



TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakennustekniikka

Tuotantotekniikka

INSINÖÖRITYÖ

LOGISTIIKKATILOJEN BETONILATTIAT JA PINNOITTEET

Työn tekijä: Timo Ilmonius
Työn valvoja: Tapani Järvenpää
Työn ohjaaja: Esa Niiranen

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2009

Tapani Järvenpää
Lehtori



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin SRV Toimitilat Oy:lle. Työn ohjaajana toimi työmaapäällikkö Esa Niiranen SRV Toimitilat Oy:stä ja valvojana lehtori Tapani Järvenpää Metropolia ammattikorkeakoulusta. Haluan kiittää molempia saamastani avusta ja ohjauksesta projektin toteutuksen aikana.

Helsingissä 19.11.2009

Timo Ilmonius

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Timo Ilmonius	
Työn nimi: Logistiikkatilojen betonilattiat ja pinnoitteet	
Päivämäärä: 19.11.2009	Sivumäärä: 47 s. + 2 liitettä
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantotekniikka
Työn valvoja: Lehtori Tapani Järvenpää	
Työn ohjaaja: Vastaava mestari Esa Niiranen	
<p>Logistiikkatilojen betonilattiat ja pinnoitteet ovat yleensä alttiina monille erilaisille rasitusmuodoille. Siksi tämänkaltaisten lattioiden valmistusprosessi on hyvin tarkasti ja huolellisesti suunniteltava ja toteutettava. Usein huonon laadun syyt ovat lattianvalmistuksen tai pinnoituksen toteutuksessa, mutta suunnitteluvirheitäkin on löytynyt.</p> <p>Tämä insinööryö tehtiin SRV Toimitilat Oy:lle. Työn tekemisen lähtökohdat olivat betonilattian valmistuksen ja sen pinnoituksen eri työvaiheiden suorituksissa havaituissa ongelmassa tai laadunvalvonnassa löydettyissä epäkohdissa. Tältä pohjalta laadittiin yleisohje kyseisten työvaiheiden valvontaa ja työnjohtoa varten, jotta aiemmin esiintyneiltä ongelmilta vältyttäisiin tulevaisuudessa. Työssä on hieman myös perehdytty suunnitteluasioihin, mutta pääsääntöisesti tarkastelussa on toteutuspuoli.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla aiemmin toteutetuista rakennuskohteista kerättyjä muistiinpanoja, joissa oli kirjattuna esimerkkejä huonoiksi havaituista työsuorituksista. Myös laadunvalvontadokumenteista löytyi muutamien työmaiden osalta huomautuksia suunniteltujen laatuvaatimusten täyttymättä jäämisestä. Näiden dokumentaatioiden pohjalta etsittiin ratkaisuja edellä mainittuihin ongelmiin alan kirjallisuudesta ja materiaalivalmistajien oppaista ja työohjeista, jonka jälkeen tiedot koottiin tiiviiksi paketiksi, työvaiheiden edellyttämässä, loogisessa järjestyksessä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin logistiikkatilojen betonilattioiden valmistuksen ja pinnoituksen eri työvaiheiden ja laadunvalvonnan kattava yleisohje, jonka avulla pystytään valvomaan työsuorituksia ja laatua erilaisissa olosuhteissa ja tilanteissa. Siten voidaan valita työmenetelmät optimaalisesti jokaisen työkohteen vaatimalle tasolle.</p>	
Avainsanat: Betoni, betonilattia, betonointi, lattiapinnoitteet	

ABSTRACT

Name: Timo Ilmonius	
Title: Concrete Floors and Coatings of Logistics Premises	
Date: 19 November 2009	Number of pages: 47 + 2 App.
Department: Civil Engineering	Study Programme: Production Engineering
Supervisor: Tapani Järvenpää, Senior Lecturer	
Instructor: Esa Niiranen, Site Manager	
<p>Concrete floors and coatings of logistics premises are usually exposed to many different kinds of stresses. Therefore, the manufacturing process for this type of flooring is very detailed and it must be carefully designed and implemented. The reasons for bad quality are often in the manufacturing process but there can also be design mistakes.</p> <p>This thesis was made for SRV Toimitilat Oy. The basis of the study were problems found in various stages of laying and coating concrete floors and also faults that were found in quality control. To solve these problems, common instructions were made to supervise and manage different work stages. In the future, these instructions help to avoid basic problems that have been showing up previously. Planning issues were also considered briefly, but mainly the analysis focuses on the implementation.</p> <p>The study began by examining the notes gathered from previous construction sites and reviewing examples of different kinds of failed work performances and remarks of bad quality. Based on the documents, solutions for these types of problems were searched from construction-related literature and manufacturer's guides. Finally, all information was collected to a compact package considering the work stages in logical order.</p> <p>The result was a common set of instructions for laying and coating concrete floors of logistics premises including guides for various work stages and quality control. Thus the methods of work can be optimally chosen as required by every project.</p>	
Keywords: Concrete, concrete floor, concreting, floor coatings	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Toteutustapa	2
2	BETONILATTIAN SUUNNITTELU	3
2.1	Maanvarainen laatta ja paalulaatta	3
2.2	Betonilattioiden luokitus	4
2.3	Muut laatuvaatimukset	6
3	BETONIMASSA JA BETONOINTI	7
3.1	Betonimassan koostumus	7
3.1.1	<i>Runkoaaine</i>	7
3.1.2	<i>Sementti eli sideaine</i>	8
3.1.3	<i>Vesi</i>	9
3.1.4	<i>Lisä- ja seosaineet</i>	10
3.2	Teräskuitubetoni	11
3.3	Betonointi	14
3.3.1	<i>Olosuhteet</i>	14
3.3.2	<i>Betonointi kylmässä</i>	16
3.3.3	<i>Tiivistys</i>	19
3.3.4	<i>Lattian hierto</i>	19
3.4	Jälkihoito ja lujuuden kehitys	21
3.5	Laatutekijät	24
4	PINNOITTEEN VALINTA	25
4.1	Pinnoittamisen tarkoitus	25
4.2	Pinnoitetyypit ja materiaalit	26
4.2.1	<i>Fluatointiaineet</i>	28
4.2.2	<i>Epoksit</i>	29
4.2.3	<i>Polyuretaanit</i>	30
4.2.4	<i>Akryylit</i>	31
4.2.5	<i>Sirotteet</i>	31
5	PINNOITTAMINEN	34

5.1	Alustan vaatimukset	34
5.1.1	<i>Puhtaus</i>	34
5.1.2	<i>Kuivuus</i>	34
5.1.3	<i>Lujuus ja kulutuskestävyys</i>	34
5.1.4	<i>Betonipinnan tasaisuus ja profiili</i>	35
5.2	Esikäsittely	36
5.2.1	<i>Suolahappopeittaus</i>	38
5.2.2	<i>Hionta</i>	38
5.2.3	<i>Sinkopuhdistus</i>	38
5.2.4	<i>Jyrsintä</i>	38
5.2.5	<i>Pohjusteet</i>	39
5.3	Pinnoittamisen ajoitus ja olosuhteet	39
5.4	Pinnoitustyö	41
5.5	Laadunvarmistus	42
5.5.1	<i>Paksuusvaihtelut</i>	42
5.5.2	<i>Sileysvaihtelut ja karheusasteet</i>	43
5.5.3	<i>Muita laatukriteereitä</i>	44
6	YHTEENVETO	45
	VIITELUETTELO	47

LIITTEET

Liite 1. Betonointipöytäkirja

Liite 2. Pinnoitustyöpöytäkirja

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Logistiikkatilatuotannossa lattioiden valmistus ja niiden pinnoittaminen muodostavat suuren kokonaisuuden rakentamishankkeesta, sekä työmäärällisesti että taloudellisesti. Suunnitelluista lähtökohdista poiketen, esiintyy lopputuloksessa usein virheitä. Näiden virheiden korjaaminen aiheuttaa lisäkustannuksia, joko pääurakoitsijalle tai työn varsinaisesti suorittaneelle aliurakoitsijalle. Suurempien virheiden korjaukset voivat jo aikataulullisestikin vaikuttaa koko hankkeen valmistumiseen.

Lattiatuotannon ongelmista osa johtuu huolimattomasta tai puutteellisesta suunnittelusta, kiireellisistä aikatauluista ja mahdollisesti suunnitteluun käytettävistä liian pienistä budjeteista. Suunnitelmissa ei välttämättä ole osattu valita oikeita, tilan käytölle sopivia rakenteita tai materiaaleja, jolloin työmaalla joudutaan puuttumaan suunnitteluun ja miettimään vaihtoehtoisia ratkaisuja. Suunnittelun virheisiin voi vaikuttaa myös nuorten suunnittelijoiden vähäinen kokemus.

Suurimmat ongelmat ovat kuitenkin pääasiassa lattiatyön ja pinnoituksen toteutuksessa. Näistä suurin osa liittyy kireään aikataulun aiheuttamaan kiireeseen tai hankaliin olosuhteisiin. Kiire aiheuttaa usein huolimattomuutta, joka johtaa työvirheisiin. Myös urakoitsijoiden ammattitaidossakin on havaittavissa puutteita. Tässä työssä on tarkoitus käydä läpi esiintulleita epäkohtia ja tulevaisuudessa minimoida tai poistaa tavallisimmat ja usein esiintyvät ongelmat.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on laatia rakennushankkeen projektinjohto- ja/tai pääurakoitsijana toimivalle SRV Toimitilat Oy:lle yleisohjeistus logistiikkatilojen betonilattiatuotannosta ja pinnoituksesta. Ohjeesta on tarkoitus tulla apuväline työmaalla toimivalle työnjohdolle ja juuri siksi se toteutetaan työnjohdon näkökulmasta. Tällä tavoin pystytään valvomaan työn etenemistä taloudellisesti ja laadullisesti, sekä mahdollisesti vaikuttamaan suunnittelunohjaukseen, mikäli toteutussuunnitelmissa havaitaan puutteita tai virheitä.

Projektinjohtomallilla toimiva yritys tarvitsee ohjeen, joka kattaa tämän työn aihepiirin mukaisen, kaikkien työvaiheiden tuotantoketjun, suunnittelusta laadunvarmistukseen. Projektinjohtourakoissa työnjohdon osaamisen tulee näkyä tarvittaessa myös suunnittelunohjauksessa, eikä pelkästään työmaan toteutuspuolella. Tämän vuoksi työhön on sisällytetty myös suunnitteluun liittyviä asioita, jotka eivät normaalisti kuulu suoranaisesti työmaan toteutuspuolen henkilöstölle.

1.3 Toteutustapa

Työn tutkimuskohteena ovat jo valmistuneet sekä käynnissä olevat logistiikka liiketilatoimialueen työmaat. Tutkimusmenetelmänä on pääsääntöisesti alan kirjallisuus, materiaalivalmistajien ohjeet ja oppaat sekä työselostukset. Myös työn tekijän omat kokemukset ja dokumentaatiot työmailta ovat oleellisessa asemassa.

Dokumentit käsittävät pääasiassa valokuvia ja muistiinpanoja esimerkiksi olosuhteista, työmenetelmistä ja virheellisistä työsuorituksista. Myös muutamissa valmistuneissa kohteissa suoritettujen takuukorjausten virhe- ja puute-listoista on kerätty tietoa yleisimmistä lattia- ja pinnoitustöiden virheistä, jotka ovat aiheutuneet rakennusaikana, mutta tulleet esille vasta myöhemmin.

Työn tutkimus aloitetaan betonilattioiden suunnittelusta ja edetään vaiheittain, työn toteutuksen kautta laadunvalvontaan. Lattiavalmistuksen jälkeen käsitellään pinnoittamisen tarkoitusta, materiaaleja sekä pinnoittamisen eri vaiheita. Näin saadaan tiivis paketti koko toteutusketjusta ja pystytään pääurakoitsijan ominaisuudessa vaikuttamaan hyvissä ajoin, joko suunnittelussa tai itse työn toteutuksessa esiintyviin epäkohtiin.

Logistiikkatilojen tuotantoon liittyen, tarkastelussa ovat mukana maanvaraiset lattiatyypit ja paalulaatat. Pinnoitteista on otettu tarkasteltavaksi polymeerituotteet ja pintasirotteet.

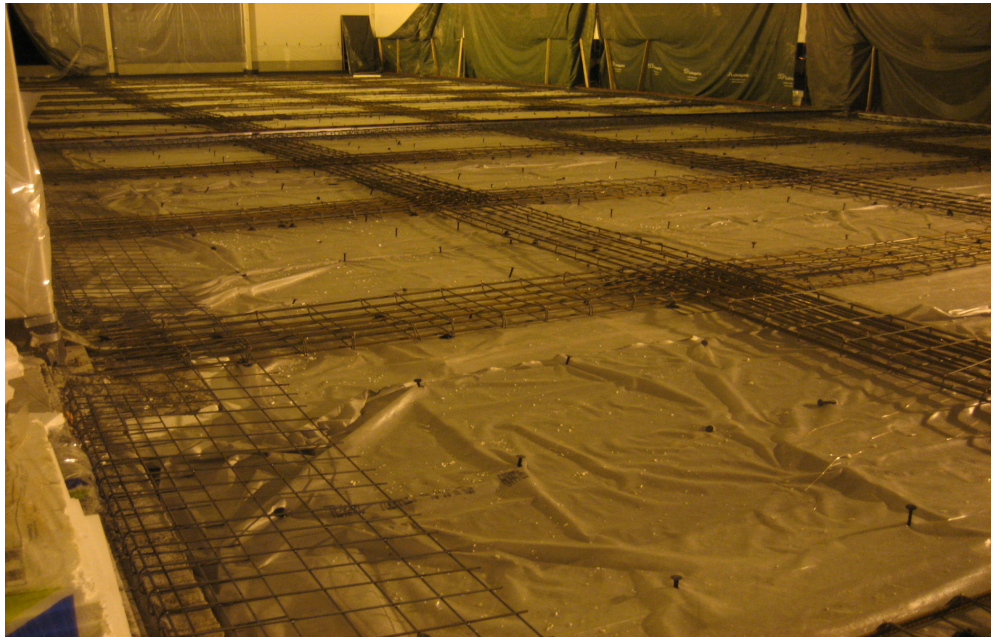
2 BETONILATTIAN SUUNNITTELU

Suunnittelun lähtökohtana on, että betonilattialle asetetut tavoitteet toteutuvat sekä uutena, että jatkuvassa käytössä mahdollisimman pienin hoito- ja korjauskustannuksin. Tavoitteiksi määritellään yleensä kestävyys, tasaisuus, lujuus, ulkonäkö ja puhtaanapidettävyyys. Lattiaan kohdistuvat mekaaniset ja kemialliset rasitukset tulee myös huomioida suunnittelun alkuvaiheessa. Tyypillisiä kemiallisia rasituksia ovat erilaisten happojen, rasvojen ja öljyjen syövyttävä vaikutus. Kemialliseen kestävyYTEEN voidaan vaikuttaa betonin koostumuksella, pintakäsittelyllä ja pintamateriaalilla. Fysikaalisiin rasituksiin kuuluvat esimerkiksi liikennekuormitus, laahaus, hankaus sekä iskukuormitukset. Suunnittelijan on tutkittava rasituksen laatu ja keskimääräinen toistuvuus, jolloin voidaan selvittää tarvittava betonin lujuus. [1, s.24; 2, s.8.]

2.1 Maanvarainen laatta ja paalulaatta

Logistiikkatiloissa tavallisempaa lattiarakenteena käytetään maanvaraista laattaa. Perusvaihtoehtoina ovat maanvarainen laatta ja lämpöeristetty maanvarainen laatta. Tämänkaltaisten rakenteiden alustojen tulee olla tasaiset ja riittävän kantavat. Maanvaraisen laatan kuormat siirtyvät suoraan maapohjaan eikä perustusrakenteiden kautta. Huonosti kantavalla maaperällä käytetään paalulaattaa, jossa lattian kuormat siirtyvät paalujen varaan. Maapohjan pintakerroksen suodatinkankaan päällä on hyvä käyttää 20 - 40 mm paksua, hiekasta tehtyä laakerointikerrosta, joka helpottaa tasaisen alustan rakentamista ja vähentää samalla kitkaa laatan ja alustan väliltä. Kankaan alle tulee tehdä karkeammasta kiviaineksesta kapillaarikerros, ettei vettä kulkeudu laakerointikerrokseen ja betonilaattaan. [3, s.27.]

