

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BETONIPINNAT, VALU JA JÄLKIHOITO

TEKIJÄ Jaakko Hofmeister

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Jaakko Petteri Olavi Hofmeister	
Työn nimi Betonipinnat, valu ja jälkihoito	
Päiväys 23.9.2023	Sivumäärä/Liitteet 31+1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Consolis Parma Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajaksi tuli Consolis Parma Oy:n Iisalmen betonielementtitehdas, kun tilaaja oli huomannut betonipintojen laadun heikkenemisen. Laatua haluttiin parantaa ja selvittää mistä laadun heikkeneminen johtui. Iisalmen betonielementtitehtaalla tehdään seinäelementtejä ja runkoelementtejä. Näistä monet ovat näkyviin jääviä viimeisiä pintoja, joten niiden kuuluu olla standardien ja vaatimusten mukaisia. Pintaluokitukset vaihtelevat elementtityypeittäin ja vaatimusluokkia on eri tyypeillä useita.</p> <p>Opinnäytetyössä päädyttiin tekemään työohje betonipintojen teosta. Laatuvaatimusten vaihteluiden takia tavoitteeksi tuli laatia työohje, jonka pohjalta saatiin uusien työntekijöiden perehdytys käyntiin, yhtenäistettyä työtavat ja parannettua laatua yleisesti. Työohjeen tekeminen aloitettiin ensin haastattelemalla viittä alan ammattilaista, jonka jälkeen tarkastettiin haastattelun tulokset kirjallisuudesta, kuten BY40 betonirakenteiden pinnat, BY 50 betoninormit sekä betonielementtien toleranssit. Tulosten ja kirjallisuuden vertailun jälkeen tehtiin vielä uusi haastattelukierros, jossa haastettiin työmenetelmiä ja keskusteltiin menetelmien yhtenäistämisestä. Toisen haastattelun jälkeen tehtiin työohje, jossa yhdistettiin haastattelun tulokset ja kirjallisuuden teoria.</p> <p>Työohjeen perusteella saatiin yhtenäistettyä työtavat ja päivitettyä kaikkien työntekijöiden työ vaaditulle tasolle. Työohjeen perusteella myös perehdyttäminen helpottui paljon, koska kaikilla on yhtenäiset työtavat ja kaikkea ei tarvitse muistaa heti ulkoa vaan voidaan tarkastaa työohjeesta, meneekö kaikki kuten pitää. Tätä työohjetta tullaan käyttämään Parman betonipintojen teossa useammalla tehtaalla perehdyttämisessä, tapojen yhtenäistämisessä ja muistilistana, jotta perusasiat eivät pääse unohtumaan. Työohje on salainen ja vain Consolis Parma Oy:n käytössä.</p>	
Avainsanat betonipinnat, betonijulkisivut, betonielementti, betonielementit	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author(s) Jaakko Petteri Olavi Hofmeister	
Title of Thesis Creating a work instruction for concrete surface production	
Date 22 September 2023	Pages/Appendices 31+1
Client Organisation /Partners Consolis Parma Oy	
<p>Abstract</p> <p>The client of the thesis was Consolis Parma Oy's concrete element factory in Iisalmi, Finland, who had noticed deterioration in the quality of concrete surfaces. Therefore, they wanted to improve the quality and investigate the reasons for the deterioration of quality. The Iisalmi concrete element factory produces wall elements and frame elements, many of which are the final visible surfaces, so they must meet standards and requirements. Surface classifications vary by element type, and different types have many requirement classes.</p> <p>The goal of the thesis was to create a work instruction for concrete surface production. Because of the variations in quality requirements, the goal was to create a work instruction that would make it easier to familiarize new employees with concrete surfaces, to standardize work methods, and to improve quality in general.</p> <p>The process of creating the work instruction began by interviewing with five industry professionals. Then, the results of the interviews were cross-referenced with literature, such as BY40 Concrete Structure Surfaces, BY50 Concrete Standards, and concrete element tolerances. After comparing the results with the literature, a new round of interviews was conducted to discuss work methods and their standardization. Following the second interview, a work instruction was created by combining the results of the interviews and the theoretical knowledge from the literature.</p> <p>Based on the work instruction, work methods were standardized, and the work of all employees was brought up to the required level. The work instruction also made the orientation process much easier because every employee will have the same work methods, and there is no need to memorize everything right away – it can be checked in the work instruction. This work instruction will be used by multiple factories within Parma for orientation, standardization of practices, and as a checklist to ensure that the basics are not forgotten. The work instruction is confidential and for the exclusive use of Consolis Parma Oy.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Concrete surfaces, concrete facades, concrete element</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	BETONIPINNAT	8
2.1	Muotit	8
2.2	Muottipinta	8
2.3	Hiertopinnat	9
2.4	Telapinta	9
2.5	Harjapinta	9
2.6	Erikoispinnat.....	10
2.7	Sementtiliimanpoisto	11
3	BETONIN VALAMINEN.....	12
3.1	Työturvallisuus betonin valamisessa	12
3.2	Valumenetelmät.....	12
3.3	Betonin laatu	12
3.4	Betonin valaminen	14
4	BETONIPINNAN TEKÖ.....	15
4.1	Piikkitelaaminen	15
4.2	Ensimmäinen hierto	15
4.3	Jälkihoitoaine.....	16
4.4	Viimeisen pinnan tekeminen	16
5	BETONIPINTOJEN LAATUSTANDARDIT	17
5.1	Parman laatustandardit	17
5.2	BY40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet	17
5.3	Betonelementtien toleranssit 2011	19
5.4	Standardien tärkeys	21
6	JÄLKIHOITO.....	22
6.1	Betonin jälkihoito	22
6.2	Betonin jälkihoitotavat.....	22
6.3	Miksi betonia jälkihoidetaan	23
7	BETONIPINTOJEN YLEISIMMÄT VIRHEET	24
7.1	Halkeilu	24
7.2	Lohkeamat	24

7.3	Pintavirheet	24
7.4	Pintojen suoruus ja vajoaus.....	25
7.5	Erottunut betoni	25
7.6	Nystermät ja kuopat.....	26
8	BETONIPINTOJEN KORJAUS.....	27
8.1	Korjaukset luokittain	27
8.2	Nystermien ja kuoppien korjaaminen.....	27
8.3	Paikkaukset	27
8.4	Mittavirhekorjaukset.....	28
8.5	Raudoitteiden korjaukset.....	29
8.6	Korjaukset betonilla	29
8.7	Kaatokorjaukset.....	29
8.8	Halkeamien korjaaminen	29
9	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET	31

