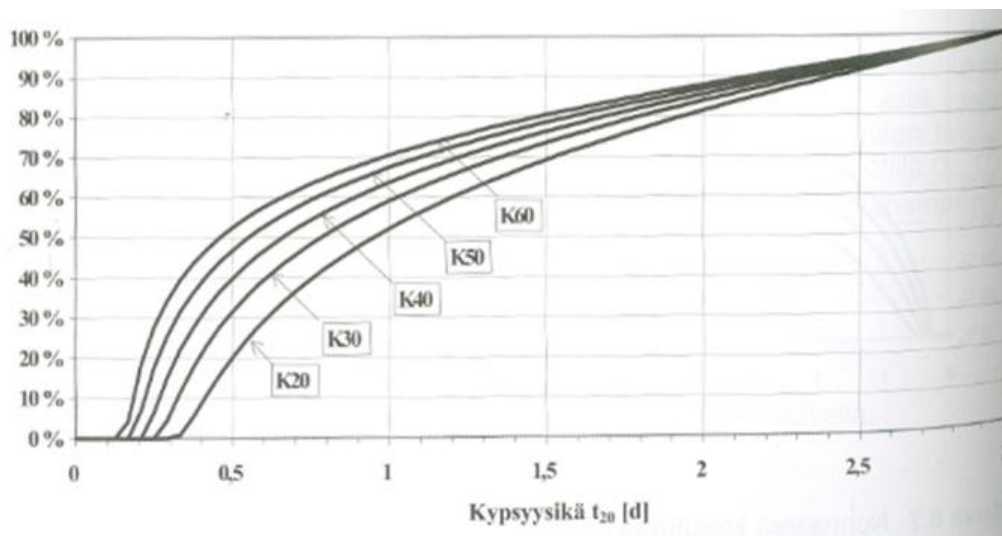
Sadgroven kaava ja tulkinta



Yleis- tai SR-sementillä valmistetun betonin suhteellinen lujuuden kehitys kypsyysikä funktiona [4, s.353].



Rapid- tai Megasementillä valmistetun betonin suhteellinen lujuuden kehitys kypsyysikä funktiona [4, s. 354]



Pikasementillä valmistetun betonin suhteellinen lujuudenkehitys kypsyysikä funktiona [4, s.354]

Sadgroven kaavan käyttö taulukkomuodossa [4, s.356]

Aika valusta tunteina [h]	Aika valusta vuorokausina t [d]	Aikaväli t [d]	Lämpötila T [°C]	Keskilämpötila aikavälillä	Kypsyysikä t ₂₀ aikavälillä $((T+16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times t$	Kypsyysikä Σt_{20} [d]
0	0		26			
1	0,04	0,04	19	$(26+19)/2 = 22,5$	$((22,5+16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times 0,04 = 0,04$	0,04
9	0,38	$0,38-0,04 = 0,34$	21	$(19+21)/2 = 20$	$((20+16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times 0,34 = 0,34$	0,38
12	0,5	0,12	32	26,5	0,17	0,55
16	0,67	0,17	27	29,5	0,27	0,82
24	1	0,33	19	23	0,39	1,21
36	1,5	0,5	15	17	0,42	1,63
48	2	0,5	8	11,5	0,29	1,92
60	2,5	0,5	-4	2	0,12	2,04
72	3	0,5	-8	-6	0,04	2,08

Taulukossa olevat luvut esittävät seuraavan laista lämpötilan seuranta. " Esimerkki 8.3 Massan lämpötila on betonoinnin päättyessä klo 16.00 +26 °C. Tunnin kuluttua valusta betoni peitettiin ja tällöin mitattiin lämpötilaksi +19 °C. Seuraava mittalukema otettiin 9 tunnin kuluttua betonoinnin päättymisestä; lämpötila oli +21 °C, 12 tunnin kuluttua +

32 °C, 16 tunnin kuluttua + 27 °C, 24 tunnin kuluttua + 19 °C, 36 tunnin kuluttua + 15°C ja 48 tunnin kuluttua +8 °C." [4, s. 356]

Kyseessä on normaalisti kovettuvasta sementistä valmistettu betonimassa. Yläpuolella olevasta Yleis- tai SR-sementillä valmistetun betonin taulukosta voidaan lukea jäätymislujuus, joka on 5 MN/m² eli n. 17 % lujuuden kehitys 30 MN/m² nimellislujuudesta. Kuvassa se saavutetaan kypsyysissä 0,8 d. Taulukosta laskettuna 0,8 d:tä vastaava kypsyysikä saavutetaan noin 16 tunnissa. Kyseinen betoni on saavuttanut jäätymislujouden 16 tunnissa. [4, s. 356]

Sadgroven menetelmän kaava on

$$t_{20} = ((T+16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times t$$

T = on betonin lämpötila aikana t [°C] ja,

t = kovettumisaika [d]