Näiden perustyyppien ominaisuuksiin vaikuttaa paljon raudoituksen valinta. Usein käytetään verkkoraidoitusta sekä ylä- että alapinnassa, mutta nykyään kuitubetonit ovat lisäämässä suosiotaan. Tietyissä tapauksissa lattia voidaan valaa pelkästään kuitubetonilla, ilman muunlaista raudoitusta. Tämä tarkoittaa sitä, että betonimassa voidaan purkaa suoraan betoniauton kourusta ja levittää laserohjatulla levityskoneella. Näin saadaan valmista lattia pintaa nopeasti ja laadukkaasti. Myös kaistaraidoitettu paalulaatta on mahdollista tehdä kuitubetonilla, mikäli se ei ole lämpöeristetty. Kaistaraidoitteet asennetaan aluksi maata vasten ja nostetaan valun edetessä. Tällöin päästään myös purkamaan betonimassa suoraan valukohteeseen betoniautosta.



Kuva 1. Lämpöeristetyin paalulaatan kaistaraudoitus.

Teräskuituraudoitettu paalulaatta, jossa ainoastaan laatan sisäisten palkki-kaistojen kohdalla käytetään perinteisiä raudotteita (kuva 1), tukeutuu reunoiltaan sokkelipalkistoon. Tämä on hyvin uusi toteutustapa Suomessa, mutta muualla Euroopassa tällä menetelmällä on toteutettu useita kohteita onnistuneesti. Kuituraudoitetulla paalulaatalla saavutetaan perinteisellä tavalla raudoitettuun paalulaattaan verrattuna teknisiä ja taloudellisia etuja, jotka ovat tärkeitä lattiatuotannossa. Tulevaisuudessa suuria betonilattioita, sekä maanvaraisia että paalulaattoja, tullaan varmasti entistä enemmän tekemään kuitubetonista. [10; 13, s.53 - 54.]

2.2 Betonilattioiden luokitus

Betonilattiasuunnitelmassa tulee esittää tärkeimmät laatuvaatimukset luokituksen mukaisella kirjain – numero – numero yhdistelmällä, esimerkiksi B - 4 - 30(-T). Luokitus määrittelee lattian tasaisuuden, kulutuskestävyyden ja betonin lujuusluokan. Tärkeätä on huomioida, etteivät eri vaatimukset ole keskenään ristiriitaisia laatuvaatimusten suhteen, kuten lujuus ja kulutuskestävyys. Erityisen vaativissa kohteissa luokkamerkintään liitetään neljäs osa (T) lattiaurakoitsijan pätevyyden varmistamiseksi. Tällöin suositetaan lattiaurakoitsijaa, jonka johdossa on betonityönjohtajapätevyyden omaava henkilö. Tämä ei ole valmiin lattian laatutekijä, vaan lattiaurakoitsijan pätevyyden osoitus. Laatutekijät on luokiteltu taulukon 1 mukaisella tavalla.

Taulukko 1. Lattian laatutekijöiden valintaohje [14].

Kohde	Laatuluokka		
	Tasaisuus ¹⁾	Kulutuskestävyys	Muut laatutekijät
Asunnot, toimistot ja muut päällystettävät lattiat – ei käytetä tasoitetta – käytetään itsestään leviävää tasoitetta – parvekkeet, käytävät ym. kylmät tilat ³⁾	A C	4 4	30 30
Teollisuuslattiat – tasaisuus tärkeä laatutekijä, kuten korkeat varastot (esim. trukkiliikenne) – kulutuskestävyys tärkeä laatutekijä (esim. suuret liikennekuormat, vilkas liikenne, pienet ja kovat trukin pyörät) – teollisuuslattat yleensä (esim. pienteollisuustalot, kevyt teollisuus) – pinnan karheus tärkeä laatutekijä esim. kylmät pysäköintitilat ja lastauslaiturit (luokittelemattomat laatutekijät)	A (A ₀) C (B) C	3 2 3	40 ²⁾ 50 ²⁾ 30
Toisarvoiset päällystämättömät tilat – vain kävelyliikennettä tai kevyiden tavaroiden varastointia (esim. kellaritilat asuinrakennuksissa)	C	4	30

- 1) Jos lattia tasoitetaan tasoitteella tai päällystetään lattiapäällysteellä, sovelletaan tasaisuusvaatimuksia ennen tasoittamista tai lattiapäällysteen asentamista.
- 2) Lujusluokka suositellaan valittavaksi mieluiten rakenteellisten vaatimusten mukaisesti (vähintään K30) ottaen kuitenkin huomioon mm. työmenetelmä.
- 3) Pinnan karheus tärkeä laatutekijä liukkausvaaran takia. Kaltevuudet suunnitellaan niin, että lattialle ei muodostu lammikoita.

Tasaisuus esitetään kirjaimin A₀, A, B, C ja D. Kulutuskestävyys merkitään numeroin 1, 2, 3 ja 4. Luokan viimeisen numeron perusteella määräytyy laatuvaatimukset betonin minimilujusluokalle, joka ilmaistaan arvolla MPa. Normaalisti käytössä olevat lattiabetonilujuudet ovat 30, 40, 50. (taulukko 1).

Taulukossa 2 on esitetty lattiabetonin lujuuden valintaan sopivia käyttökohde-esimerkkejä. Logistiikkatiloissa käytetään yleensä lujusluokan K40 betonia, mutta myös K30 ja K50 lujusluokan betoneita voidaan käyttää tapauskohtaisesti. [1, s.1-2; 14, s.404 - 406.]

Taulukko 2. Lattiabetonin lujuuden valinta [1].

Lujuusluokka	Käyttökohde-esimerkkejä
K30	<ul style="list-style-type: none"> - pehmeän päällysteen alustana asunnoissa - tavanomaiset kellaritilat (ei ajoneuvoliikennettä) - mosaiikkiparketin alustana asunnoissa - julkiset tilat - pienet työpajat, korjaamot, autosuojat, tavanomaiset varastot
K40	<ul style="list-style-type: none"> - korjaamot, varastot, teollisuustilat, autohallit, pysäköintitalot, kuormaustasot
K50	<ul style="list-style-type: none"> - kohteet, joissa betonipintaiselta lattialta edellytetään erittäin hyvää kulutuskestävyyttä tai kemiallista kestävyyttä - tehdään usein vain ohuehkona pintabetonikerroksena

2.3 Muut laatuvaatimukset

Lattian laatuvaatimusten määrittäminen on osana yleissuunnittelua. Peruslaatuvaatimukset tulevat esille luokitusjärjestelmästä, mutta on olemassa myös muita, niin sanottuja luokittelemattomia laatutekijöitä. Näistä luokittelemattomista laatutekijöistä on tehtävä selvitys, jossa ilmenee laatuvaatimus ja sen toteamistapa. Selvitys liitetään suunnitelmaan ja sitä kautta rakennusasiakirjoihin. Tällaisia luokittelemattomia laatutekijöitä voivat olla esimerkiksi kemiallinen kestävyys, säänkestävyys, vesitiiviys, sähkönjohtavuus, karheus ja ulkonäkö. Teräskuitubetonilattioille voidaan myös määrittää pintaan jääneiden kuitujen sallitut enimmäismäärät. [1, s.12 - 14.]

3 BETONIMASSA JA BETONOINTI

Betonimassan valinnan lähtökohtana on valmiille lattialle asetetut laatuvaatimukset. Suunnittelija on yleensä määrännyt luokitusjärjestelmän mukaisen laadun ja rasitusluokat. Muut betonimassan ominaisuudet valitsee urakoitsija, olosuhteiden ja työmenetelmien mukaan. Myös rakentamisen aikataulut vaikuttavat massan ominaisuuksien valintaan. Eri osatekijöiden optimaalisella yhdistelmällä päästään laatuvaatimukset täyttävään lopputulokseen. Eli huonoilla työtavoilla ja olosuhteilla ei päästä hyvään lopputulokseen, vaikka betoni olisikin kuinka hyvää tahansa. Myöskään huonosta betonista ei saada edes hyvillä työmenetelmillä laadukasta lattiaa.

Betonilattian toteutuksen onnistumisen edellytyksenä voidaan pitää betonointisuunnitelmaa. Suunnitelmassa esitetään yleensä betonointijärjestys, olosuhteet, jälkihoitosuunnitelma sekä laadunvalvontaohjelma. Usein ongelmia tuottaa betonilattiatöiden sijoittuminen muiden töiden lomaan ja silloin vaadittujen olosuhteiden luominen on hankalaa. Myös lattiarakenteiden käyttöönotto tapahtuu usein aivan liian aikaisin kuormankanto- ja kulutuskestävyyskyky huomioiden.

Lattiabetonimassan valinnassa tärkeintä on

- laatutekijöiden saavutettavuus
- lattioiden päällystettävyyden tai pinnoitettavuus
- valuolosuhteet.

Erilaisilla betonilaaduilla saavutetaan tietty kulutuskestävyys ja niillä on myös erilaiset sitoutumis- ja kuivumisnopeudet. Onnistuneiden betonilattioiden teko vaatii huolellisen massan oikaisun ja tiivistyksen, oikein ajoitetun pinnan hierron ja mahdolliset siivityskerrat sekä vallitsevien olosuhteiden mukaisen jälkihoidon ja betonilaadun valinnan.

3.1 Betonimassan koostumus

3.1.1 Runkoaine

Lattiabetoneissa runkoaineena käytettävän kiviaineksen tärkeimmät ominaisuudet ovat suurin nimellisraekoko, rakeisuus, raemuoto ja kulutuskestävyys. Raekoolla ja rakeisuudella on suurin vaikutus betonin työstettävyyteen ja kutistumiin, mutta myös kulutuskestävyyteen. Raemuodon vaikutukset tu-

levat esille työstettävyydessä ja tiivistyksessä. Kiviaineksen kulutuskestävyydellä on suora vaikutus betonin kulutuskestävyyteen.

Betonilattian kulutuskestävyysluokat 3 ja 4 saavutetaan normaaleilla betonin valmistuksessa käytettävillä kiviaineksilla. Luokkaan 2 voidaan päästä tarkoin valitulla suomalaisella kiviaineksella. Kulutuskestävyysluokka 1 edellyttää jo erikoisrunkoaineen käyttöä. Yleensä luokkiin 1 ja 2 pääsy edellyttää sirotteen käyttöä tai sitten rakenne tehdään kovabetonilattiana.

Rakeisuuden suunnittelussa on tavoitteena koota runkoaineslajeista hyvin pakkautuva kokonaisuus, jonka tarvitsema veden ja sementin yhteistilavuus on mahdollisimman pieni. Tärkeimpänä pyrkimyksenä on minimoida pastan ja fillerin yhteismäärä. Tällä tavalla rajoitetaan betonin kuivumiskutistuman määrää. Raemuoto vaikuttaa paljon betonimassan käsiteltävyyteen ja hyvän kulutuskestävyyden saavuttamiseksi vaaditaan runsaasti karkeita runkoaineita. Parhaiten kulutuskestävyyttä omaava kiviaines saadaan tietyistä kivilaaduista kalliosta murskaamalla, mutta silloin raemuoto on hyvin karkea. Betonimassan käsiteltävyyden kannalta olisi suotavaa käyttää pyöreämuotoista kiviainesta.

Myös kiviaineen puhtauteen tulee kiinnittää huomiota, sillä humusainetta sisältävä kiviaines heikentää sementin sitoutumista tai estää sen kokonaan. Humuksen vaikutuksesta jälkihoitoaika kasvaa, eikä vaadittua lujutta tai kulutuskestävyyttä saavuteta. [1, s.95; 2, s.37 - 40; 14, s.31 - 38.]

3.1.2 *Sementti eli sideaine*

Melkein kaikkia rakennussementtejä voidaan käyttää lattiabetonien sideaineina. Työmenetelmät ja käyttöolosuhteet suosivat eri ominaisuuksia sementissä ja siten eri sementtilaatuja. Sementti ja sen lisäaineyhdistelmät tulisi valita siten, että massa sitoutuu tärytysrajamäärityksen mukaan alle kuudessa tunnissa. Silloin optimaalisissa olosuhteissa massa olisi hierrettävää jo neljän tunnin iässä, eikä huonoissakaan olosuhteissa hierron aloitus saisi paljoa tästä pitkittyä.

Standardi määrittelee sementit niiden koostumuksen perusteella viiteen pääluokkaan.

- portlandsementti (CEM I)
- portlandseossementti (CEM II)

- masuunikuonaselementti (CEM III)
- pozzolaaniselementti (CEM IV)
- seosselementti (CEM V).

Päälajit jaetaan vielä 27 sementtilajiin käytetyn seosaineen ja seosainemäärien perusteella.

Sementit jaetaan myös kolmeen standardilujuusluokkaan, 32.5, 42.5, ja 52.5, joilla tarkoitetaan sementin standardilujuutta 28 vuorokauden iässä. Lujuusluokkatunnuksen yhteydessä oleva tunnus R kertoo korkeasta varhaislujuudesta ja N normaalista varhaislujuudesta kyseisessä lujuusluokassa.

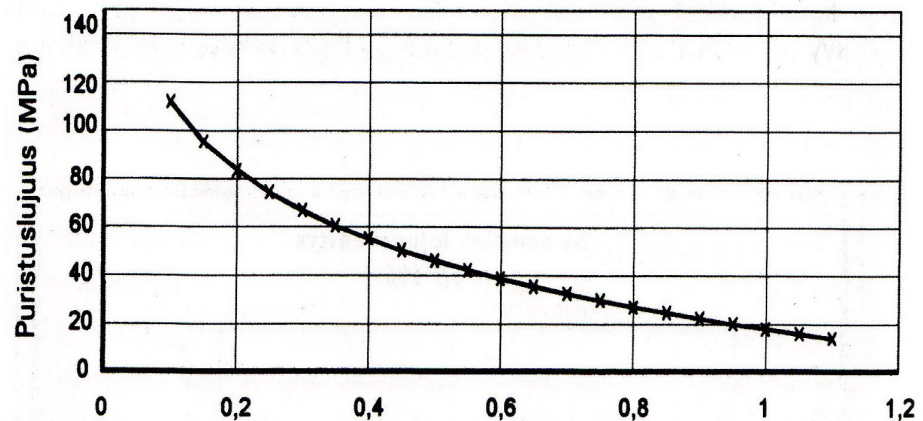
Sementti, jonka sitoutumisen alku on hidas, ei sovellu talvivaluihin, koska massan jäähtymisen myötä reaktio hidastuu entisestään. Tällöin reaktiota voidaan muuttaa käyttämällä kiihdyttävää notkistinta tai lämpimämpää massaa. Nopealle sementille riittävä työstöaika voidaan saavuttaa käyttämällä hidastavaa notkistinta tai hidastinta ja jäähdyttämällä massa kylmän veden avulla. [1, s.96 - 97; 14, s.39 - 45.]

3.1.3 Vesi

Betonin valmistukseen käytettäväksi vedeksi kelpaa vesijohtovesi tai juomakelpoinen luonnonvesi. Ainoastaan humuspitoiset suovedet ja teollisuuden tai asumajätteiden saastuttamat vedet eivät kelpaa betonin valmistukseen ilman tarkempaa tutkimusta. Tällaisten vesien käyttö saattaa estää betonin kovettumisen kokonaan. Myös pienet määrät sokeria, jopa 0,1 %, vedessä tai betonissa voivat estää kovettumisen. Meriveden käyttö on sallittua, ottaen huomioon ympäristöluokituksen asettamat rajoitukset kloridien kokonaismäärästä. Se ei kuitenkaan ole suositeltavaa.

Suhteutuksessa määritelty vesimäärä tulee kokonaisuudessaan lisätä ja sekoittaa betoniin sen valmistuksen yhteydessä. Ylimääräinen vesi hidastaa betonin sitoutumista, lisää erottumista sekä heikentää betonin lujutta ja kulutuskestävyyttä. Mitä pienempi vesi-sementtisuhte on, sitä jäykempää ja vaikeammin työstettävää massa on. Lattialle asetetut säänkestävyys- ja/tai kulutuskestävyysvaatimukset kuitenkin vaativat alhaista vesisementtisuhtetta ja tällöin työstettävyyttä on parannettava lisäaineilla. Vesisementtisuhteen kasvaminen lisää myös kutistumaa ja halkeiluriskiä. Vesisementtisuhteen

ohjeelliseksi maksimiarvoksi on annettu 0,7 (kuva 2). Rakeisuuskäyrää muuttamalla voidaan vesisementtisuhdetta pienentää siten, että rakeiden väliin pastalle jäävä tila pienenee ja näin betonista tulee vähemmän halkeileva ja kutistuva.