KUVALUETTELO

KUVA 1	Betonielementin muotti (Hofmeister 2023).....	8
KUVA 2	Muottipinta betonielementissä (Hofmeister 2023).....	8
KUVA 3	Teräshiertopinta (Hofmeister 2023).....	9
KUVA 4	Valmis hienotelapinta (Hofmeister 2023)	9
KUVA 5	Harjapinta betonissa parvekkeen alapinnassa (Hofmeister 2023).....	10
KUVA 6	Vaurioitunut pesubetonipinta (Hofmeister 2023)	10
KUVA 7	Pesubetonipinta jossa hidastin (Hofmeister 2023)	11
KUVA 8	Valukuoppa (Hofmeister 2023).....	12
KUVA 9	Huono perinteinen betoni (Hofmeister 2023)	13
KUVA 10	Hyvä perinteinen betoni (Hofmeister 2023).....	13
KUVA 11	Erottunut betoni (Hofmeister 2023)	13
KUVA 12	Jäykkä perinteinen betoni (Hofmeister 2023)	13
KUVA 13	Kerrostunut betoni (Hofmeister 2023)	14
KUVA 14	Värivirheet näkyvissä muottipinnassa (Hofmeister 2023).....	14
KUVA 15	Betonin pintaan jäänyt ilmakuplia ja kiviä (Hofmeister 2023).....	15
KUVA 16	Halkeillut betoni (Hofmeister 2023)	15

KUVA 17 Betoninpintaan jäänyttä jälkihoitoainetta (Hofmeister 2023)	16
KUVA 18 Elementtien toleranssi luokkien merkkaukseen (Hofmeister 2023)	17
KUVA 19 Elementtien toleranssi luokkien merkkaukseen (Hofmeister 2023)	17
KUVA 20 Hiertopintojen vaatimusluokat (BY 40).....	18
KUVA 21 Tiililaattapintojen toleranssit (BY 40)	18
KUVA 22 Tiilielementti 5m päästä (Hofmeister 2023).....	19
KUVA 23 Tiilielementti 1m päästä (Hofmeister 2023).....	19
KUVA 24 Seinät ja hormit valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011).....	20
KUVA 25 Seinät ja hormit valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011).....	20
KUVA 26 Seinä ja hormit valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011).....	21
KUVA 27 Betoninpintaan jäänyttä jälkihoitoainetta (Hofmeister 2023)	22
KUVA 28 Betoninpintaan jäänyttä jälkihoitoainetta ja roiskeita (Hofmeister 2023)	23
KUVA 29 Lujuuden kehittyminen lämpötilan mukaan (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018).....	23
KUVA 30 Halkeillut betoniväliseinä (Hofmeister 2023).....	24
KUVA 31 Lohjennut nurkka (Hofmeister 2023)	24
KUVA 32 Teräshierretty pinta (Hofmeister 2023)	25
KUVA 33 Tiilipinta, jossa koloja (Hofmeister 2023)	25
KUVA 34 Nystermiä ja kuoppia betonin pinnassa (Hofmeister 2023)	26
KUVA 35 Nystermiä ja kuoppia betonin pinnassa (Hofmeister 2023)	26
KUVA 36 Sallitut korjaus määrät A ja B luokan betonipinnoille (BY40 betonirakenteiden pinnat 2003).....	27
KUVA 37 Haljenneita reunoja (Hofmeister 2023)	28
KUVA 38 Korjattu elementti (Hofmeister 2023)	28
KUVA 39 Puuttuva reikä elementissä (Hofmeister 2023)	29
KUVA 40 Verkkohalkeilua väliseinässä (Hofmeister 2023).....	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaaja on Consolis Parma Oy:n Iisalmen betonielementtitehdas. Iisalmen tehdas työllistää noin 100 työntekijää. Iisalmen betonielementtitehtaalla tehdään betoniseiniä, kuten julkisivua, väliseiniä, sokkeleita. Iisalmen tehtaalla tehdään myös betonirunkoa, kuten pilareita ja palkkeja, sekä TT-laattoja.

Opinnäytetyön tilaamiseen päädyttiin, koska betonipintojen laadun on huomattu laskeneen. Kaikkein eniten tämä korostuu seinien betonipinnoissa, jonka takia opinnäytetyö keskittyy seinätuotannon laadun parantamiseen, mutta työtä voidaan soveltaa myös kaikkiin muihin betonipintoihin. Opinnäytetyön aiheena on betonipintojen laatu ja laadun parantaminen. Tavoitteena on työohjeen laatiminen betonipintojen tekemiseen. Laadittava työohje on sovittu pidettävän salaisena ja vain Consolis Parma Oy:n käytettävissä.

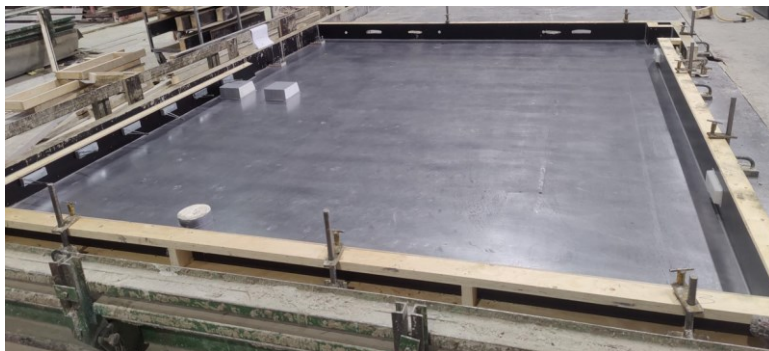
Työohjeen ensimmäisenä tavoitteena on varmistaa, että betonipinnoista tulee määräysten ja vaatimusten mukaiset ja ne on tehty oikeilla tavoilla. Toisena tavoitteena on yhtenäistää nykyisten työntekijöiden työtavat ja työn taso yhtenäiseksi kaikkien kesken. Kolmantena tavoitteena on helpottaa uusien työntekijöiden perehdyttämistä ja toimia muistilistana heille.

Työohjeen tekeminen aloitetaan haastattelemalla viittä kokenutta ammattilaista, jonka jälkeen haastattelun tulokset tarkastetaan kirjallisuudesta kuten BY 50 betoninormit, BY 40 betonirakenteiden pinnat, sekä betonielementtien toleranssit. Kun tiedot on tarkastettu ja korjattu, niin käydään tulokset läpi haastateltavien kanssa, jonka jälkeen tehdään työohje näiden tulosten pohjalta.