Kuva 2. Betonin puristuslujuus eri vesi-sementtisuhteiden arvoilla [14].

Työmaalla ajoittain havaittavana virheenä on veden lisäys betonimassan notkistamiseksi. Betoniin ei kuitenkaan saa lisätä vettä, vaan tarvittava lisänotkistus tehdään sekoittamalla notkistinta massan joukkoon betoniauton sekoittimessa. Vesi-sementtisuhteiden muuttaminen voi muuttaa koko massan koostumuksen. [1, s.97 - 98; 14, s.62.]

3.1.4 Lisä- ja seosaineet

Lisäaineilla voidaan säädellä betonin ominaisuuksia, sitoutumista ja kovettumista sekä kovettuneen betonin ominaisuuksia. Lisäaineet vaikuttavat joko fyysikaalisesti tai kemiallisesti ja niiden määrät betonissa ovat hyvin pieniä verrattuna muihin osa-aineisiin. Lisäaineilla pyritään parantamaan betonin teknisiä ominaisuuksia ja taloudellisuutta. Lisäaineilla on kuitenkin päävaikutuksen lisäksi myös sivuvaikutuksia. Esimerkiksi eräät notkistimet hidastavat sitoutumisreaktiota erityisen kylmissä olosuhteissa.

Tavallisimpia lisäaineita ovat notkistimet ja huokostimet. Notkistimilla voidaan säädellä betonin notkeutta ja välttää ylimääräistä veden käyttöä. Viileissä olosuhteissa on kiinnitettävä huomiota notkistimien mahdolliseen sideaineiden sitoutumista hidastavaan vaikutukseen. Huokostavan lisäaineen ensisijainen käyttötarkoitus on betonin pakkasenkestävyyden parantaminen ja sitä tulisi käyttää kaikissa pakkas- ja säärasituksille alttiissa rakenteissa. Huokostimet muodostavat pieniä ilmakuplia, jotka leviävät tasaisesti beto-

niin. Nämä suojahuokokset ottavat vastaan betonissa olevan jäätyvän veden paineen siten, ettei betoni rikkoudu. Huokostimien avulla voidaan myös parantaa lattiabetoneiden työstettävyyttä ja koossapysyvyyttä, sekä nopeuttaa betonilattian kuivumista hallituissa olosuhteissa. Huokostavalla lisäaineella betonimassan ilmapitoisuus nostetaan 4...8 %:iin.

Kiihdyttimen käyttö lattiabetonin sitoutumisen nopeuttamiseksi viileässä on mahdollista, mutta on huomioitava, että kiihdyttimen toiminta riippuu lämpötilasta. Monissa tapauksissa sitoutumisen nopeuttaminen on helpompaa ja edullisempaa betonin suhteutusta muuttamalla. Hidastimella siirretään sitoutumista myöhemmäksi. Esimerkiksi pitkillä kuljetusmatkoilla hidastimen käyttö on yleistä. Hidastin ei pienennä rakenteen maksimihydrataatiolämpötilaa, vaan siirtää sen ajankohtaa. Kylminä vuodenaikoina hidastinta ei yleensä tarvitse käyttää.

Betonin side- ja runkoaineena voidaan käyttää mineraalisia seosaineita, joita ovat muun muassa lentotuhka, masuunikuonajauhe ja silika. Seosaineilla pystytään vaikuttamaan betonimassan työstettävyyteen ja kovettuneen betonin lopullisiin ominaisuuksiin. Lentotuhkan käytöllä voidaan parantaa betonimassan työstettävyyttä ja koossapysyvyyttä. Se kuitenkin heikentää varhaislujuutta, mutta parantaa vähän myöhäisiänlujuuksia. Masuunikuonajauheen vedentarve on pieni ja se notkistaa betonia. Sillä saadaan vähennettyä huomattavasti hydratoitumislämpöä. Masuunikuonajauheen käyttö myös kasvattaa myöhäislujuuksia, mutta alentaa varhaislujuuksia. Silika lisää huomattavasti betonin lujuutta. Se parantaa betonin kemiallista kestävyyttä, koossapysyvyyttä, tiiviyyttä ja vedenpitävyyttä. Silika kuitenkin lisää betonin vedentarvetta, joten sen kanssa suositellaan käytettäväksi notkistinta. [1, s.98; 14, s.63 - 68.]

3.2 Teräskuitubetoni

Teräskuitubetoni on lujilla teräskuiduilla raudoitettua betonia ja sen etuna on valunopeus verrattuna perinteiseen raudoitukseen ja halkeaman jälkeinen kuormankantokyky. Kuidut voidaan annostella betoniasemalla sekoittimeen tai suoraan kuljetusautoon. Annostelun jälkeen sekoitusaika on 3 - 5 minuuttia ja tämän jälkeen massa on valukelpoista. Massaan tasaisesti jakautuneet kuidut jakavat kuormituksia joka suuntaan kolmiulotteisesti. Kuidut pienentä-

vät oleellisesti halkeiluriskiä ja mahdollistavat ohuemat rakenteet. Teräskuitubetoni on sitkeä ja kestävä materiaali.

Kuidut valmistetaan yleensä kylmävedetystä teräslangasta, jonka loppulujuus on noin 11100 MPa. Kuitujen päissä on ankkurikoukut ja ne on liimattu levyiksi vesiliukoisella liimalla. Kuidut irtoavat toisistaan sekoituksen aikana ja muodostavat homogeenisen raudoituksen betoniin.

Maanvaraisissa betonilattioissa pyritään käyttämään mahdollisimman pitkää ja ohutta teräskuitua. Normaali annostus on 20 - 40 kg/bm³. Pinnan huolellinen työstäminen ja erityisesti pinnan tärytys ennen sirotteiden hiertoa on erittäin tärkeää lopputuloksen kannalta. Tärytyksellä ja tarkalla betonin suhteutuksella mahdollistetaan kuituvapaa pinta. Pintaan jääneet kuidut on yleisin kuitubetonin ongelma ja vaikeata korjata myöhemmin.

Väärin suhteutettuna teräskuitubetoni voi olla hankala pumpata ja levittää sekä väärillä tiivistysmenetelmillä saadaan aikaan vaikeasti työstettävä ja pinnoitettava betoni. Usein valmiissa lattiassa näkyy pintaan jääneitä kuituja (kuva 3), joko pystyssä tai vaakatasossa tai jossakin siltä väliltä. Tämä on yleinen ongelma, jos ei ymmärretä kuidutetun betonimassan käyttäytymistä. [9.]



Kuva 3. Teräskuitu pystyssä valmiissa lattiapinnassa.

On suositeltavaa, että kuitutoimittajan laskema mitoitus pyydetään kirjalliseksi. Mitoituksen tulee perustua aina johonkin tiettyyn kuituun, eikä ole hyväksyttävää vaihtaa kuitutyyppejä. Vaikka olisikin nimikkeeltään vastaava kuitu, ei mitoitus ole pätevä, koska kaikilla kuiduilla ovat omat ominaisarvonsa, johon mitoitukset perustuvat. Jotkin kuitutoimittajat myös käyttävät menetelmiä, joissa kuitumäärä otetaan suoraan mitoitustaulukosta tai jopa suoraan vertaamalla kohteeseen suunnitellun, perinteisen raudoituksen kapasiteettia jonkin tietyn kuitumäärän kapasiteettiin. Alustavissa, budjetointia varten tehtävissä laskelmissa voidaan tätä menetelmää käyttää, mutta lopullisen mitoituksen tulee perustua todelliseen, dokumentoituun laskentaan. [13, s.54.]

Lujuuden kannalta tulee pyrkiä kilomäärän sijasta suureen kuitujen kappalemäärään, eli silloin käytetään mahdollisimman pitkää ja ohutta kuitua. Pitkät kuidut palloontuvat helposti, jos niiden hoikkuusluku ylittää raja-arvon 50. Suurin lattioissa käytettävä kuitupituus on 60 mm ja suurin hoikkuusluku 80. Tällöin kuidut annostellaan betonimassaan levyinä ja kuidut irtoavat toisistaan vasta sekoittimessa.

Kun lujuustavoite vaatii paljon teräskuituja, niin on todennäköistä, että kuituja tulee pintaan ja sen lähelle. Pistekuormien jakautumisen kannalta tämä on hyvä asia. Tärytys ja hierto painavat pinnassa olevat kuidut 5 - 10 mm:n syvyyteen. Nämä vaiheet oikein tehtynä ja massan oikea suhteutus on kuituvapaan lattiapinnan edellytykset. [9.]

Pintaan jääneiden kuitujen sallitut määrät voidaan laskea seuraavasti:

- Lattia-ala jaetaan sadan neliömetrin ruutuihin
- Ruuduista valitaan satunnaisesti 5 kpl, jos yhteispinta-ala on alle 10 000 m² tai 10 kpl, jos yhteispinta-ala on yli 10 000 m²
- Jokaisesta valitusta ruudusta rajataan 1x5 m:n alue ja lasketaan pinnassa näkyvät kuidut
- Kuitumääristä lasketaan keskiarvo neliometriä kohden X/m².

Hyvälaatuisessa sirotepintaissa lattiassa pintaan jääneitä kuituja saisi olla alle 3 kpl/m² ja sirotteettomassa alle 6 kpl/m². Tavanomaisessa sirotepintaissa lattiassa vastaava määrä on 3..<6 kpl/m² ja sirotteettomassa 6..<10 kpl/m². [1, s. 14.]

3.3 Betonointi

Betonointi on usean työvaiheen muodostama ketju betonimassan vastaanotosta tai valmistuksesta jälkihoidon aloittamiseen saakka. Menetelmiä on useita, mutta kaikkiin menetelmiin liittyvät seuraavat työvaiheet:

- betonin valmistus ja/tai vastaanotto
- betonin siirrot tapauskohtaisesti riippuen menetelmästä
- levitys, tiivistys, pinnan muotoilu ja täydentävät työvaiheet
- jälkihoidon aloitus
- laadunvarmistustoimenpiteet.

Eri betonointimenetelmillä on periaatteessa mahdollisuus päästä samaan lopputulokseen. Valintaan vaikuttavat kokemus, kalusto, olosuhteet ja lattian rakenne. Lattian betonoinnin työmenetelmän tulee perustua lattialle asetettuihin laatu- ja toimintavaatimuksiin, huomioiden valittu betoni ja olosuhteet. Pyrittäessä tekemään hyviä betonilattioita, tulee valuolosuhteiden olla kunnolliset. Hyvin usein lattiatyön epäonnistuminen laitetaan huonojen valmistelujen ja epäsuotuisissa olosuhteissa tehtyjen valujen piikkiin. [1, s.105; 12, s.65.]

3.3.1 Olosuhteet

Valualustojen lämpötilan tulisi olla vähintään +10 °C betonoinnin alkaessa. Lämpötila tulisi saavuttaa viimeistään puoli vuorokautta ennen valun alkua. Valutilan lämmitys on siis aloitettava jo edellisinä päivinä. Valutilan voimakkaat ilmavirtaukset on pyrittävä estämään ainakin jälkihoidon alkuun asti, jotta vältetään betonin varhaishalkeilu. Kosteaa ilmanlaatu valun aikana on huomattavasti parempi kuin kuiva. [12, s. 65.]



Kuva 4. Plastisen kutistumisen aiheuttamaa halkeilua.

Tuoreessa betonipinnassa tapahtuu plastista kutistumista jos pinta pääsee kuivumaan liikaa ennen massan sitoutumista. Pinnalta haihtuva kosteusmäärä on silloin suurempi kuin massasta pintaan erottuva vesimäärä. Kutistuminen on sitä suurempaa, mitä enemmän pinnalta haihtuu kosteutta. Haihtumista lisää ilmavirtauksen nopeuden kasvu, kuivat olosuhteet ja korkea massan sekä ilman lämpötila. Liian suuresta plastisesta kutistumisesta aiheutuu yleensä pinnan halkeaminen verkkomaisena tai yksittäisinä halkeamina (kuva 4). Tämä on yleensä seurausta varhaisjälkihoidon puutteesta. Kokemusten kautta tiedetään että valun pinnasta tapahtuvan kokonaisu haihtumisen ollessa noin $1,0 - 1,5 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, riski plastisten halkeamien syntyä kasvaa merkittävästi.

Halkeamien koko kasvaa mitä harvemmassa ne ovat. Halkeamat saadaan kyllä hierrettyä umpeen, mutta ne aukeavat tai tulevat uudelleen näkyviin pinnan hionnan sekä kulumisen ja kuivumiskutistuman yhteydessä, jopa kuukausienkin kuluttua valusta. [12 s. 65; 3, s. 28.]

Lämpötila vaikuttaa merkittävästi tuoreen betonin ominaisuuksiin. Lattiassa betonia on ohut ja vaikeasti suojattava kerros sen pinta-alaan nähden. Tällöin olosuhteiden vaikutukset korostuvat erityisesti. Betonin matala lämpötila hidastaa sementin sitoutumista riippumatta sementtilaadusta. Karkeasti ilmaistuna voidaan sanoa betonin sitoutumisajan puolittuvan, kun lämpötilaa

nostetaan 10 °C ja kaksinkertaistuvan kun lämpötila laskee 10 °C. Vertailuarvona pidetään + 20 °C. [3.]

Hyvissä olosuhteissa paras tulos saadaan 15 - 20 °C massalla, mutta viileissä olosuhteissa massan lämpötilaa joudutaan nostamaan jopa 30 °C:eseen asti. Tästä johtuen, eri työvaiheisiin käytettävä aika lyhenee ja veden haihtumisnopeus pinnasta lisääntyy.

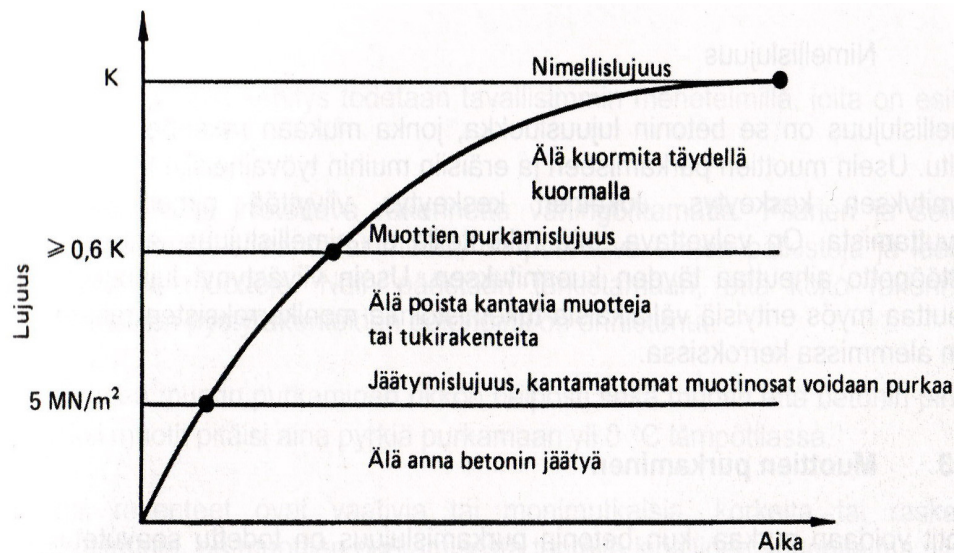
3.3.2 *Betonointi kylmässä*

Säänvaihteluille alttiiksi joutuvat betonirakenteet tehdään pakkasenkestävänä eli huokoistettuna. Betonissakin esiintyvä vesi laajenee jäätyessään 9 % ja jäätymisestä aiheutuu betoniin sisäisiä rasituksia. Kovettuneen betonin säilyvyydelle jäätyminen ei silloin aiheuta vaaraa, jos koostumus on oikea. Kovettumisvaiheessa olevan betonin lujuuden tulee olla ennen jäätymistä niin suuri, että se kestää veden jäätyminen aiheuttamat sisäiset rasitukset. Tästä vähimmäislujuudesta käytetään nimitystä jäätymislujuus. Pakkaskestävyyttä ja jäätymislujuutta ei pidä sekoittaa keskenään, sillä pakkasenkestävyys on kovettuneen betonin kyky säilyttää ominaisuutensa toistuvista jäätymisistä huolimatta.

Jäätymislujuus 5 MPa on määritelty kaikille lujuusluokille samaksi. Jos betoni pääsee jäätymään tämän rajan alapuolella, se vaurioituu pysyvästi. Betonin sisäinen rakenne vaurioituu veden jäätymisestä aiheutuvan laajentumisen vuoksi. Loppulujuus jää tavoitteesta ja muutkin ominaisuudet kärsivät. Kun jäätymislujuus 5 MPa on saavutettu, betoni kestää yhden jäätyksen vaurioita. Toistuva jäätyminen ja sulaminen tehostavat voimakkaasti jäätyksen vaurioittavaa vaikutusta.

Kylmissä olosuhteissa betonoitaessa tulee huomioida kolme tärkeää lujuuden tarkastushetkeä (kuva 5):

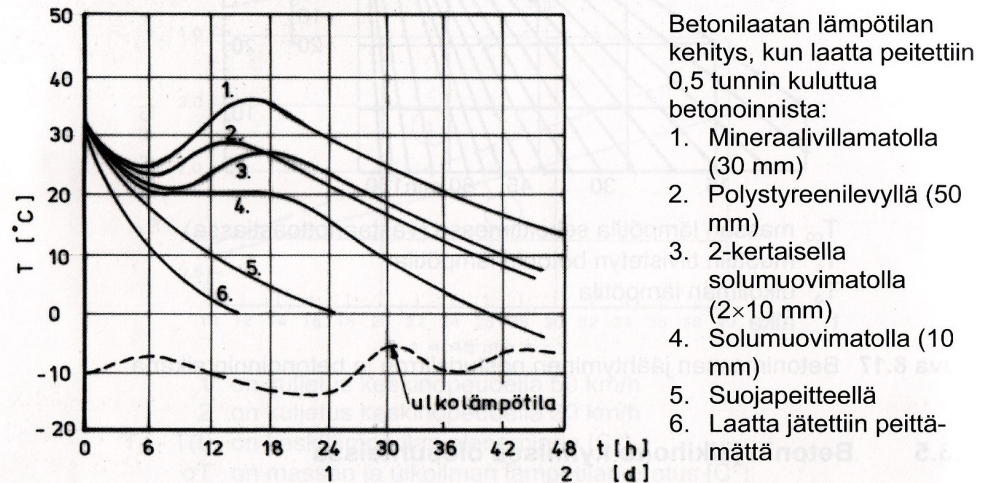
- jäätymislujuuden saavuttaminen
- muottien purkulujuuden saavuttaminen
- nimellislujuuden saavuttaminen.



Kuva 5. Betonin kovettumisen vaiheet kylmissä olosuhteissa [14].

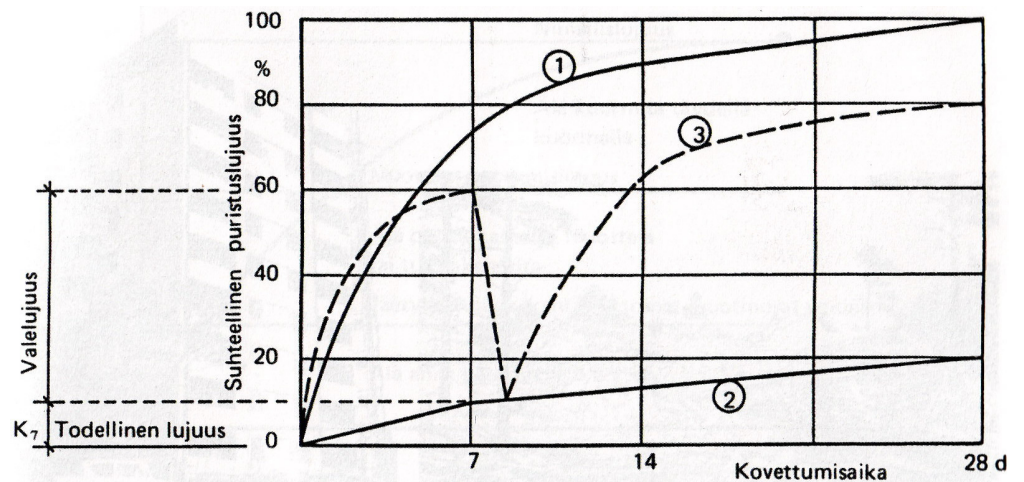
Kovettuva betoni pyritään pitämään jäätymättä aina muottien purkulujuuteen asti, joka on noin 60 % nimellislujuudesta. Muut valualueen läheisyydessä suoritettavat työvaiheet voivat haitata kovettuvan betonin lämpimänä pitämistä, joten silloin on mahdollista, että se saattaisi jäätyä. Kuitenkin vähintään jäätymislujuus 5 MN/m^2 on saavutettava tätä ennen. Jos betonin päästää jäätymään heti valun jälkeen, voi loppulujuuden aleneminen olla jopa 20 %. Joitakin talvibetonointivaurioita tutkittaessa loppulujuuksien alenemiset ovat olleet 50 - 80 % luokkaa.

Laatan valun jälkeisellä suojauksella ehkäistään betonin jäätymistä. Jo pelkällä suojapeitteellä pystytään pitämään betonilaatan lämpötila, 6 tunnin kuluttua valusta, noin 10 °C lämpimämpänä kuin suojaamattoman laatan, kun ulkolämpötila on noin -8 °C . 30 mm:n mineraalivillamatolla suojattuna, betonilaatan lämpötila on kahden vuorokauden kuluttua vielä melkein $+15 \text{ °C}$, kun ulkolämpötila on ollut välillä -6 - $(-14) \text{ °C}$. Täysin suojaamattoman laatan lämpötila laskee 0 °C :n alapuolelle jo 15 tunnin kuluttua valusta (kuva 6).



Kuva 6. Suojausmateriaalin merkitys betonin lämpötilaan [14].

Betonin jäätyessä siihen syntyy valelujutta jopa 10 - 20 MPa. Tämän johdosta lujuudenkehitys näyttää alussa normaalilta ja saattaa hämätä valvontaa. Jään sulaessa tämä valelujuus kuitenkin häviää. Betonin lujuudenkehitys hidastuu paljolti, kun lämpötila laskee alle 0 °C ja lopulta pysähtyy -10 - (-15) °C.



Kuva 7. Jäätymisen vaikutus K20 betoniin [14].

Kuvassa 7 on esitetty kolme erilaista käyrää K20 betonin lujuudenkehityksestä. Käyrässä 1 säilytyslämpötila on koko ajan pidetty samana + 20 °C. Käyrässä 2 säilytyslämpötila on myös koko ajan tasainen - 8 °C. Käyrässä 3 säilytyslämpötila on ensimmäiset 7 vuorokautta - 8 °C ja sen jälkeen + 20 °C. Käyrän 3 alussa on nähtävissä veden jäätyksen aiheuttamaa valelujutta, joka myöhemmin häviää jään sulaessa. 28 vuorokauden iässä käyrän 3

loppulujuus on noin 20 % heikompi kuin käyrän 1, jonka säilytyslämpötila oli koko ajan tasainen + 20 °C.

Lämmitetyllä betonilla, eli niin sanotulla kuumabetonilla voidaan nopeuttaa massan sitoutumisnopeutta ja varhaislujuuden kehitystä. Kuumabetonista haihtuu runsaasti kosteutta ympäristöön, mikä tulee ottaa huomioon jälkihoitoa tehostamalla. Eri betonilaatuja voidaan tilata runkoaineiden lämmityskautena lämmitettynä, joista yleisemmin käytössä on luokka 1, + 30 °C. [14, s.344 - 348, 350 - 354.]

3.3.3 Tiivistys

Tiivistämisen tarkoituksena on saada betoni täyttämään muotit ja ympäröimään raudoitus täydellisesti, poistaa massasta ylimääräinen ilma sekä saada betonin kiviaineksen osaset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan.

Tiivistystehon tarve on suoraan riippuvainen betonimassan notkeudesta ja lattian paksuudesta. Tiivistyskaluston määrän ja tehokkuuden tulee olla riittävä valunopeuteen nähden, hyvän ja tasaisen tiivistyksen aikaansaamiseksi. Juoksevankin tuntuinen massa vaatii huolellisen tiivistämisen kauttaaltaan, mutta liian voimakas tärytys voi nostaa hienoaineet pintaan. Betonin notkeutta ei saa valita vaikeammin tiivistettävän osan mukaan. Esimerkiksi varaukset, kaivot ja seinän vierustat ovat tällaisia alueita. Kyseisiin alueisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota ja käytettävä aluekohtaisesti paremmin soveltuvaa tiivistysmenetelmää. Tärysauva sopii parhaiten paksujen lattioiden tiivistämiseen. Tärysauvaa eli vibraa näkee hyvin usein käytettävän väärin, eli sitä vedetään valun pintaa pitkin. Oikeaoppisesti sauvaa tulee liikuttaa betonissa pistomaisesti, tasaisin välein, kun taas vetäminen johtaa erottumiseen. Myös sauvan pistoväli betoniin on tärkeätä huomioida, koska tärytyksen vaikutussäde on suoraan verrannollinen sauvatäryttimen halkaisijaan. Yleisohjeena voidaan pitää, että sauvan läpimitta kerrotaan kahdeksalla, niin saadaan oikea vaikutussäde ja sauvan pistoväli. [2, s.40 - 41; 3, s.25; 19, s. 25.]

3.3.4 Lattian hierto

Hierto on lattiapinnan laadun päätekijä. Se tiivistää betonin pinta-osan, vähentää huokoisuutta, parantaa lujuutta, kulutuskestävyyttä sekä tiiviyyttä. Betonipinnan hiertomenetelmällä, ajankohdalla ja hiertokerroilla on suuri merkitys pinnan ominaisuuksiin. Hyvän ja oikein ajoitetun hierron jälkeen ei valmiis-

ta lattiasta edes huomaa. Ajoitus onkin vaikeaa, koska se vaihtelee monen osatekijän vaikutuksesta. Hyvissä olosuhteissa massan tulisi olla hierrettävää noin neljä tuntia valmistuksen jälkeen. Käsinihierrolla ei saavuteta juurikaan pintaa tiivistävää ja lujuutta kasvattavaa vaikutusta, kun taas useilla koneellisilla hierroilla ja siivityskerroilla on huomattava kulutuskestävyyttä lisäävä vaikutus.

Lattiaa ei saa hiertää liian aikaisin. Hiertoja ajoitettaessa pintaan erottuneen veden tulee olla käynnistyneen sitoutumisen johdosta hävinnyt, eikä hierto saa nostaa vettä pinnalle. Konehierron aloitus pyritäänkin yleensä käynnistämään silloin, kun vettä ei ole betonin pinnassa ja betoni kantaa ihmisen painon siten, ettei siihen jää kuin maksimissaan 5 mm syvät jalanjäljet. Liian aikaisen hierron johdosta saadaan normaalia epätasaisempi, heikompi ja pölyävä pinta. Pahimmillaan seurauksena voi olla pinnan lujuuden voimakas aleneminen ja pintahalkeilu hierrossa pintaan nousevan veden takia. Jos pinta on kuitenkin päässyt kuivumaan liikaa, voidaan se käsitellä uudestaan varhaisjälkihoitoaineella.

Terässiivekehierto eli sliippaus voidaan aloittaa, kun levyhierron pintaan tuoma ylimääräinen kosteus on haihtunut, eikä laatan pinta ole tahmea. Odotusaika siivityskertojen välillä on riippuvainen betonimassan ominaisuuksista ja olosuhteista. Hienoaineiden kunnolliselle tiivistymiselle sekä kulutuskestävyyden lisääntymiselle vaaditaan vähintään kaksi koneellista hiertoa siivekkeillä. Hiertokertojen välillä siivekkeiden kaltevuutta tulee lisätä hiertopaineen lisäämiseksi.



Kuva 8. Ensimmäinen konehierto suoritettu noin 3 tunnin kuluttua valusta.

Lujuusluokkien 30, 40 ja 50 lattiat hierretään aina koneellisesti (kuva 8). Luokka 30 tarpeen mukaan 2 - 3 kertaa. Luokat 40 ja 50 vähintään 3 kertaa. Hierrot suoritetaan ennen sementin sitoutumista. Aikaa on yleensä 3 - 6 h betonin valmistuksesta, riippuen massan lämpötilasta ja sementin laadusta. [1, 111 - 112; 3. s.28 - 29; 2, s.49 - 50.]

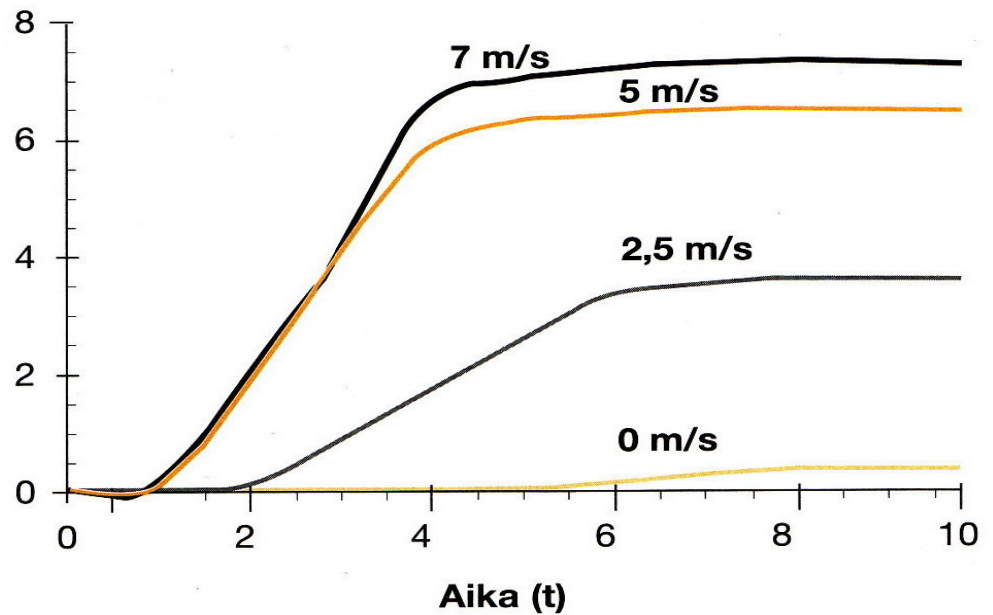
3.4 Jälkihoito ja lujuuden kehitys

Betonilattian jälkihoidolla on merkittävä rooli sille asetettujen vaatimusten täyttymisessä. Puutteellinen jälkihoito saattaa aiheuttaa muuten erinomaisesti toteutetun lattian epäonnistumisen ja tavoiteltujen vaatimusten täyttymättä jäämisen. Jälkihoidon ensisijainen tarkoitus on estää betonipinnan liian aikainen kuivuminen. Tämä on erittäin tärkeää, koska betonissa lujuuden kasvu jatkuu vain niin kauan, kun betoni on tarpeeksi märkää. Järjestämällä oikeat kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, kuivumista pystytään hallitsemaan. Lisäksi jälkihoidolla voidaan suojata betonipintaa varhaisvaiheen kolhuilta, rasituksilta ja likaantumiselta. Menetelmät voidaan jakaa suoritusajankohdan mukaan varhaisjälkihoitoon ja perinteisesti suoritettavaan jälkihoitoon.

Betonilattian oikealla ja huolellisella jälkihoidolla varmistetaan

- pinnan lujuus ja kulutuskestävyys
- pinnan tiiviys
- pinnan vähäinen pölyävyys
- pintalattian tarttuvuus alustaan
- halkeiluriskin vähentyminen
- lattialle riittävä rakenteellinen lujuus sisäisiä ja ulkoisia rasituksia vastaan.