2 BETONIPINNAT

2.1 Muotit

Betonielementtien pintoihin vaikuttaa paljon muottipinnan materiaalit. Parmalla käytetään pääsääntöisesti filmivanerista tehtyä muottia, joka on tehty teräspöydälle. Muut muottimateriaalit on koettu liian kalliiksi ja vaikeiksi ratkaisuksi verrattuna vanerin hintaan ja työstettävyyteen. Vaihtelua elementtikoossa, aukoissa ja aukkojen päästöissä on liikaa erilaisille pysyvimmille ratkaisuille, kuten teräsmuoteille. Kuvassa 1 on betonielementin muotti valmiina, odottaa raudoitusta.



KUVA 1. Betonielementin muotti (Hofmeister 2023)

2.2 Muottipinta

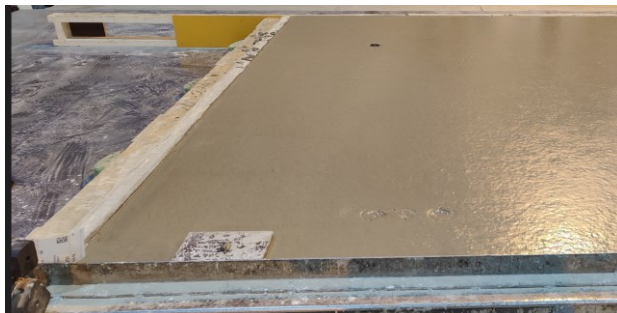
Betonielementeissä on aina muottipinta. Kuvassa 2 esimerkki muottipinnasta. Betonipinta voi olla myös molemmilla puolilla, jos pinnoitusvaihtoehto sen sallii ja elementin rauditus on yksinkertainen esimerkiksi pelkät pieliteräkset. Näissä tapauksissa voidaan elementti tehdä patterimuotissa (pysytyssä), jolloin valmistuksesta saadaan kustannustehokkaampaa kuin pöydällä tehtynä. Mahdolliseen sementtiliimanpoistoon tulee näissä tapauksissa varautua, sillä muottipinta jää aina liukkaaksi ja sementtiliimaa jää runsaasti pintaan.



KUVA 2. Muottipinta betonielementissä (Hofmeister 2023)

2.3 Hiertopinnat

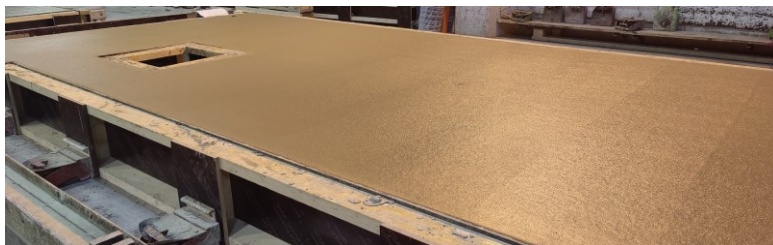
Hiertopinnoissa käytetään joko teräshiertoa tai puuhiertoa. Kuvassa 3 esimerkki teräshiertopinnasta, joka on vielä märkä eikä betoni ole kovettunut. Puuhiertopinnassa on tavoitteena saada hyvä tartuntapinta esimerkiksi laatoitukselle. Teräshiertoa käytetään maalattuihin tai pinnoittamattomiin pintoihin.



KUVA 3. Teräshiertopinta (Hofmeister 2023)

2.4 Telapinta

Telapintaa tehdään useaan käyttötarkoitukseen, mutta useimmin jaetaan hienotelapintoihin ja karkeatelapintoihin. Kuvassa 4 esimerkki hienotelapinnasta, jonka on tarkoitus jäädä näkyviin päällystämättömänä. Telaus voidaan tehdä karkeana piiloon jääviin tai hiottaviin pintoihin. Piiloon jääviä pintoja on esimerkiksi sisäkuorielementeissä, väliseinissä, ja sokkeleissa. Piiloon jäävät pinnat valetaan yleensä itsestään tasoittuvalla betonilla, jolloin työkustannukset pienenevät.



KUVA 4. Valmis hienotelapinta (Hofmeister 2023)

2.5 Harjapinta

Harjapintoja voidaan tehdä näkyväksi pinnaksi tai pinnoitteille, jotka tarvitsevat erittäin hyvän tartunnan. Yleensä harjapintoja tehdään esimerkiksi parvekkeiden pohjiin näkyväksi pinnaksi tai laatoitukselle tartunta-alustaksi. Kuvassa 5 harjapinta parvekkeen alapinnasta, jonka on tarkoitus jäädä näkyviin pinnoittamattomana.



KUVA 5. Harjapinta betonissa parvekkeen alapinnassa (Hofmeister 2023)

2.6 Erikoispinnat

Pesubetonipinnat ja graafiset pinnat ovat harvinaisempia pintoja, jotka vaativat erikoistyökaluja ja laitteita. Näistä tehdään yleensä aina näkyviä pintoja esimerkiksi julkisivuun. Pesupintoja voidaan käyttää myös esimerkiksi parvekkeiden pinnoitteina. Pesubetonipinnat ja graafiset pinnat ovat kaikin haastavimpia saada onnistumaan ja vaativat kaikkein eniten ammattitaitoa. Kuvassa 6 on esimerkki betonielementistä, jota on vibrattu liikaa käsin ja liian syvältä, jolloin betoni on päässyt häiriintymään kovettumisvaiheessa.



KUVA 6. Vaurioitunut pesubetonipinta (Hofmeister 2023)



KUVA 7. pesubetonipinta jossa hidastin (Hofmeister 2023)

2.7 Sementtiliimanpoisto

Sementtiliima poistetaan elementin pinnasta sellaisissa kohteissa, jossa vaaditaan hyvä tartunta pinnon ja elementin välillä. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi maalaukset, laatoitukset ja vedeneristykset.

Sementtiliima voidaan poistaa kemiallisesti esimerkiksi Iisalmessa käytetyllä Soledo sementtiliiman poistajalla. Soledo sementtiliiman poistaja on biohajoava ja käyttäjä turvallinen. Soledolla saadaan korvattua hapoilla tehtävät pesut ja osittain hiekkapuhaltaminen ja hionta. Pinta jää hiukan karkeammaksi ja suuri osa sementtiliimasta liukenee pois. Toinen vaihtoehto on hiekka tai vesipuhallus, mutta tämä on paljon kalliimpaa ja siksi käytetään mahdollisimman vähän. (Soledo Sementtiliiman poistaja 201, 2019.)