Betonilattian jälkihoito tulee aloittaa vaativissa olosuhteissa jo betonipinnan oikaisun yhteydessä tapahtuvalla varhaisjälkihoidolla. Varhaisjälkihoidon merkitys korostuu erityisesti silloin, kun valutilan ilman virtausnopeus on suuri, suhteellinen kosteuspitoisuus on alhainen ja kun ilman tai betonipinnan lämpötila on korkea. Erityisesti suuri ilmavirran nopeus jälkihoitamattomalla tuoreella betonipinnalla on haitallista aiheuttaen erittäin voimakkaan plastisen kutistumisen, mikä on suuruudeltaan jopa kymmenkertainen betonin kuivumiskutistumaan nähden (kuva 9). Ilmavirtausten rajoittamiseen tähtäevillä toimenpiteillä voidaan vähentää tai poistaa kokonaan varhaisjälkihoidon tarve. Näin pystytään myös vähentämään plastista kutistumista ja siitä johtuvaa verkkomaista halkeilua.



Kuva 9. Tuulen nopeudella 7 m/s on mitattu betonipinnan plastiseksi kutistumaksi lähes 7 mm/m alle 4:ssä tunnissa [3].

Betonilaaduista notkistetut, säänkestävät ja korkealujuusbetonit vaativat yleensä varhaisjälkihoiton vähäisen vedenerottumisominaisuuden takia. Varhaisjälkihoito tehdään betonipinnan oikaisun yhteydessä sumuttamalla jälkihoitoainetta betonipinnalle, sumuttamalla vedellä tai levittämällä pinnalle muovikalvo väliaikaisesti. Lämpötilan on oltava koko jälkihoitoajan vähintään +5 °C ja erityisesti talviolosuhteissa lämpötilan varmistaminen tulee kohdistaa laatan reuna-alueille.

Varsinainen jälkihoito voidaan tehdä sumuttamalla varhaisjälkihoitoaine uudelleen viimeisen hiertokerran jälkeen, kun jälkihoitoa jatketaan samana päivänä levittämällä muovikalvo valun pinnalle. Jos muovin alapintaan ei ole tiivistynyt vettä vuorokauden kuluessa, tulee lattian pinta kastella ja peittää uudelleen muovilla. Erityisen kuivissa olosuhteissa, tulee valun pinnalle sumuttaa parafiinipohjainen jälkihoitoaine.

Yleisesti käytössä olevana tapana, seuraavana päivänä tapahtuva betonipinnan kastelu ja muovin levittäminen, on liian myöhäinen jälkihoitomenetelmä useimmissa tapauksissa. Myöskään valetun lattiapinnan kastelu ei ole aina hyväksi, sillä lisäveden imeyttäminen betonilaattaan pidentää kuivumisaikaa, mikä ei ole toivottavaa, jos lattia pinnoitetaan tai päällystetään. Jos betonipintaa joudutaan kastelemaan, se pitäisi suorittaa pienellä vesimäärällä sumuttamalla.

Ulko-olosuhteissa varsinaisen jälkihoidon luotettava menetelmä on erilaisten läpikasteltavien kankaiden käyttö. Esimerkiksi suodatinkankaat toimivat erityisesti ulkotiloissa, koska ne pysyvät hyvin paikallaan kosteana, eivätkä ole niin alttiita tuulille kuin muovikalvot. Kankaat myös takaavat tasaisen kosteuden.

Pinnoitettavien lattioiden jälkihoitoa tulee jatkaa aurinkoisissa ja viimaisissa sekä alle RH 50 %:n olosuhteissa vähintään 7 vuorokautta ja kulutusrasitetujen lattioiden 2 viikkoa. Kosteissa jopa yli RH 80 % olosuhteissa on vastaavat jälkihoitoajat vähintään 3 vuorokautta ja 1 viikko (taulukko 3).

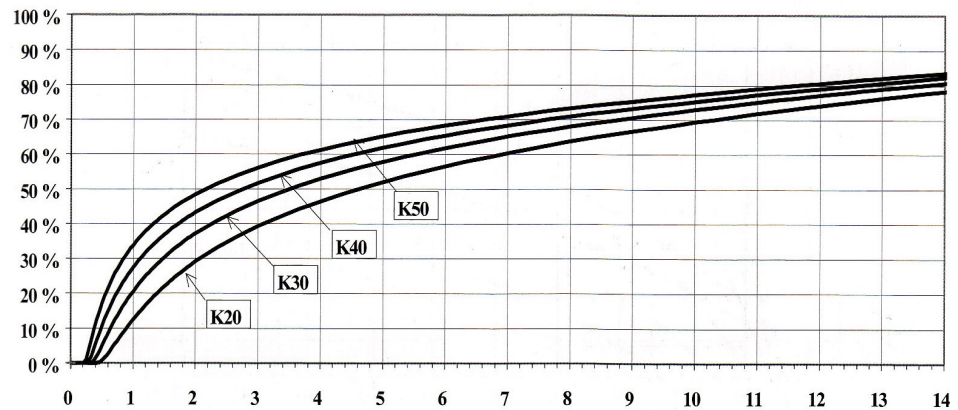
Taulukko 3. Jälkihoidon suositeltavat vähimmäisajat eri lämpötiloissa normaalisti kovettuvalle betonille. [3].

Betonin lämpötila (°C)	Aika (vrk) jolloin saavutetaan 60 % nimellislujudesta			Aika (vrk) jolloin saavutetaan 70 % nimellislujudesta			Aika (vrk) jolloin saavutetaan 80 % nimellislujudesta		
	K30	K40	K50	K30	K40	K50	K30	K40	K50
10	11	9	7	17	15	13	26	24	22
20	6	4,5	4	9	7,5	6,5	14	12	12
30	3,5	2	1,5	3,5	3	3	5,5	5	5

Jälkihoidon puutteellisuudesta seuraa heikkolujuuksinen, huonosti kulutusta kestävä, harva, voimakkaasti pölyävä ja halkeillut betonipinta.

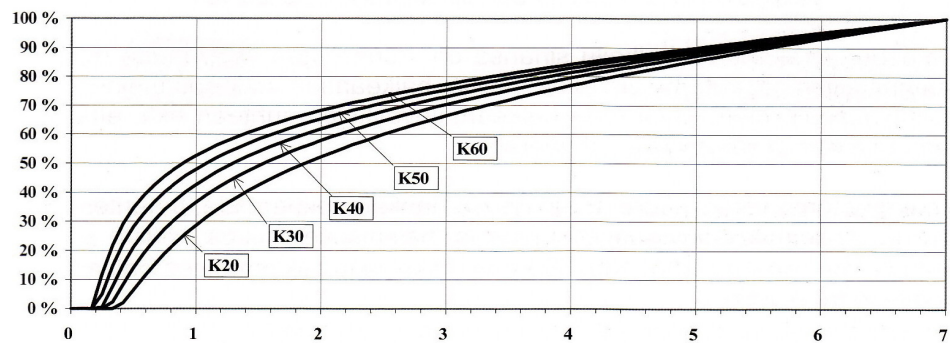
Seuraavissa kuvissa 10 ja 11 on esitetty normaalisti ja nopeasti kovettuvien betonilaatujen lujuuden kehitys +20 °C vertailulämpötilassa. Kuvista voidaan todeta, että esimerkiksi lujuusluokan K40, nopeasti kovettuva betoni, saavuttaa 50 % lujuudestaan noin puolet nopeammin, kuin normaalisti kovettuva betoni. Ajallisesti normaalisti kovettavalta betonilta tähän kului 68 tuntia ja nopeasti kovettavalta betonilta 32 tuntia. [1, 115 - 117; 2, s.52 - 53; 3 s.29; 11; 14 s.429 - 430.]

Normaalisti kovettuva betoni



Kuva 10. Normaalisti kovettuvan betonin lujuudenkehitys + 20 C lämpötilassa vuorokausien funktiona. [14].

Nopeasti kovettuva betoni



Kuva 11. Nopeasti kovettuvan betonin lujuudenkehitys + 20 C lämpötilassa vuorokausien funktiona. [14].

3.5 Laatutekijät

Lattian laadulliseen lopputuloksen suurimpana vaikuttajana on lattiaurakoitsija, jota ei ole vielä suunnitteluvaiheessa pystytty ottamaan tarkemmin huomioon. Siksi urakoitsijan on syytä tarkastaa suunnitelmat erityisen tarkasti tarjousvaiheessa ja työhön ryhtyessään, jotta hän tiedostaa, mitä laatutasoa odotetaan työn tuloksena. Rakentamisen kaikilla osapuolilla kuten suunnittelijalla, rakennuttajalla, lattian tekijällä ja betonin toimittajalla tulee olla tieto siitä, miten jokin tietty laatutaso on saavutettavissa. Tärkeää on myös, että kaikilla työvaiheeseen liittyvillä henkilöillä olisi käytössään tiedot luokiteltujen laatutekijöiden lisäksi lattian tulevan käyttäjän tarpeista, lattian käyttötavasta ja lattian mahdollisista pinnoitus- tai päällystysratkaisuista. Tietyn laatutason saavuttaminen on monen eri tekijän yhteisvaikutuksen tulos.

4 PINNOITTEEN VALINTA

4.1 Pinnoittamisen tarkoitus

Betonin pinnoitteet suojaavat betonia eristämällä sen ympäristöstään. Pinnoite estää aggressiivisten liuosten ja kaasujen pääsyn betonin pintaan. Eristeenä toimivan pinnoitteen oleellinen ominaisuus on sen tiiviys. Pinnoitteen keskeisempiä valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat erilaiset rasiustyypit, ulkonäkö, turvallisuus ja puhtaanapito.

Lattian on kestävä tilan käytöstä aiheutuvat mekaaniset, kemialliset ja fyysiset rasitukset. Sen tulee myös täyttää tilan käytön asettamat vaatimukset hygieenisesti, fysiologisesti ja esteettisesti sekä oltava rakennus- ja käyttökustannuksiltaan oikeassa suhteessa muihin vaatimuksiin. Lattianhoito on jo kustannustekijänä lähes yhtä tärkeä kuin lattiapäällysteen asennushinta.

Lattiapäällysteen valinnassa suunnittelijan tulee tietää, minkälaisia rasituksia lattiaan kohdistuu ja mitä ominaisuuksia lattialta odotetaan. Lattiapäällystettä valittaessa on luonnollisesti otettava huomioon seuraavat asiat

- tilan käyttötarkoitus
- aluslattiarakenne
- käyttöolosuhteet
- esteettiset vaatimukset.

Pinnoitteilta vaaditaan usein monia ominaisuuksia, kuten tiiviys, puhtaanapito, turvallisuus ja erilaisten rasitusten kesto, joiden mukaan ne asetetaan tärkeysjärjestykseen. Valinnassa tulisi myös huomioida huoltotarve ja käytön aikaiset kustannukset. Myös mahdolliset muutoksen tilan käytölle tulevaisuudessa on hyvä huomioida. Tilaajan tulisi aluksi määrittää lopullisen käytön asettamat vaatimukset lattiapinnoitteelle, sisältäen rasitusluokan ja pinnoitemateriaalin valintaan vaikuttavat tekijät. On huomioitava että pinnoitusvaiheessa halvimmat tuotteet eivät yleensä ole pitkällä tähtäimellä edullisimpia. Etenkin kun korjauspinnoituksen kustannusvaikutukset lasketaan käytössä olevalle tilalle.

Pinnoitusalan laatu, kunto, käsittely ja pinnoitustyöhön käytettävissä oleva aika sekä pinnoitustyön olosuhteet, kuten alustan kosteus ja tilan lämpöti-

la saattavat olla osittain määräävänä tekijänä valittaessa pinnoitetta. [8, s.8 - 9; 16.]

4.2 Pinnoitetyypit ja materiaalit

Käsittlemättömälle betonilattialle on luonteenomaista, että siinä saattaa ilmetä ongelmia riippuen käyttörasituksesta ja olosuhteista. Ongelmien välttämiseksi on betonilattia käsiteltävä tapauskohtaisesti sopivalla pinnoitteella. Betonin suojaukseen käytettäviä polymeerityyppisiä pinnoitetyyppejä ovat pölynsidonta-aineet, maalit ja lakat, itsesiliävät- ja hierrettävät massapinnoitteet ja sementtipolymeeripinnoitteet. Lisäksi omana ryhmänä ovat kuivasirotteet.

Polymeeriraaka-aineisia pinnoitemateriaaleja ovat epoksit, akryylit (metyylimetakrylaatit), polyuretaanit, vinyylesterit ja polyesterit. Näistä kolmea ensin mainittua käytetään yleisesti lattiapinnoitteissa. Vinyylesterejä käytetään oikeastaan vain erikoiskohteissa, joissa vaaditaan lattiapinnoitteelta kovaa kemiallista kestävyttä.

Pinnoitteiden nimet kertovat niissä käytetyn sideaineen eli hartsin tyypin. Sideaine on tärkein pinnoitteen ominaisuuksista määräävä komponentti, koska kovettumistapa määräytyy sideaineen perusteella. Epoksien ja polyuretaanipinnoitteiden kovettuminen tapahtuu hartsin osien eli muoviosan ja kovetteen reagoidessa toistensa kanssa. Polyesterit ja akrylaatit kovettuvat hartsin ja katalysaattorin sekä kiihdyttimen vaikutuksesta. Eristeenä toimivan pinnoitteen tärkein ominaisuus on sen tiiviys. Tiiviys on suoraan verrannollinen pinnoitteen höyrynläpäisevyyteen. Pinnoitteen eristyskykyä voidaan parantaa lisäämällä hartiin täyteaineita. [5, s.7; 6, s.6 - 7; 7, s.28 - 29; 16.]

Taulukko 4. Pinnoitteiden ominaisuudet. [4].

A Pölynsidonta-aineet 1. Fluatointi 2. Imeytyvät tuotteet	1. Ei muodosta kalvoa. Soveltuu käytettäväksi alhais-sakin lämpötiloissa. Vesihöyryä läpäisevä. 2. Sitoo pölyn
B Ohennettavat maalit ja lakat 1. Epoksi, vesiohenteinen 2. Epoksi, liuotinohenteinen 3. Polyuretaanit, kosteuskovet-tuvat	1. Vesihöyryä läpäisevä. Työturvallinen. 2. Kohtuullinen mekaanisen rasituksen kesto. Parantaa betonialustan pintalujuutta 3. Kohtuullinen mekaanisen rasituksen kesto. Parantaa betonialustan pintalujuutta.
C Liuotteettomat lakat, maalit ja pinnoitteet 1. Epoksit 2. Polyuretaanit	1. Kohtuullinen mekaanisen ja kemiallisen rasituksen kes-to. Helposti puhdistettavissa. Työturvallinen. 2. Kohtuullinen mekaanisen ja kemiallisten rasitusten kesto. Soveltuu myös asfaltti- ja vanerialustoille. Helposti puhdistettavissa. Työturvallinen.
D Itsesiliävät massapinnoitteet 1. Epoksimassat 2. Polyuretaanit 3. Akryylit 4. Sementtipolymeerimassa	1. Hyvä mekaanisen ja kohtuullinen kemiallisen rasituk-sen kesto. Helposti puhdistettavissa. Työturvallinen. 2. Hyvä mekaanisen ja kemiallisen rasituksen kesto. Kes-tää iskuja. Hyvä halkeaman silloituskyky. Toimii myös vesieristeenä. Helposti puhdistettava. Työturvallinen 3. Hyvä mekaanisen rasituksen kesto. Nopeasti reagoiva. Voimakas haju työn aikana 4. Hyvä mekaanisen rasituksen ja erinomainen lämmön kesto. Nopeasti kovettuva. Ei arka työnaikaisille olo-suhteille. Vesitiivis.
E Hierrettävät massapinnoitteet 1. Epoksit 2. Akryylit 3. Polyuretaanit	1. Erittäin hyvä mekaanisen rasituksen kesto. Kestää lämpöshokkeja. Toimii myös vesieristeenä 2. Erittäin hyvä mekaanisen rasituksen kesto. Toimii vesi-eristeenä. Nopeasti reagoiva, voi työstää myös alhaisissa lämpötiloissa. 3. Erittäin hyvä mekaanisen ja hyvä kemiallisen rasituksen kesto. Hyvä iskunkesto. Toimii vesieristeenä.
F Erikoispinnoitteet 1. Sirotteet 2. Sähköä johtavat pinnoitteet 3. Elastiset pinnoitteet (elastomeerit)	1. Erittäin hyvä kulutuksen kesto. Levitetään betoni-lattian teon yhteydessä. 2. Pinnoitemassa maadoitettavissa. 3. Erittäin hyvä halkeamien silloituskyky myös alhaisissa lämpötiloissa

Taulukoissa 4 ja 5 esitellään pinnoitteiden ominaisuuksia ja rasitusluokat. Näiden taulukoiden tiedot yhdistämällä pystytään alustavasti määrittelemään kohteeseen sopiva pinnoitetyyppi. Tarkemmat tiedot pinnoitteista pitää selvittää materiaalivalmistajalta.