3 BETONIN VALAMINEN

3.1 Työturvallisuus betonin valamisessa

Betonin valamisessa on monta vaaranpaikkaa. Työturvallisuuslaki (738/2002) määrittää, että työnantajan on huolehdittava turvallisuudesta rajaavin tekijöin, joita ovat ennalta arvaamattomat ja epätavalliset olosuhteet joihin työnantaja ei voi vaikuttaa. Varotoimia pitää kuitenkin tehdä eli asiaan kuuluvat työohjeet ja perehdytykset (Työturvallisuuslaki 738/2002):

- Kemikaaliperehdytys
- Betonin syövyttävistä ominaisuuksista tulee olla kerrottuna ja ohjeistettuna suojautuminen betonin kanssa tekemisessä oleville ihmisille.
- Nosturin käyttö tulee olla opastettu ja turva-alueet ohjeistettu asianmukaisesti.
- Vaara- ja haittatekijöiden syntyminen tulee estää ja poistaa työpaikalta.
- Erityistä vaaraa aiheuttavasta työstä on työntekijällä oikeus kieltäytyä, jos sitä ei voida toteuttaa turvallisesti.

3.2 Valumenetelmät

Betonivalu tehdään yleensä pumppaamalla betoniautosta, valuttamalla betoniautosta kourulla, betonimyllyllä paikan päällä tai kuten Iisalmen tehtaalla, jossa betoni tehdään itse ja valutetaan betoni suoraan nosturissa olevaan valukuuppaan, josta se pudotetaan muottiin. Kuvassa 8 Iisalmen valukuoppa, joka aukeaa ja sulkeutuu sähköisesti.



KUVA 8. Valukuoppa (Hofmeister 2023)

3.3 Betonin laatu

Parman tehtaalla käytetään kahta eri betonia: IT eli itsestään tasoittuvaa betonia ja perinteistä betonia. Itsestään tasoittuva betoni ei tarvitse vibrausta vaan se leviää ja tiivistyy itseksensä. Jos IT-betonia erehdytään täryttämään erottuvat hieno- ja runkomateriaalit toisistaan lähes välittömästi. Erottuminen huonontaa betonin puristumiskestävyyttä ja säänkestävyyttä. Kuvassa 11 on esimerkki erottuneesta betonista. Betonissa on liikaa notkistinta, jolloin kivet ovat painuneet pois pinnasta.

Perinteinen betoni on jäykempää ja tarvitsee levittyäkseen mekaanista apua ja tiivistymiseen täryttämistä. Perinteisen betonin ei kuulu levittyä itseksensä, mutta se ei kuitenkaan saa olla liian jäykkää. Kuvassa 9 on esimerkki liian jäykästä betonista, jota ei pysty työstämään käsin. Perinteistä betonia pitää pystyä siirtämään kohtuudella esimerkiksi haravalla ja lapiolla. Perinteisen betonin työstettävyyttä säädetään notkistimella ja jos notkistinta käytetään liikaa, aiheuttaa se betonin pintoihin ja kestävyysongelmia. (BY 40 Betonirakenteiden pinnat – luokitusohjeet 2021, 22 - 24.)

Parmalla käytetään yleensä lujuusluokkia C30/37-C45/55 eli normaali luokitukseen kuuluvia betoneita. Normaali luokitukseen kuuluvat C8/10-C50/60 betonit. C8/10 on myös alin luokitus. Korkealujuusbetonit ovat puristuslujuudeltaan C55/67-C100/115. Lujuusmerkintä C30/37 tarkoittaa betonin lieriölujuuden arvoksi 30 MN/m² ja kuutiolujuuden arvoksi 37 MN/m². (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 85.)

Normaaliluokkaiset betonit ovat helppoja valmistaa ja sopivaan notkeuteen päästään ilman tehonotkistimia. Notkeusluokat voidaan jakaa S1-5 painuman ja F1-6 leviämisen mukaan normaalissa betonissa ja itsestään tiivistyvissä luokat SF1-3. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, 70 - 73.). Parmalla käytetään yleensä S3 perusnotkeaa betonia tai SF2 itsestään tiivistyvää betonia.



KUVA 9. Huono perinteinen betoni
(Hofmeister 2023)



KUVA 10. Hyvä perinteinen betoni
(Hofmeister 2023)



KUVA 11. Erottunut betoni
(Hofmeister 2023)



KUVA 12. Jäykkä perinteinen betoni
(Hofmeister 2023)

3.4 Betonin valaminen

Kun betonin laadusta on varmistuttu ja todettu, että se on käyttökelpoista, voidaan betoni pudottaa muottiin. Betoni pudotetaan valumuottiin 50 - 100 cm korkeudelta hallitusti ja hitaasti. Betoni levitetään tasaisesti koko muotille. Jos valu joudutaan tekemään useammassa erässä, tulee pohja saada ensimmäisellä erällä täyteen. Jos pohja valetaan useasta erästä, tulevat betonin värierot erittäin herkästi näkyviin, kuten kuvassa 13. Myös betonin kerrostumista tulee välttää eli erien valuvälit eivät saa olla liian pitkät. Kerrostumiset huonontavat rakenteen kestävyyttä huomattavasti, kuten kuvan 14 elementissä.



KUVA 13. Kerrostunut betoni (Hofmeister 2023)



KUVA 14. Värivirheet näkyvissä muottipinnassa (Hofmeister 2023)

4 BETONIPINNAN TEKO

4.1 Piikkitelaaminen

Kun betoni on valettu haluttuun muottiin, aloitetaan pinnan teko aina ensimmäiseksi telaamalla pinta piikkitelalla. Tela voi olla muovinen tai teräksinen. Tämän tarkoituksena on tasoittaa suuret kivet alemmaksi pinnasta ja päästää ilmakuplat purkaantumaan betonista pois. Jos telaa ei käytetä, on ilmakuplista hankala päästä eroon ja pinnasta tulee ruman näköinen ja kuplainen, kuten kuvan 15 elementille on käynyt. Siihen on jäänyt runkoainesta eli 8 - 16 mm:n kokoisia kiviä pintaan.



KUVA 15. Betonin pintaan jäänyt ilmakuplia ja kiviä (Hofmeister 2023)

4.2 Ensimmäinen hierto

Kun pinta on telattu piikkitelalla, odotetaan noin 15 - 30 minuuttia, jonka jälkeen pinta teräshierretään ensimmäisen kerran. Ensimmäisen hierron yhteydessä pintaan levitetään jälkihoitoaine, joka on Iisalmessa MasterKure 111WB. MasterKuren tarkoituksena on tehdä pintaan näkymätön kemiallinen kerros, joka estää tehokkaasti veden haihtumista betonista. Jälkihoitoaine levitetään sumutepullolla. Veden haihtumista nopeuttavat yleisimmin tuuli, aurinko ja lämmin sää. Jos vettä pääsee haihtumaan liikaa betonista, aiheuttaa se plastista eli kuivumishalkeilua, kuten kuvassa 16. Jälkihoitoainetta ei saa hengittää levityksen yhteydessä, eikä sitä saa päästää kosketukseen ihon tai silmien kanssa. (Master Builders Solutions 2023)



KUVA 16. Halkeillut betoni (Hofmeister 2023)

4.3 Jälkihoitoaine

Jälkihoitoaine tulee levittää ensimmäisen liippauksen yhteydessä, jolloin siitä saadaan paras hyöty. Jos jälkihoitoaine levitetään viimeisen liippauksen yhteydessä, voi haihtumista olla tapahtunut jo liikaa ja jälkihoitoaineesta voi jäädä jälkiä betoniin, mikäli liippaus tehdään liian märkänä tai jälkihoitoainetta on liikaa. Kuvassa 17 on esitetty pintaan erottunut ja kuivanut jälkihoitoaine



KUVA 17. Betonin pintaan jäänyt jälkihoitoainetta (Hofmeister 2023)

4.4 Viimeisen pinnan tekeminen

Ensimmäisen teräshierron jälkeen odotetaan, kunnes pinta nahkoittuu eli sormella painaessa märkää betonia ei enää jää sormeen ja pinta tuntuu kimmoisalta. Tähän menee yleensä noin 1 tunti aikaa, mutta olosuhteet voivat vaikuttaa aikaan jopa puolittamalla tai tuplaamalla ajan.

Kun pinta on nahkoittunut, hierretään se toisen kerran. Jos haluttuna pintana on puuhierto, tehdään se tässä vaiheessa. Kaikilla muilla pintavaihtoehtoilla tehdään ensin teräshierto, joka jää viimeiseksi pinnaksi tai sen päälle tehdään haluttu pinta esimerkiksi telaus.

Kun viimeinen pinta on tehty, niin normaalisti voidaan jäädä odottamaan betonin kovettumista nostolujuuteen. Äärimmäisissä olosuhteissa voidaan betonin pinta peittää pressulla, jotta vettä haihtuu betonista mahdollisimman paljon tai jo kovettunutta pintaa voidaan kastella vedellä. Yleensä vedellä kastelulla hillitään lämpötilan nousua. Liika lämpö voi tehdä halkeamia betoniin.

5 BETONIPINTOJEN LAATUSTANDARDIT

5.1 Parman laatustandardit

Parmalla betonielementit tehdään yleensä aina luokkien Betonielementtien toleranssit 2011 ja BY40 toleranssien mukaan (kuva 18). Jokaisessa piirustuksessa on aina määritelty mitä standardia kyseisessä elementissä käytetään esimerkiksi THI-A. Eli hiertopinta A-luokitus. Kaikille lyhennyksille löytyy omat standardit laatuluokituksesta. Kuvissa 18 ja 19 on esimerkki, kuinka betonielementtiluokat voidaan merkata piirustuksiin.

Parmalla tehdään kaikkien luokkien betonipintoja paitsi kaikkein huonointa C-luokkaa. Eli Parmalla tehdään A-, AA- ja B-luokan pintoja, käyttökohteen mukaan käyttökohteesta. AA-luokitusta voi olla esimerkiksi graafisissa pinnoissa, jotka ovat viimeisiä näkyviin jääviä pinnoittamattomia pintoja. A-luokitusta käytetään yleensä näkyviin jäävissä pinnoissa, jotka voidaan maalata, tasoittaa tai jättää siltään näkyviin. A-luokan pintoja voi olla esimerkiksi väliseinät tai julkisivut. A-luokan betonipinta on Parmalla normaali luokka, eli käytetään kaikkein yleisemmin. B-luokan pintoja on piiloon jäävät pinnat esimerkiksi sisäkuorielementit, joiden toinen puoli jää eristettä vasten.

Pintaluokka	TEL-A / MUO-A	(BY40 2021)
Pintakäsittely	Telapinta / Muottipinta	
Maksimi raekoko	16mm	
Toleranssiluokka	Normaaliluokka (N)	(Betonielementtien toleranssit 2011)

KUVA 18. Elementtien toleranssi luokkien merkkaus (Hofmeister 2023)

Valmistustoleranssit	Luokka N	Bet. elem. toleranssit 2011
Bet. peitteen sallittu mittapoikkeama	10mm	
Avopinnan käsittely	THI-A	
Muottipinnan käsittely	MUO-A	

KUVA 19. Elementtien toleranssi luokkien merkkaus (Hofmeister 2023)

5.2 BY40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet

BY40 luokituksessa käydään läpi kaikki pintaluokitukset ja niiden vaatimukset muun muassa nystymien, syvennyksien, käyryyden, hammastuksen, väri vaihteluiden ja valuhaavojen toleranssit. Näistä löytyy luvuittain omat toleranssit. Kuvassa 20 on hiertopintojen vaatimukset BY40 luokitusten mukaan. BY 40 betonirakenteiden pinnoite -kirjasta löytyy erikseen standardit kaikille pinnoitteille, kuten tiilipinnat, muottipinnat ja pesubetonipinnat. BY 40 standardi on yleisesti käytössä Consolis Parma Oy:llä.

Betonipinnat tarkastellaan aina siltä etäisyydeltä, että koko tarkasteltava alue hahmottuu kokonaisuutena, esimerkiksi betonielementeissä tämä tehdään usein elementteittäin eikä pieneltä alueelta. Kuvassa 22 ja 23 on esimerkki, kuinka tiilielementti hahmottuu eri tavalla 1 metrin ja 5 metrin tarkastelu etäisyydeltä. 5 metrin tarkastelu etäisyydeltä pieniä virheitä ei enää huomaa.

4.1.3 LAATUVAATIMUKSET

Hierrettyjen pintojen laatutekijöitä ovat nystermä, syvennys, valuhuokoset, työväliseen jälki sekä väri vaihtelu (kohta 10). Pintamallin avulla voidaan määritellä työväliseen jälki ja pinnan yleinen karheus (alle 1 mm tasoerot).

Hiertämisellä pyritään työkalu huomioon ottaen tasaiseen lopputulokseen. Jos hiertämällä halutaan aikaansaada toistuva kuvio, on siitä tehtävä aina malli, jota pyritään toistamaan. Hierretyt pinnat jaetaan kolmeen luokkaan:

- sienihierretty, telattu ja töpötetty
- teräshierretty ja
- puuhierretty.

Hierrettyjen pintojen laatutekijät on esitetty kuvassa 4.1. Eri luokkien laatuvaatimukset on esitetty luokitustaulukossa HIE. Pinnan luokkaa kuvataan koodilla esim. SHI-A-E-S (Sienihierretty A-luokan pinta, pinnasta on tehty malli ja se suojataan impregnoinnilla).