Taulukko 5. Pinnoitteiden rasitusluokat. [4]

Rasitusluokka	Kuvaus	Pinnoitetyyppi
Hyvin lievä (BC 1)	Lievä mekaaninen tai kemiallinen rasitus, kuivat sisätilat	-Pölynsidonta-aineet -Ohennettavat maalit ja lakat -Liuotteettomat maalit ja lakat
Lievä (BC 2)	Kevyt mekaaninen rasitus -jalankulkuliikenne -kestää vesipesun ja tahrannoituksen neutraaleilla pesuaineilla	-Liuotteettomat maalit ja lakat
Kohtalainen (BC 3)	Jatkuva kohtalainen mekaaninen rasitus -jatkuva kevyt liikenne ja satunnainen trukkiliikenne -kestää vesipesun ja tahrannoituksen neutraaleilla pesuaineilla	-Liuotteeton pinnoite, kalvovahvuus >500 µm
Ankara (BC 4)	Kova mekaaninen ja rasitus -jatkuva haarukkatrukkiliikenne ja pistekuormarasitus -kestää prosessikemikaalien roiskerasitusta < 30 °C	-Itsesiliävä massa, kalvovahvuus >2 mm -Sementtipolymeerimassa
Hyvin ankara Mekaaninen (BC 5-Mec)	Erittäin kova mekaaninen rasitus tai lämminvesirasitus -jatkuva trukkiliikenne ja suuri pistekuormarasitus -kestää prosessikemikaalien roiskerasitusta < 30 °C -lämminvesirasitus 20 ... 60 °C	-Hiertomassa, kalvovahvuus >4 mm -Sementtipolymeerimassa
Hyvin ankara Kemikaali ¹⁾ (BC 5-Chem)	Voimakas kemiallinen rasitus -väkevät epäorgaaniset hapot ja väkevät emäkset < 3 d -laimeat orgaaniset hapot ja emäkset < 28 d -ajoittainen kuumavesirasitus <80 °C -lämpöshokit -liuotinrasitus -kohtalainen mekaaninen rasitus	-Hiertomassa, kalvovahvuus >5 mm -Sementtipolymeerimassa -Sideaine ja pintalakka valittava kemikaaliräsituksen mukaan
Erikoisrasitukset (BC 6)	Jatkuva kuumavesirasitus > 90 °C tai höyrypesu, erikoiskemikaalirasitus Johtavat- ja muut erikoispinnoitteet	Pinnoite valittava vallitsevien rasitusten tai vaatimusten mukaan

¹⁾ Tuotteen soveltuvuus tarkastettava tapauskohtaisesti.

4.2.1 Fluatointiaineet

Fluatointi on pölynsidontakäsittely, joka sopii käytettäväksi kuivissa sisätiloissa, joissa on hyvin lievää kemiallista ja mekaanista rasitusta. Käsittelyn tarkoitus on muuttaa betonin pinnassa oleva pehmeä ja pölysevä kalsiumkarbonaatti kemiallisen reaktion avulla kovemmiksi ja pölyämättömiksi kalsiumfluoridi- ja kalsiumsilikaattiyhdisteiksi. Fluatointikäsittely ei muuta betonin kitkaominaisuuksia, koska lattian pintaan ei muodostu kalvoa. Käsittely ei

myöskään aseta rajoituksia betonin kosteudelle, vaan aineen pääsy betonin huokosiin ainoastaan heikkenee. [4, s.10; 6 s.6.]

4.2.2 Epoksit

Epoksinnoitteet valmistetaan sekoittamalla keskenään epoksihartsia ja kovetetta. Näiden kemialliset koostumukset vaihtelevat paljon, eli myös tuotteiden ominaisuudet vaihtelevat laajasti. Epoksien hyvinä puolina pidetään hyvää tartuntaa alustaansa ja vain lievää tuoksua. Tuotteesta riippuen myös kemikaalien ja kulutuksen kesto ovat hyviä. Huonona puolena mainittakoon pinnoitustyön hitaus esimerkiksi akryyleihin verrattuna. Perusepokseilla on myös huono UV- ja lämmönkestävyys, sekä vähäiset joustavuusominaisuudet.

Epoksien tuotevalikoiman laaja skaala asettaa tilaajalle suuret vaatimukset lähtötietojen suhteen. Puutteellisilla lähtötiedoilla lattiapinnasta saattaa tulla jotain muuta kuin on haluttu. Työsuorituksen valvontaan myös kannattaa kiinnittää huomiota, sillä oikeiden materiaalmäärien käyttäminen on tärkeää lopputuloksen kannalta. Esimerkiksi 4 mm:n paksuiseksi suunnitellun lattian pinnoittaminen 3 mm:n vahvuiseksi säästää urakoitsijalta 25 % materiaalikustannuksia, mutta lyhentää saman verran myös lattiapinnoitteen käyttöikä.

Lattioiden epoksinnoitteet ovat pääasiassa

- hierrettäviä massoja
- jäykkiä paksukalvomassoja
- itsestään tasoittuvia massoja
- ohuita maaleja.

Betonin pinnoitteina käytettävät epoksit ovat yleensä nestemäisiä hartseja. Viskositeettia saadaan alennettua ohenteilla ja liuottimilla. Epoksituotteet voidaan myös jakaa ryhmiin liuotteen mukaan:

- vesiohenteisiin
- liuotinohenteisiin
- liuotteettomiin.

Vesiohenteisiä epokseja on saatavilla lakkoina, maaleina, itsesiliävinä ja hierrettävinä massoina. Näille pinnoitetyypeille ominaista on vesihöyryn lä-

päiseväisyys, eli ne sallivat betonialustassa olevan veden kulkeutumisen pinnoitekalvon läpi. Liuotinoheiset lakat ovat yleensä pohjusteita tai hierrettävien epoksimassojen pintalakkoja. Pohjustuslakit tarttuvat hyvin betonialustaan ja muodostavat tiiviin kalvon. Tämä edellyttää kuitenkin, että pohjustettavan alustan on oltava kuiva. On myös olemassa kostean betonin pohjusteita, jotka tarttuvat hyvin kosteaankin betoniin, mutta sulkevat kosteuden betonirakenteeseen, joka voi aiheuttaa myöhemmin ongelmia. Näitä voidaan käyttää vain, kun betoni on riittävän luja ja kosteuden poistuminen on järjestetty muuta kautta. Liuotteettomat epoksit tarttuvat hyvin pohjustettuun betonialustaan ja kestävät normaaleja käytössä olevia pesuaineita, öljyjä ja polttoaineita. Ne on tarkoitettu vain lievään mekaaniseen rasitukseen. Suurempaa hankaavaa mekaanista rasitusta esiintyvissä kohteissa käytetään itsesiliäviä epoksinnoitteita. Erittäin kovaa rasitusta kestävät hiertoepoksit, joihin pintalakkauksella saadaan myös kemikaalinkestävyyttä. Hiertoepoksien pinnoitevahvuudet ovat yleensä useita millimetrejä. [4, s.10 - 11; 5, s.7 - 8; 6, s.6; 16.]

4.2.3 Polyuretaanit

Lattioiden polyuretaanipinnoitteet ovat 1-komponenttisiä, kosteuskovettuvia tai 2-komponenttisiä, joissa kovettumisreaktio tapahtuu isosyanaatin ja polyamiinin välillä. Käytössä on myös 2-komponenttisiä tuotteita, joissa kosteus aktivoi latentin kovettimen. Tällöin työaikainen kosteus ei ole ongelma. 1-komponenttisiä tuotteita käytetään yleensä lakkana tai maalina.

Polyuretaanien reaktiot ovat erittäin tarkkoja ja siksi 2-komponenttisissä tuotteissa on kiinnitettävä erityistä huomiota sekoitussuhteeseen ja -tapaan. Jopa pienet virheet saattavat aiheuttaa ongelmia, kuten pehmeitä kohtia lattiaan. Koveteosa ja muoviosa sekoitetaan erikseen ennen yhdistämistä, sillä kovettumisreaktio alkaa heti näiden kahden aineen yhdistämisen jälkeen.

Huonona puolena voidaan mainita joillekin polyuretaaneille ominainen herkkyys työaikaiselle kosteudelle. Jopa ilmankosteus tai lattiantekijän hikipisarot saattavat vaikuttaa reaktioon ja aiheuttaa kuplimista. Tietyt tuotteet ovat myös herkkiä UV-säteilylle, mikä vaikuttaa lattian ulkonäköön.

Polyuretaaneilla saadaan aikaan kulutusta kestävä vesitiivis pinta, joka kestää myös hyvin erilaisia kemikaaleja, öljyjä ja polttoaineita. Polyuretaaneille on ominaista elastisuus ja iskunkestävyys. Elastisuudesta johtuen aineella

voidaan pinnoittaa joustavia alustoja kuten asfalttia, terästä tai vaneria. [4, s.11; 5, s.8; 6, 6 - 7; 16.]

4.2.4 Akryylit

Akryylihartsien joukkoon kuuluu suuri ryhmä polymeerejä, joista saadaan valmistettua erityyppisiä pinnoitteita. Akryylipinnoitteet perustuvat tyydyttämättömiä kolmoissidoksia sisältävään akryylihartsiin, joka on liuotettu metyyli-*metakrylaattimonomeeriin*. Sideaine kovetetaan peroksidilla kestonuoviksi. Usein kuulee puhuttavan akryylibetonista, vaikka kyseessä on normaali hierrettävä polymeeripinnoite.

Akryylilattiat tehdään yleensä hierrettävinä massoina, jolloin pinnoitteen vahvuudeksi tulee 3 - 4 mm. Pigmentoituna akryylihartsia voidaan käyttää telatuna ohuena pinnoitteena tai kiviaineksella täytettynä itsesiliävänä pinnoitteena. Tämä on kuitenkin harvemmin käytössä oleva pinnoitustapa.

Akryylihartsit tarttuu alustaansa erinomaisesti. Valmiilla pinnalla mekaanisen rasituksen ja iskun kesto ovat hyvät. Aromaattiset ja klooratut liuottimet tuottavat ongelmia kemialliseen kestävyys. Akryyli kovettuu nopeasti ja massaa voidaan levittää viileissäkin olosuhteissa, huomioiden, ettei alustan pinnassa ole tiivistynyttä kosteutta. Hyvä ilmanvaihto pinnoitettavissa tiloissa on erittäin tärkeää akryylipinnoitteen kuivumiselle.

Akryylimassojen käytön ongelmana on voimakas haju, joka periaatteessa estää pinnoitustyön tekemisen tiloissa, joissa työskentelee muita ihmisiä. Hajuhaittoja voi aiheutua myös lähistöllä oleville tuotteille. Akryylien kesto liuottimia vastaan on huonompi kuin epokseilla. [4, s.11; 5, s.8 - 9; 6, s.7; 16.]

4.2.5 Sirotteet

Betonilattian valmistusvaiheessa pintaan hierrettävät sirotteet ovat erikois-*sementistä* ja valikoidusta runkoaineista valmistettuja seoksia. Runkoaine koostuu tarvittavien ominaisuuksien mukaan kvartsista, metallista, elektrokorundista, piikarbidista tai niiden seoksesta. Värillisiin tuotteisiin käytetään epäorgaanisia pigmenttejä ja tarpeen mukaan valkosementtiä halutun värisävyn saavuttamiseksi.

Sirotteet eivät muodosta erillistä kalvoa, vaan ovat kiinteä osa betonirakennetta. Niiden avulla parannetaan betonipinnan kulutuskestävyyttä sekä ulkonäköä ja huolellisesti hierrettynä saadaan sirotelattioille hyvä puhdistettavuus ja tiivis pinta. Sirotepinta hylkii myös hyvin öljyjä ja polttoaineita.

Sirotteiden levitykseen käytetään tavallisesti melko alkeellisia levitystapoja. Tämän vuoksi sirotemäärän on oltava riittävän suuri tasaisen kulutuskestävyyden saavuttamiseksi. Normaalisti esimerkiksi Mastertop -pinnoitteella levitysmäärä on 3 - 5 kg/m² ja yli 6 kg/m² määrät tulisi levittää kahtena eri levityskertana.

Sirotteet sisältävät tyypillisesti hydraulisen sideaineen, joka saa reagointiin tarvittavan kosteuden tuoreesta betonimassasta hierron yhteydessä, sekä erittäin lujan mineraali- tai metallipohjaisen runkoaineen. Sirotteen onnistuneessa käytössä on huomioitava kerralla käsiteltävän alan laajuus, levitettävä määrä, levitystapa ja ajankohta sekä jälkihoitotoimenpiteet. Siroteilla, joita on saatavilla myös värillisiä laatuja, saadaan aikaan perinteisen betoninen pintailme lattiaan, mutta ei välttämättä tasaväristä lopputulosta (kuva 12).

Tasavärisempään lopputulokseen on mahdollista päästä levittämällä hierretylle betonipinnalle sirotetta aluksi 3 - 4 kg/m² ja odottamalla, että betonin oma kosteus imeytyy sirotteen läpi. Sen jälkeen pinta hierretään uudestaan. Tämän jälkeen hierretylle pinnalle levitetään välittömästi uusi kerros, noin 2 - 3 kg/m² ja odotetaan jälleen, että kosteus imeytyy sirotteen läpi. Viimeisen levityksen jälkeen pinta hierretään kahdesti ristiin. Lopullinen pinta saadaan viimeisteltyä koneellisesti sliippaamalla, niin kauan kuin pinta on kauttaaltaan kiiltävä. [15]



Kuva 12. Uuden Mastertop -pinnoitteen epätasavärisyys havaittavissa.

Sirotepinnan hiertojen jälkeen on ehdottomasti ruiskutettava jälkihoitoaine, koska betonipintaan siroteltu kuivaseos sitoo pinnan kosteuden itseensä ja pinta saattaa kuivua liian nopeasti ilman jälkihoitoainetta. Levitys toteutetaan mieluiten ruiskuttamalla litran ainemäärällä noin 8 - 10 m². Vaaleimmissa värisävyissä litralla saa ruiskutettua 10 - 12 m². Suurempien jälkihoitoainemäärien käyttöä tulee välttää, koska jälkihoitoa ei ole tarkoitettu lakkaukseksi. Aine tulee myös levittää tasaisesti koko alueen yli siten, ettei se lammikoidu. [4, s.12; 12, s.62; 15.]

Sirotepintausta laadukkaampi ratkaisu kulutuskestävyyden ja tasavärisyyden osalta on kovabetonilattiana tunnettu ratkaisu, jossa 10–30 mm:n valu tehdään tuoreen pohjavalun tai vanhan betonilattian päälle työmaasekoitteisella erikoisbetonilla. Runkoaines on yleensä vastaavaa kuin pintasirotteissa. Massa pystytään valmistamaan läpivärjättyinä, joten lopputulos aina tasavärinen. Kovabetonilattioiden valmistus kuitenkin edellyttää erikoisosaamista, sillä menetelmä käsittää kokonaisuuden alustan käsittelystä jälkihoitoon ja betonipinnan viimeistelyyn. [4, s.12; 12 s.62.]

5 PINNOITTAMINEN

5.1 Alustan vaatimukset

Betonilattia ja sille tehty pintakäsittely muodostavat kokonaisuuden, joka aiheuttaa paitsi pinnoitteelle, myös alustalle vaatimuksia. Pinnoitettavan betonipinnan on oltava puhdas, kuiva ja luja sekä sillä on oltava sopiva profiili.