Luokitustaulukko HIE (SHI, TEL, TÖP, THI, PHI) / Hierretyt, telatut ja töpötetyt pinnat. Vaatimukset koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä kertaa valettu pinta, esimerkiksi yksi elementti. Hierretystä tasosta ulkonevien osien ympärillä 200 mm alueella sallitaan kaksinkertaiset arvot.

Laatutekijät		Vaatimukset					
		Sienihierretty, telattu tai töp. (SHI, TEL, TÖP)		Teräshierretty (THI)		Puuhierretty (PHI)	
		AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk
Nystermä	suurin korkeus	2		3		4	
	suurin leveys	4		4		8	
Syvennys	suurin syvyys	2		3		4	
	suurin leveys	4		4		8	
Työväliseen jälki hammas ¹⁾		1		2		2	
Huokoset	suurin läpimitta	2...3		3...4		3...5	
	suurin kokonais määrä	3		4		5	
	suurin kokonais määrä	10		25		50	
Pinnan käyryys ja aaltoilu suurin mittapoikkeama		3	5	4	6	4	7
Väri vaihtelu	harmaat pinnat	B	C	B	C	B	C
	valkobetonipinnat	A	B	A	B	A	B
	muut väribetonipinnat	B	C	B	C	B	C

¹⁾ tai mallin mukaisesti.

KUVA 20. Hiertopintojen vaatimusluokat (BY 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2003)

Luokitustaulukko TII / Tiililaattapinnat.

Vaatimukset koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä valukerralla valmistettu pinta, esimerkiksi yksi elementti.

Laatutekijät		Vaatimukset		
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B
Laatan kiertäminen tasossa	(a) mm	1,5	2	3
	Laatan kiertäminen tasosta	2	3	3
Hammas	(a) mm	2	3	4
Kahden vierekkäisen sauman leveysvaihtelu	vaakasauva	15	20	20
	pystysauva	30	40	40
Nystermä, tai hammas saumassa	suurin korkeus tai syvyys	2	3	4
	suurin leveys	3	4	6
Syvennys saumassa	suurin korkeus tai syvyys	1	1	2
	suurin leveys	2	2	3
Lohkeamat $\geq 50 \text{ mm}^2$ (TIIP)	suurin koko	100	200	300
	suurin määrä	2	5	5
	keskimäärin	1	2	2
Lohkeamat, $50...200 \text{ mm}^2$ (TIIK)	suurin syvyys	2	2	3
	keskimäärin	1	3	3
	enintään	3	6	6
Laastin leviäminen	keskimäärin	kpl/m ²	ei sallita	3
		kpl/m ²	ei sallita	1
Poikkinaiset laatat	kpl/pinta	ei sallita	2 ¹⁾	2 ¹⁾
Pintavirheet, $20...200 \text{ mm}^2$	kpl/m ²	ei sallita	4	4
Rikkoreuna, leveys $2...4 \text{ mm}$	m/m ²	ei sallita	4	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	8

¹⁾ Halkeamassa ei saa olla saumalaastia.

KUVA 21. Tiililaattapintojen toleranssit (BY 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2003)



KUVA 22. Tiilielementti 5 m:n päästä (Hofmeister 2023)



KUVA 23. Tiilielementti 1 m:n päästä (Hofmeister 2023)

5.3 Betonielementtien toleranssit 2011

Betonielementtien toleranssit 2011 -kirjaa käytetään Consolis Parmalla lähes aina. Usein vain tämä standardi on merkattu piirustuksiin, kuten kuvassa 20. Betonielementtien toleranssit 2011 käsittelee enimmäkseen valmistusmittoja, esimerkiksi: ovien ja ikkunoiden sijainnit, sähköasiat, pinnan tasomaisuudet sekä paksuuksien, pituuden ja ristimittojen eroja. Sallitut toleranssit on merkattu yleensä esimerkiksi ± 10 mm tai esimerkiksi sandwich-elementin sisäkuoren toleranssi on normaaliluokassa -5 mm - $+10$ mm. kuvassa 24, 25 ja 26 on toleransseja Betonielementtien toleranssit 2011 -kirjasta. Tässä kirjassa ei käydä läpi yksittäisiä pintaluokkia vaan keskitytään valmistustoleransseihin mittojen suhteen. Betonielementtien toleranssit 2011 -kirjasta löytyy luokat normaali- ja erikoisluokka. Normaaliluokkaa käytetään yleensä aina. (Betonielementtien toleranssit 2011, 27 - 31.)

10. SEINÄT JA HORMIT

Normaaliuokkaa käytetään ulkoseinille tavanomaisissa rakennuksissa sekä väliseinille ja sokkeleille yleensä aina. Erikoisluokkaa käytetään yleensä eriytetyn julkisivun ulkokuorielementeille tai kun seinän mittatarkkuudelle asetetaan ulkonäöllistä syistä korkeat vaatimukset. Pienille julkisivulevyille on esitetty vain erikoisluokan toleranssit ja niitä suositellaan käytettäväksi, kun koko julkisivu muodostuu pienistä levyistä tai kuorielementeistä. Betonielementtihormeille käytetään väliseinäelementtien normaaliuokan arvoja.

Mittauksen kohde	Valmistustoleranssit [mm]	
	Normaaliuokka	Erikoisluokka
	SFS-EN14992	Luokka B
Pituus (L), korkeus (H)		
– väliseinä ja sisäkuori	±10	±8
– ulkokuori	±8	±5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±2
Paksuus (b)		
– sandwichin kok.paksuus	±8	±5
– sandwichin sisäkuori	-5; +10	-5; +10
– väliseinä	±5	±5
– sisä- ja ulkokuorielementti	±5	±5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Ristimittojen ero (s ₁ - s ₂) ²⁾		
– väliseinä	15	12
– sisäkuori	15	12
– ulkokuori	12	8
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Sivun käyräys (a)		
– sandwich- ja kuorielementit	±8	±5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±2
– ovet ja ikkunat (a ₁)	±5	±3
Kierous (u)		
– väliseinä, sandwich, ulkokuori ja sisäkuori	±15	±10
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±3
Teräspiilokonsolit	Pilarelementtien mukaan	
Teräsosat ja reiät (t)		

KUVA 24. Seinät ja hormit valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011, 27)

28

betoni

- sijainti pinnan suunnassa		
– väliseinä	±15	±10
– sandwich, sisäkuori, ulkokuori	±10	±10
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±5
- sijainti syvyysuunnassa		
– väliseinä, sandwich, sisä- ja ulkokuori	±5	±5
- pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	±5
- kiertymä	L/50	L/50
Sähkörsiat (t)		
, sijainti pinnan suunnassa	±15	±10
, sijainti syvyysuunnassa	+5; -10	±5; -10
, rasiaryhmän kiertymä	±t/50, enintään 4	±t/50, enintään 4
, reikien koko	±10	±5
Ovet ja ikkunat		
, joka suunnasta (e, h, l)		
– väliseinä	±15	±15
– sandwich	±10	±8
– sisäkuori	±8	±5
– ulkokuori	±8	±5
, kulmien sijainnin ero e ₁ - e ₂		
– väliseinä, sandwich, sisäkuori	10	8
– ulkokuori	5	5
– pienet julkisivulevyt ¹⁾	-	3
Elementin käyristymä (d) ³⁾		
– väliseinä, sandwich, ulkokuori ja sisäkuori	L/400	L/600
– pienet julkisivulevyt	-	L/600
Pinnan tasomaisuus ⁴⁾		
– 0,2 m	4	2
– 3m	10	5

¹⁾ L ja H ≤ 1,5 m²⁾ Ei soveltu vinoille seinille.³⁾ Muille kuin betonipintaisille elementeille sallittu käyristymä määritellään suunnitelmassa erikseen.⁴⁾ Poikkeama mittapisteiden välillä, joka on korkeintaan 0,2m tai 3m.

KUVA 25. Seinät ja hormit valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011, 28)

Laattapintaistiset seinäelementit:

	Tiililaattapinta		Klinkkeri- tai luonnonkivilaattapinta	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Mitta				
Sauman leveys ja syvyys (mm)	± 3	±2	±2	±1
Laattojen hammastus pinnan tasossa (mm)	4	3	3	2
Pinnan käyryys ja aaltoilu (mm/1,5m)	5	3	5	3

Mittauksen kohde	Rakentamistoleranssit [mm]	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Sivusijainti	±15	±10
Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	±10	±5
Vapaa väli	±15	±10
Sauman leveys		
– sandwich, elastinen sauma	±8	±5
– sandwich, saumaprofiilit	±5	±3
– väliseinä	±10	—
Hammastus, kaikissa suunnissa	8	5
Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liityttäessä	±10	±5
Poikkeama pystysuorasta	h/400	h/600

KUVA 26. Seinät ja hormit valmistustoleranssit (Betonielementtien toleranssit 2011, 29)

5.4 Standardien tärkeys

Standardeihin on tärkeää perehtyä sen takia, että asiakas saa tilaamaansa laatua. Alan ammattilaisina on velvollisuus tietää ja tarvittaessa opastaa tilaajaa sopivan standardin löytämisessä ja ohjaamisessa esimerkiksi mallielementtikatselmuksissa. Ei ole tavatonta, että tilaaja on ostanut elementit mielestään oikealla standardilla, mutta vaatiikin liian hyvää jälkeä standardiin verrattuna. Esimerkiksi hiertopinnan nystyryistä, huokosista ja montuista väitellään useasti täyttääkö elementti standardin.

6 JÄLKIHOITO

6.1 Betonin jälkihoito

Jälkihoidolla tarkoitetaan betonin suojaamista siten, että betoni saavuttaa suunnitellut ominaisuudet ja lujuuden mahdollisimman pian ilman komplikaatioita, kuten halkeilua. Jälkihoidon tarvetta lisäävät olosuhteet ovat yleisemmin tuuli, auringonpaiste betoniin, alhainen ulkoilman kosteus, jolloin kosteus siirtyy betonista ilmaan, lämmin betonimassa, joka kiihdyttää haihtumista ja lisää lämpötilaeroja betonissa sekä liiallinen notkistimen käyttö. Nämä kaikki voivat aiheuttaa betoniin halkeilua, joka johtuu yleensä liiallisesta veden haihtumisesta betonista, veden haihtuminen aiheuttaa plastista halkeilua. Betonin liika lämpeneminen ja lämpötilaerot paksuissa betonielementeissä aiheuttavat halkeilua lämpölaajenemisen ja lämpötilaerojen takia. (BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, luku 8.7.)

6.2 Betonin jälkihoitotavat

Yleisimmin jälkihoitona käytetään jälkihoitoainetta betonivalun aikana. Jälkihoitoainetta pitää käyttää tarpeeksi ajoissa tai siitä ei ole hyötyä, koska kuivumista on kerennyt jo tapahtua. Tästä aiheutuu kuivumishalkeilua eli plastista halkeilua. Viimeisen liippauksen yhteydessä jälkihoitoainetta ei pitäisi käyttää, koska apu on vähäisempää ja pintaan voi jäädä rumia jälkiä. (BY 65 Betoninormit 2021, 73 - 74.)

Muita tehokkaita jälkihoitokeinoja ovat jo kuivan betonin kastelu, jolloin betoniin saadaan imeytymään kosteutta ja betonia voidaan tarvittaessa viilentää kylmällä vedellä ja käyttämällä muovipeitteitä, jotta kosteus ei pääse haihtumaan elementistä. (BY 65 Betoninormit 2021, 73 - 74.)



KUVA 27. Betoninpintaan jäänyttä jälkihoitoainetta (Hofmeister 2023)



KUVA 28. betonipintaan jäänyttä jälkihoitoainetta ja roiskeita (Hofmeister 2023)

6.3 Miksi betonia jälkihoidetaan

Betonia jälkihoidetaan monen eri syyn takia. Jälkihoidolla valun aikana voidaan vähentää liiallista veden haihtumista ja siten estää kuivumishalkeilu. Jälkihoito valun yhteydessä myös pidentää työaikaa, jolloinko pinnoista saadaan tehtyä parempia. (BY 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018, 341 - 344.)

Jälkihoitoa tehdään myös sen takia, että betoniin saadaan lujuutta mahdollisimman pian. Jälkihoitoilla, kuten viilentämisellä vedellä ja peittelyllä, saadaan kosteus pysymään betonissa ja voidaan käyttää betonia, jonka kovettuminen on aggressiivisempaa eli lämpöä tulee lisää ja haihtuminen nopeutuu. Kuvassa 19 laskennallista lujuuden kehittymistä tunteina tiettynä betonin lämpötilana. Eli mitä lämpimämpää betoni on, sen nopeammin lujuus kehittyy, mutta halkeamien riski kasvaa. Halkeamien syy aiheutuu yleisimmin liian nopeasta veden haihtumisesta tai massiivivaluissa liian suurista lämpötilaeroista. Lämpötilan nousu kiihdyttää näitä molempia. (BY 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018, 341 - 344.)

Taulukko 8.7.1. Jälkihoidon suositeltavat vähimmäisajat eri kovettumisolosuhteissa normaalisti kovettuvalle betonille, jonka sideaineena on käytetty CEM II/B (S-LL) 42,5 sementtiä.