5.1.1 Puhtaus

Pinnan puhtaus voidaan arvioida kahdella yksinkertaisella menetelmällä. Pintaa voidaan pyyhkäistä tummalla pyyhkeellä ja jos pyyhkeeseen jää vaa-leaa jauhetta, pinnan puhtaus ei todennäköisesti ole riittävä pinnoitusta var-ten. Jauhe estää pinnoitteen kunnollisen tartunnan betoniin. Betonilattialle voidaan myös roiskuttaa vettä ja jos vesi muodostaa saarekkeita, eikä leviä tasaisesti, on mahdollista että pinnalla on öljyä tai rasvaa. [4, s.15; 5, s.18.]

5.1.2 Kuivuus

Pintakuivuus voidaan todeta esimerkiksi imupaperin tai muovikalvon avulla, mutta erityisesti uusissa kohteissa on tärkeää tietää lattian kosteuspitoisuus myös syvemmillä. Betonin kosteuspitoisuus ilmoitetaan ja mitataan betonin suhteellisena kosteutena. Sillä tarkoitetaan betonin huokosten ilmatilan suhteellista kosteuspitoisuutta.

Lähtökohtana on että epoksi- ja akryylipinnoitteita käytettäessä suhteellisen kosteuden enimmäisarvo on 97 %. Perinteiset polyuretaanipinnoitteet ovat herkempiä kosteudelle ja niillä vastaava enimmäisarvo on 90 %. Eräät erityistuotteet sallivat suurempia suhteellisen kosteuden arvoja, mutta ne edellyttävät alusbetonilta riittävää lujuutta ennen pinnoitustyötä. Sementtipolymeeripinnoitteet muodostavat oman ryhmänsä alusbetonin kosteuden suh-teen, jolloin alustan tulee olla kostea näitä pinnoitteita käytettäessä. Sementtipolymeeripinnoite estää tiiviillä pinnoilla esiintyvän osmoottisen kuplimisen, joka johtuu alustassa olevasta, tai sinne pääsevistä liiallisesta kosteudesta. [4, s.13; 5, s.18; 6, s.9.]

5.1.3 Lujuus ja kulutuskestävyys

Yleisesti pinnoitettavan betonipinnan lujuuden vähimmäisarvoksi määrite-tään lujuusluokka K30. Korkealujuuksisten betonien pinnoituksessa saattaa esiintyä ongelmia pinnoitteen tartunnan suhteen. Sellaisten lattioiden varsi-

naista pinnoitusta edeltävänä toimenpiteenä on tehtävä tartuntakokeita. Kulutuskestävyysvaatimuksella, joka koskee pinnoittamatonta betonipintaa, varmistetaan lattiabetonin yläpinnan riittävä lujuus myös pinnoitettavissa lattioissa.

Betonipinnan vetolujuus on pinnoitteen tartunnan ja kestävyuden kannalta oleellinen tekijä, sillä pinnoitteiden tartunta betoniin yleensä ylittää betonin vetolujuuden. Vetolujuus määritetään käyttämällä joko hydraulista tai pneumaattista laitetta. Betonin pintaan liimataan vetolaikat, jotka liiman kuivuttua vedetään kohtisuoraan irti alustasta. Liimana voidaan käyttää pinnoitetta tai tähän tarkoitukseen sopivia erikoisliimoja. Murtuman tulisi tapahtua betonissa eikä rajapinnoissa. Pintalujuus ilmoitetaan tavallisemmin yksikköinä MPa tai N/mm². Suurten rasitusten alaisissa tiloissa, kuten logistiikkatilat yleensä ovat, on pinnan vähimmäisvetolujuudeksi ilmoitettu julkaisussa By45 / BLY7 Betonilattiat 2002 taulukon 4.6 mukaan 2,0 N/mm². Pinnoitevalmistajien vaatima vetolujuus on usein kuitenkin 2,5 N/mm². Polymeeripinnoitteiden alla ei suositella käytettäväksi sementtipohjaisia pinnoitteita, lukuun ottamatta erikoistasoitteita, jotka täyttävät vetolujuusvaatimuksen. [4, s.14; 5, s.18; 6, s.10.]

5.1.4 Betonipinnan tasaisuus ja profiili

Polymeeripinnoitteita käytettäessä ei pinnoitteen tasaisuudelle tarvitse määrittää sen suurempia vaatimuksia, kuin betonipinnalle itselleen. Massapinnoitteella on kuitenkin mahdollista tasata lattiassa esiintyviä virheitä. Paksuilla, usean millimetrin paksuisilla massoilla saa täytettyä isojakin epätasaisuuksia, mutta itsesiliävät pinnoitteet vaativat kunnollisen pohjan tasaisuuden (kuva 13).

Pinnan profiili voidaan tarvittaessa arvioida visuaalisesti vertaamalla niitä vertailukappaleisiin. Tällaisia ovat esimerkiksi kansainvälisen Concrete Repair Institute:n vertailukappaleet. Kyseiset vertailukappaleet luokittelevat betonipinnan yhdeksään luokkaan. Luokka CSP 1 on hienoin ja luokka CSP 9 on karhein. Vertailukappaleissa on pintoja, jotka on happopeitattu, hiottu, singottu, jyrstetty ja hakattu. Näistä on myös laadittu valintataulukko, jossa annetaan suosituksia eri pinnoitteiden vaatimista esikäsittelyistä ja menetelmistä niiden saavuttamiseksi. [4, s.14 - 15; 5, s.18; 6, s.11.]



Kuva 13. Itsesiliävillä massoilla ei pystytä täyttämään suuria epätasaisuuksia lattiassa.

5.2 Esikäsitteleminen

Esikäsittelemisen tarkoituksena on poistaa kaikki epäpuhtaudet, sementtiliima, heikko pintabetoni ja antaa betonipinnalle pinnoitteen tartuntaa parantava profiili. Betonin lujuusluokan kasvu lisää pinnan sileyttä mikrotasolla ja vähentää imukykyisyyttä. Lujuusluokkaa K40 tai vielä suuremmilla lujuusluokan betoneilla pintaa karhentavan esikäsittelemisen merkitys hyvän tartunnan saavuttamiseksi kasvaa. Tavallisimpia esikäsittelemismenetelmiä on esitelty seuraavassa taulukossa (taulukko 6).

Taulukko 6. Esikäsittelemenetelmien valinta. [5].

Menetelmä	Milloin käytetään	Saavutettava profiili
Sinkopuhallus	Heikon betonipinnan poisto, profiilin aikaansaaminen, kiinteiden epäpuhtauksien poisto	Hieno- karhea
Märkäpuhallus	Heikon betonipinnan poisto, profiilin aikaansaaminen, epäpuhtauksien poisto ja vesiliukosten suojojen poisto	Hieno- karhea
Vesipuhallus	Heikon betonipinnan poisto, profiilin aikaansaaminen, epäpuhtauksien poisto	Hieno- karhea
Jyrsintä	Heikon betonipinnan poisto, profiilin aikaansaaminen, kiinteiden epäpuhtauksien poisto	Keskikarhea karhea
Käsi­käyttöiset laitteet (teräsharjaukset, hionta)	Heikon betonipinnan poisto	Hieno - keskikarhea
Liutinpesu, pesuainepesu	Epäpuhtauksien poisto	Ei vaikutusta profiiliin
Happopesu ¹⁾ (peittäminen)	Profiilin aikaansaaminen, epäpuhtauksien poisto (ei veteenliukenemattomat epäpuhtaudet)	Hieno - karhea
Liekkipuhdistus	Heikon betonipinnan poisto	Karhea

¹⁾ Happopesua käytettäessä huolehdittava siitä, että happoa ei pääse lattiakaivoon

Pinnoitteiden tartunnan kannalta parhaita esikäsittelemenetelmiä ovat ne, jotka jättävät betonin pintahuokokset auki. Riittävä tartunta saadaan yleensä, kun käsittelyn tuloksena on puhdas ja luja betonialusta. Ennen käsittelyä tulee likaiset lattiat pestä, jotta vältetään irtoavan lian siirtyminen esikäsitellylle betonialustalle. Erilaisten epäpuhtauksien poistamiseen on käytettävissä useita menetelmiä (taulukko 7). [4, s.16 - 17; 5, s.18 - 19; 6, s.11; 7, s.23.]

Taulukko 7. Menetelmiä erilaisten epäpuhtauksien poistamiseksi. [5].

Epäpuhtaus	Puhdistusmenetelmä
Sementtiliima, kalkkisaostumat	Sinkous, jyrsintä, hionta, märkäpuhallus, vesipuhallus, happopeittäminen
Öljy, rasva, elintarviketeollisuuden tuotteet	Emulsiopesu, liekkipuhdistus
Aikaisemmat pinnoitteet, jälkikäsittelemenetelmät, tiivistysaineet	Sinkous, jyrsintä, hionta, märkäpuhallus, vesipuhallus, piikkaus, liuotepuhdistus
Hapot ja emäkset	Neutralointi, vesihuuhdus
Suolat	Vesipesu

5.2.1 *Suolahappopeittaus*

Peittauksessa käytetään väkevää suolahappoa, joka on laimennettu 1:3 suhteeseen vedellä. Happoliuos levitetään betonipinnalle esimerkiksi kastelukannulla ja annetaan vaikuttaa noin 10 minuuttia, jonka jälkeen se huuhdellaan huolellisesti pois runsaalla vedellä. Suolahappopeittauksen tarkoituksena on sementtiliimakerroksen liukeneminen suolahappoon, muodostaen kalsiumkloridin, fillerin ja piihapon liuoksen. Käsittelyn jälkeen alustan tulee kuivua kunnolla ennen pinnoitusta. [4, s.16.]

5.2.2 *Hionta*

Pintahionnassa poistetaan lattiasta hieno sementtiliima tai muuten heikkolujuuksinen kerros kokonaisuudessaan siten, että hieno runkoaines tulee näkyviin. Jos hionta tehdään märkähiontana, on hiontaliete pestävä pois.

Syvähionnassa lattian pintakerros poistetaan niin, että karkea runkoaines tulee näkyviin. Karkean runkoaineen maksimiraekoon halkaisijasta noin kolmasosan pitää tulla näkyviin hionnan yhteydessä. [4, s.16.]

5.2.3 *Sinkopuhdistus*

Puhdistusta vaativaan alustaan singotaan metallihauleja, jotka irrottavat heikkolaatuisen pinnan. Sinkopuhdistus on hyvin taloudellinen menetelmä saada lattian pintakerros puhdistettua siten, että jäljelle jäävä betonipinta ei vaurioidu. Irtoava aines imuroidaan suoraan säiliöön, jolloin se ei aiheuta haittaa muille samanaikaisille työvaiheille. Sinkopuhdistettava alue ajetaan yleensä kahdesti ristikkäisiin suuntiin tasalaatuisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Betonipinnasta saadaan karhea ja se muodostaa hyvän tartunta-alustan etenkin massapinnoitteille. Sinkopuhdistusta ei voida käyttää joustavien pinnoitteiden poistoon. [4, s.16.]

5.2.4 *Jyrsintä*

Jyrsintälaitteessa käytettävät terien kovametallipalat pureutuvat hyvin betoniin ja murtavat sitä. Pinnasta tulee sinkopuhdistettua pintaa karheampi. Jyrsin rouhii pinnasta suoran kerroksen, välittämättä lujuusvaihteluista tai epätasaisuuksista. Myös jyrsintätyö suoritetaan kahdesti ristikkäisiin suuntiin. Yleisesti menetelmä on käytössä poistettaessa vanhoja pinnoitteita tai käsiteltäessä vanhoja likaantuneita lattiaita. Karkeasta jyrsintäjäljelmästä johtuen menetelmä sopii vain massapinnoitteiden alustan käsittelyyn. [4, s.16.]

5.2.5 Pohjusteet

Pinnoitusjärjestelmiin kuuluvien pohjusteiden eli primerien merkitys tartuntaan on oleellinen. Ne ovat pinnoitteita juoksevampia ja näin ollen paremmin tunkeutuvia. Pohjusteella on mahdollista täyttää pieniäkin pintahuokosia ja mikrohalkeamia, sekä muodostaa betonin pintaan kerros, johon varsinainen pinnoite tarttuu, eikä siihen yhtä helposti muodostu mikreikiä tai muita epäjatkuvuuskohtia. Jotkin pohjustetyypit muodostavat myös suojavyöhykkeen betonin pintaan. Tämän suojavyöhykkeen alapintaan pysähtyvät kosteus ja mahdolliset kosteuden kuljettamat liukoiset suolat. [5, s.19 - 20.]

5.3 Pinnoittamisen ajoitus ja olosuhteet

Pinnoitustyön ajoituksessa on tärkeintä, että pinnoituksen vaatimat kosteus- ja lämpötilaolosuhteet ovat saavutettavissa. Betonin paksuus, rakenteen tyyppi eli yksi- tai kaksipuolinen kuivumismahdollisuus ja lujuusluokan määräämä betonin koostumus yhdessä kuivumisolosuhteiden kanssa ratkaisevat lattian kuivumiseen vaadittavan ajan. Betonin lujuuden kasvaessa, yleensä myös kuivumisaika pitenee.

Pinnoitustyön onnistumisen kannalta tärkeät pinnoituksenajaiset olosuhteet ovat ilman ja alustan lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus. Ennen pinnoitustyön aloitusta määritetään betonialustan suhteellinen kosteus. Pinnoiteaineen lämpötila tulisi myös mitata, koska se vaikuttaa viskositeettiin ja aineen käyttöaikaan. Jos pinnoiteaine on kylmää, sen viskositeetti nousee, mikä taas johtaa mahdollisiin liuotteiden tarpeettomaan lisäämiseen. Kylmä betonialusta jäähdyttää myös pinnoiteainetta, mikä tavallaan lisää käyttöaika, mutta heikentää levitettävyyttä. Matalat lämpötilat pinnoituskohteessa voivat muodostaa kosteusongelman aiheuttaen kastepisteolosuhteet. Pinnoitettavan pinnan lämpötilan tulisi olla vähintään 3 °C korkeampi kuin kastepistelämpötilan.

Tietyt koveteaineet eivät toimi kunnolla liian kosteilla betonialustoilla, jolloin pinnoitteen tartunta jää huonoksi. Lämpötilan noustessa kosteus pyrkii pois aiheuttaen pinnoitteeseen kuplia tai huokosia (kuva 14). Tämän ehkäisyyn on olemassa alhaisen viskositeetin omaavia primereita, jotka vähentävät kosteuden ja kaasujen kulkeutumista pinnoitteeseen.



Kuva 14. Kuplineen pinnoitteen paikkausjälki.

Säilyttämällä alustan lämpötilan välillä + 10...+35 °C, epäonnistumisen mahdollisuus pienenee. Jos pinnoitus joudutaan kuitenkin tekemään alhaisemmassa lämpötilassa, valitaan tuote, jolla on paremmat kylmäkovettumisominaisuudet.

Pinnoitusolosuhdevaatimukset on aina varmistettava tuotteen valmistajalta. Olosuhteet tulisi myös pitää samanlaisina pinnoitteen koko kovettumisen ajan. Yleensä kemiallisesti reagoivat tuotteet vaativat vähintään + 15 °C kovettuakseen. Poikkeuksena ovat sementtipolymeerimassat, akryyli ja eräät alemmissakin lämpötiloissa reagoivat, enimmäkseen injektioaineena käytettävät epoksit. Polyuretaani- ja epoksimassoja levitettäessä lämpötilan tulisi olla yli + 15 °C, pelkästään siitä syystä että monet massat ovat liian jäykkiä levitettäväksi kylmässä.

Ilman suhteellinen kosteus ei saa ylittää 80 % pintakäsittelyn ja kovettumisen aikana. Kosteusherhän polyuretaanipinnoitteen käsittelyn aikana ilman suhteellinen kosteus ei saa ylittää arvoa 70 %. Kosteus ei saisi tiivistyä pinnoitettavaan alustaan missään tapauksessa.

Tilan lämmitysmuotoa valittaessa on huomioitava pinnoitteiden tulenarkuus ja lämmityslähteestä mahdollisesti vapautuva hiilidioksidi, joka voi vaurioittaa pinnoitetta. Pinnoitettavan tilan tuuletus on järjestettävä huolellisesti ja va-

laistuksen tulisi vastata lopullista käyttövalaistusta. [4, s.23; 5, s.20 - 21; 6, s.17.]

5.4 Pinnoitustyö

Muovimassat voidaan jakaa itsesiliäviin ja hierrettäviin muovimassoihin. Sirotteet levitetään betonilattian hierron yhteydessä. Seuraavassa taulukossa esitetään pinnoitteiden tavanomaisia kuivakalvopaksuuksia ja levitystapoja (taulukko 8).

Taulukko 8. Betonipintaan levitettävät pinnoitteet. [1].

Tuoteryhmä	Keskimääräinen kuivakalvon paksuus	Levitystapa ¹⁾	Lattiaan kohdistuva raskuus ²⁾
Pölynsidonta-aineet - fluatointi yms.	0	1, 4	
Imeytyvät tuotteet - liuotin- tai vesiohenteiset 2-komponenttiset epoksilakat - kosteuskovettuvat uretaanilakat	0...20 µm	2, (3), 4	pieni
Ohennettavat maalit ja lakat - 1-komponenttiset maalit - 2-komponenttiset epoksit ja kosteuskovettuvat polyuretaanit	40...100 µm	2,(3), 4	
Liuotteettomat maalit, lakat ja pinnoitteet - epoksi- tai polyuretaanihartseja	100...500 µm	2	keskisuuri
Sementtipolymeerimassat	yli 1,0 mm	4 + 5	
Itsesiliävät muovimassat - kvartsi- tai luonnonhiekkatäyte	1,0...4,0 mm	4 + 5	
Hierrettävät muovimassat - kvartsihiekkä, väri- tai luonnonhiekkä - sideaineena 2-komp. epoksit, akryylit, polyuretaanit tai polyesterit	yli 3,0 mm	4 + 6	suuri

¹⁾ Levitystavat: 1 on harjaus
2 on telaus
3 on ruiskutus
4 on lastalevitys
5 on tasoitus piikkitelalla
6 on hierto.

Itsesiliävät massat levitetään esikäsitellylle ja puhdistetulle alustalle komponenttien sekoittamisen jälkeen. Massa levitetään säätölastalla ja silloin saadaan halutun paksuinen kerros yhdellä levityskerralla. Kalvonpaksuus on yleensä 2 - 4 mm. Levityksen jälkeen alue piikkitelataan, jotta massasta

poistuu komponenttien sekoittamisen yhteydessä siihen sekoittunut ilma. Hiekkatäytteisissä massoissa piikkitelaus painaa kiviaineksen massapinnoitteen pohjaan ja näin pinnasta tulee tasainen.

Hierrettäville muovimassoille puhdistettu ja kuiva betonialusta pohjustetaan ohuella sideainekerroksella eli primeroidaan. Kun kyseessä on sileä alusta, voidaan tuoreelle lakkakalvolle sirotella hiekkaa tai täyteaineena käytettävää kiviainesta tartunnan lisäämiseksi.

Alustan pohjustuskäsittelyn kuivuttua voidaan aloittaa hierontomassan levitys. Massa valmistetaan työmaalla sekoittamalla sideaineen komponentit ja lisäämällä seokseen täyteaineena käytettävä hiekka. Ohuet kerrokset saa levitettyä haluttuun paksuuteen säätölastalla. Paksujen kerrosten levityksessä käytetään esimerkiksi oikolautaa ja kerrospaksuuden säätämiseksi ohjainriimoja. Massattu pinta hierretään joko käsin tai koneellisilla hierontimillä. Epoksimassoilla kalvonpaksuus on yleensä 3 - 4 mm, joskus jopa 6 mm. Akryylimassalla paksuus on välillä 4 - 6 mm. Hiertomassapinnan tiiviys riippuu käytetyn kiviaineksen suhteutuksesta ja massakalvonpaksuudesta. [5, s.20.]

5.5 Laadunvarmistus

Pinnoitteiden laadunvarmistukseen ei ole mitään erityistä ohjeistusta vaan yleisiä ohjeita, joista voidaan sopia tarkemmin tilaajan ja pinnoitusurakoitsijan kesken.

5.5.1 Paksuusvaihtelut

Paksuus ilmoitetaan nimelliskuivakalvonpaksuutena. Pohjustuskerrosta ei huomioida kokonaiskuivakalvonpaksuudessa. Keskimääräisen kalvonpaksuuden tulee olla yhtä suuri tai suurempi kuin nimelliskalvonpaksuus, joka voidaan kuitenkin paikallisesti alittaa 20 %. Kalvonpaksuuksien suurin sallittu ylitys on tuotekohtainen ja se tulee varmistaa tuotteen valmistajalta. Varsinkin haihtuvia liuottimia sisältävissä pinnoitteissa kerralla tehty, ylisuuri kalvonpaksuus vaikuttaa kuivumisnopeuteen, vedenkestävyyteen ja kovuuteen.

Keskimääräisen pinnoitepaksuuden määrittäminen tulee perustua työmaalla tehtävään, kyseistä pinta-alaa koskevaan ainemenekkirjanpitoon, tuotteen ominaispainoon ja tuoteselosteessa ilmoitettuun teoreettiseen riittoisuuteen. Laskennallinen hukkerroin on 3 %. Käytännössä oikean kalvonpaksuuden saavuttamista ohjataan käyttämällä säätölastaa tai hammaslastaa. Säätölas-

tan nastat tulee tarkistusmitata riittävän usein työn aikana, sekä ennen aloitusta. Oikea kalvonpaksuus varmistetaan pistokokein tapahtuvalla märkäkalvo paksuuden mittauksella.

Pinnoitetusta lattiasta voidaan myös porata tasavälein näytepaloja. Alle 100 m²:n alasta vähintään 3 kpl ja lisäksi 1 kpl / alkava 100 m². Poranäytteen halkaisijan tulee olla vähintään 30 mm, eikä sitä saa ottaa 300 mm lähempää betonilaatan reunaa tai saumaa. Kalvonpaksuus mitataan tarkoitukseen sopivalla laitteella ja se suoritetaan koekappaleen kolmesta kohdasta 120 asteen välein. Mittaustulos on kolmen pisteen keskiarvo. Nestetiiviissä pinnoitteissa ei valmistajan tai suunnittelijan ilmoittamaa minimipaksuutta saa missään tapauksessa alittaa. [4, s.24; 6, s.19.]

5.5.2 Sileysvaihtelut ja karheusasteet

Maali- ja lakkapinnoitteilla alustasta johtuva vaihtelu on hyväksyttävä tai erikseen sovittava ennen työn aloitusta, mikäli halutaan alustaa sileämpi pinta. Hiertotyökalujen jälkiä voi esiintyä vähäisissä määrin hierrettävissä masapinnoitteissa. Valmiit pinnat tarkastetaan lopullisia käyttöolosuhteita vastaavissa valaistusolosuhteissa. Luonnonvaloa vasten tarkasteltaessa pinnoitteissa olevat työstöjäljet ja alustan epätasaisuudet korostuvat voimakkaasti (kuva 15). Tarkastelujen on myös tapahduttava käyttöolosuhteita vastaavalta etäisyydeltä.



Kuva 15. Luonnonvaloa vasten pinnoitteessa näkyy pienimmätkin virheet.

Valmiin pinnoituksen karheusaste on syytä määritellä ja suositellaan sovittavaksi ennen pinnoituksen aloittamista. Yleisesti hierrettäviin pinnoitteisiin on saatavilla kolme karheusastetta, jotka ovat karkea, puolikarkea ja siloteltu. Itsesiliävät pinnoitteet on myös mahdollista karhentaa erillisellä pintakarhennuskäsittelyllä, muuten niiden profiili on siloteltu. [4, s.24 - 25; 6, s.19.]

5.5.3 Muita laatukriteereitä

Hiertomassoilla värierojen vaihtelut aiheutuvat värihiekan valmistuseräkohtaisesta vaihtelusta. Värillisten pinnoitteiden eräkohtaista vaihtelua on pyrittävä välttämään toimitus- ja työjärjestelyillä työmaalla. Värierojen haittoja pystytään minimoimaan sovittamalla saumat tilajaon mukaan. Värisävyn valinnassa tulee huomioida kohteessa vallitsevat valaistusolosuhteet. Sama värisävy voi näyttää erilaiselta eri valaistusolosuhteissa. Myös värisävyn ja kiillon muuttumiseen voivat vaikuttaa UV-säteily, lämpö, prosessikemikaalit, ikääntyminen ja kuluminen.

Maali- ja lakkapinnoitteilla sekä itsesiliävillä massapinnoitteilla sallitaan vähäinen määrä yksittäisiä kuplia, mutta ei huokosia. Kemiallisesti rasitetuista lattioista kuplat on poistettava ja kuplien alla oleva reikä paikattava pinnoitteeseen käytetyllä massalla ennen lattian käyttöönottoa.[4, s.25; 6, s.19.]

6 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli laatia SRV Toimitilat Oy:lle logistiikka-tilojen betonilattioiden tuotannosta ja pinnoituksesta yleisohje, jonka avulla pystytään valvomaan työn toteutusta ja laatua. Ohje on suunnattu työmaalla toimivalle työnjohdolle, joka vastaa kyseisen aihealueen työvaiheista. Projektinjohtourakoita silmälläpitäen on työssä tarkasteltu myös suunnittelun lähtökohtia.

Sisältö koostuu kahdesta pääosa-alueesta, jotka ovat betonilattian valmistus ja pinnoitus. Lattian valmistusta on aluksi tarkasteltu suunnittelun osalta. Massan koostumuksen tutkimisen jälkeen selvitettiin teräskuitubetonin valmistusta ja käyttöä. Itse betonoinnin tarkastelu painottui olosuhteiden huomioimiseen ja työmenetelmien valintaan. Lattiavalmistuksen loppuosiossa perehdyttiin jälkihoitoon ja valmiin lattian laatutekijöihin.

Pinnoitusosiossa tarkasteltiin aluksi pinnoituksen tarkoitusta sekä pinnoitetyyppejä ja materiaaleja. Itse pinnoituksen onnistumiseen vaikuttavat alustan tyypit ja ominaisuudet sekä esikäsitely olivat aiheina seuraavana. Pinnoitus työn ajoitus ja olosuhteet käytiin läpi tämän jälkeen. Lopuksi esillä on itse pinnoitustyön suoritus ja laadunvarmistus.

Erityisen käyttökelpoisina tutkimuskohteina todettiin osiot teräskuitubetonista, talvibetonoinnista, betonin jälkihoidosta sekä pinnoitetyyppien käyttömahdollisuuksista. Kuitubetonin käyttö on vielä vähäistä työkohteissamme, mutta tulevaisuudessa se tulee varmasti lisääntymään. Varsinkin kun kokemusta karttuu menetelmistä ja kuitumassoista toteutuksesta vastaaville henkilöille. Talvibetonoinnissa on ollut monia vääriä uskomuksia, jotka ovat periytyneet vanhemmilta rakentajilta. Nyt niihinkin on olemassa tutkittua aineistoa. Jälkihoidon aloitusajankohta on myös ollut epäselvä käsite. Monesti nykyäänkin vielä näkee jälkihoidon aloituksen tapahtuvan valusta seuraavana päivänä, vaikka olisi usein syytä tehdä toimenpiteitä välittömästi valun jälkeen.

Tavoitteena ollut betonilattian valmistuksen ja pinnoituksen koko tuotantoketjun työnjohtoon ja valvontaan tähtäävä ohjeistus on mielestäni saavutettu niiltä osin kuin se on välttämätön työmaahenkilöstölle. Työssä käytettiin edellisten työmaiden virheellisten työsuoritusten ja laadullisten epäkohtien

dokumentointeja hyväksi ja niiden perusteella laadittiin ohjeet, huomioiden varsinkin asiat, joissa on ollut erityisesti puutteellista tietämystä.

Varsinaisessa työvaihejärjestyksessä koottua ohjetta on helppo käyttää, koska eri vaiheet löytyvät loogisessa järjestyksessä ja näin ne ovat sisällysluettelon perusteella löydettävissä selkeästi. Tietyissä työvaiheissa on esitetty erilaisia mahdollisuuksia työn toteuttamiseksi ja tällöin pystytään soveltamaan ohjetta tilanteen mukaan.

Insinööriyön merkitys korostuu varsinkin pitkään alalla olleille, joilla ei ole välttämättä viimeisintä tietoa materiaalien ja työtapojen kehityksestä. Koulutusta tai julkaisuja ei ole olemassa monestakaan työn aihealueen sisältämistä asioista. Kaikesta on joutunut itse ottamaan selvää, jos on halunnut päivittää tietotaitojaan.

VIITELUETTELO

- [1] Suomen betoniyhdistys By45 / Suomen betonilattiayhdistys BLY 7 *Betonilattiat 2002*.
- [2] Hyvärinen Antti, Siro Heikki *Betonilattioiden perustyyppit*. Rakentajain Kustannus Oy.
- [3] Lohja Rudus *Betonin valintaopas 2006*.
- [4] Suomen Betoniyhdistys By49 / Suomen Betonilattiayhdistys BLY10 *Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2003*.
- [5] Häkkä-Rönholm Eva, Haimala Taru, Rautiainen Liisa VTT Rakennustekniikka *BLY11 Teollisuuslattioiden pinnoitus*, 1999.
- [6] Suomen Betonilattiayhdistys BLY6 / Suomen Betoniyhdistys By35 *Betonilattioiden pinnoitusohjeet 1992*.
- [7] Rakennusalan tutkimuskeskus Oy *Lattian päällysteet ja päällystystyöt*, RAK Rakennusalan Kustantajat 1992.
- [8] Rakennusalan tutkimuskeskus RTK Oy *Lattianpäällysteet*, Rakentajain Kustannus Oy 1988.
- [9] Semtu Oy tuotekansio, *Työmaatekniikka Lattiatuotteet*, 2008.
- [10] Rudus Info 2/05 *Maanvarainen betonilattia ja alusrakenteet*, Asiakastiedote heinäkuu 2005. [verkkodokumentti, viitattu 14.12.2008]. Saatavissa: <http://www.rudus.fi/download.aspx?intFileID=431&intLinkedFromObjectID=9442>
- [11] Suomen Betonilattiayhdistys ry *BLY-3 Betonilattioiden jälkihoito*, Betoni-lehti numero 2/2002, Tekninen nurkka. [verkkodokumentti, viitattu 14.12.2008]. Saatavissa: <http://www.betonilattiayhdistys.fi/bly-3.pdf>
- [12] Vuorinen Pekka, DI Rakennusteollisuus RTT ry *Tekniset lähtökohdat ja rajoitukset tunnettava – arkkitehtoninen betonilattia kiinnostaa*, Betoni-lehti 1/2007 s. 62 – 65. [verkkodokumentti, viitattu 18.1.2009]. Saatavissa: <http://www.betoni.com/download.aspx?intFileID=1622&intLinkedFromObjectID=9237>
- [13] Matsinen Martti, DI, toimitusjohtaja PiiMat Oy *Saumattomat teollisuuslattiat kuitubetonista*, Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, julkaisu 6/2008 s. 52 - 54. [verkkodokumentti, viitattu 10.1.2009]. Saatavissa: <http://www.promaint.net/downloader.asp?id=3062&type=1>
- [14] Suomen Betoniyhdistys By201, *Betonitekniikan oppikirja 2004*.
- [15] BASF Oy tuotekansio, *Mastertop työselitys*, ver. 1/2008
- [16] Betonilehti 1/2009, *Betonilattiapinnoitukset osa 2 - polymeeripinnoitteet* s. 38 - 41.



PINNOITUSTYÖPÖYTÄKIRJA

pvm _____.____.20__

Nro: ____

Rakennuskohde	Urakoitsija
Pinnoitusaluista	Esikäsittely
Alustan laatu, käytetyt jälkihoitoaineet	
Pinnoitetyyppi	Vetokokeet
Pinnoitustyön aikaiset olosuhteet -alustan lämpötila.....°C -alustan suhteellinen kosteus.....% -ilman suhteellinen kosteus.....% -pinnoitteen lämpötila.....°C -ilmanvaihto	Mallipinnoitus pvm _____.____.20__ Huomautukset Hyväksytty pvm _____.____.20__ allekirjoitus
Laadunvarmistus -kalvovahvuudet -visuaalinen tarkastelu -huomautukset ja sopimukset	
Suojaus -työaikainen	Jätteiden käsittely -tyhjät pakkaukset
-valmis pinta	-hionta- yms. Jätteet
-ilmanvaihto	
Allekirjoitukset pvm _____.____.20__	
Tilaaaja	Urakoitsija