Betonin lämpö- tila [°C]	Aika [d], jolloin saavutetaan 50 % nimellislujudesta			Aika [d], jolloin saavutetaan 70 % nimellislujudesta			Aika [d], jolloin saavutetaan 80 % nimellislujudesta		
	C25/30	C30/37	C35/45	C25/30	C30/37	C35/45	C25/30	C30/37	C35/45
10	9	7	6	17	15	13	24	22	20
20	4,5	3,5	3	8,5	7,5	6,5	12	11	10
30	3	2,5	2	5	4,5	4	7,5	7	6
40	2	1,5	1	3,5	3	2,5	5	4,5	4

KUVA 29. Lujuuden kehittyminen lämpötilan mukaan (BY 201 Betonitekniiikan oppikirja 2018, 344)

Tärkein syy jälkihoitamiselle on betonin lujuus. Jos betoni pääsee halkeilemaan, niin lyhenee betonin käyttöikä merkittävästi, koska ilman epäpuhtaudet pääsevät betonin raudoituksiin ruostuttamaan ja lujuus voi hävitä betonista.

7 BETONIPINTOJEN YLEISIMMÄT VIRHEET

7.1 Halkeilu

Yksi yleisimmistä pintavirheistä on betonin halkeilu. Tämä johtuu yleensä veden liiallisesta haihtumisesta eli plastisesta halkeilusta. Toinen aiheuttaja on betonin liika lämpeneminen ja lämpötilaerot betonissa. Halkeilua voidaan välttää jälkihoidolla, kastelulla ja lämpötilan seurannalla. Kuvassa 30 elementti on valettu kuumana päivänä, jolloin lämpötila oli +30°C. Tällöin myös ovet ovat olleet auki ja elementin pintaan on päässyt ilmavirtaa, joka on kuivattanut elementtiä ja päässyt aiheuttamaan plastista eli kuivumishalkeilua.



KUVA 30. Halkeillut betoniväliseinä (Hofmeister 2023)

7.2 Lohkeamat

Betoniin tulee herkästi lohkeamia, kun betoni on tuoretta. Yleensä lohkeamat ovat itse aiheutettuja, esimerkiksi nostamalla väärin tai liika kovakouraisuus muottia purettaessa, kuten kuvassa 31 on esitetty.



KUVA 31. Lohjennut nurkka (Hofmeister 2023)

7.3 Pintavirheet

Betonin pintaa tehtäessä on helppo tehdä virheitä käyttämällä väärää tekniikkaa. Jos betonia ei ole telattu piikkitelalla tulee pinnasta helposti kuplainen tai monttuinen. Liian märkänä liipattuun pintaan

voi jäädä kosteus näkyviin, kuten kuvassa 21, joka on teräshierretty liian märkänä ja jälkihoitoaine on levitetty liian myöhään, jolloin se on jäänyt näkyviin pintaan. Pintaan, mitä ei ole piikkitelattu, tulee herkästi näkyviin kivet monttuina ja kuplina, kuten kuvassa 32 ja 33. Pintavirheitä voi myös tulla, jos betoni on ollut liian jäykkää, minkä takia betoni ei ole painunut ahtaimpiin rakoihin, kuten kuvassa 33.



KUVA 32. Teräshierretty pinta (Hofmeister 2023)



KUVA 33. Tiilipinta, jossa koloja (Hofmeister 2023)

7.4 Pintojen suoruus ja vajoaus

Pintojen suoruus ja vajoaus on aina mekaaninen vika eli työtä ei ole tehty vaaditulla tasolla ja työvaiheita on jätetty välistä. Syitä on kaksi: Joko pintaa ei ole tasoitettu linjurilla tai betoni ei ole päässyt valumaan lippojen sisään kunnolla. Tämä johtuu yleensä liian vähästä vibraamisesta tai ilmareikien puutteesta.

7.5 Erottunut betoni

Betonin erottuminen tarkoittaa sitä, että hienoaaines ja runkoaines erottuvat toisistaan. Betoni voi erottua yleensä kahdesta syystä. Joskus betoni on yksinkertaisesti väärin tehty ja esimerkiksi notkistinta on liikaa, jolloin runkoaines pääsee valumaan betonissa pohjaan. Toinen syy on liika vibraaminen, tällöin betonin pintaan alkaa tulemaan näkyvä vesikerros ja runkoaines valuu muotin pohjaan.

Erottunutta betonilimaa, mikä tulee pintaan, on tutkittu ja se on todettu puristuslujuudeltaan kestäväksi, mutta säänkestävyydestä ei voi olla varma, koska ilmahuokokset poistuvat elementistä liian tiivistymisen takia. Elementistä tulee myös äärimmäisen ruma, jos erottumista pääsee tapahtumaan.

7.6 Nystermät ja kuopat

Betoniin tulee herkästi nystermiä ja kuoppia, jos liippaus on tehty liian aikaisin. Tämä johtuu yleensä siitä, että betonipintaa ei ole rullattu piikkitelalla ja kivet ovat jääneet pintaan tai betonin tiivistymistä on tapahtunut vielä liippauksen jälkeen, jolloin ilmakuplat ovat päässeet nousemaan elementin pintaan. Ilmakuplat joko hajoavat itsekseen jättäen kuoppia tai jäävät betonin pintaan näkyviin kuplina.



KUVA 34. Nystermiä ja kuoppia betonin pinnassa (Hofmeister 2023)



KUVA 35. Nystermiä ja kuoppia betonin pinnassa (Hofmeister 2023)

8 BETONIPINTOJEN KORJAUS

8.1 Korjaukset luokittain

Parmalla pyritään korjaamaan kaikki elementit, jotta turhalta tuotteen menetykseltä vältetään ja säästytään turhilta kustannuksilta. Jos tuotteen korjaushinta on pienempi omakustanteisena kuin sen uudelleen tekeminen, silloin tuote korjataan.

Lähes kaikki korjaustyöt edellyttävät vaurioituneen osan poistamista ja korvaamista uudella vaurioitumattomalla tavalla. Korjaustyöt tulee tehdä aineilla, joiden ominaisuudet vastaavat käytettyä ainetta ja vaatimuksia kaikin puolin. Kuitenkin AA-luokan pintojen korjaaminen ei ole sallittua. (BY 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2003, 136.) Korjaustöillä on myös sallitut määrät, joita ei saa ylittää tietyin rajoituksin, jotka on esitetty kuvan 36 taulukossa.

Korjaukset > 500 mm ²	Luokka A	Luokka B
Suurin määrä	1 kpl / 7 m ²	ei vaatimusta
Keskimäärin	1 kpl / 20 m ²	ei vaatimusta
Suurin alue	0,08 m ²	ei vaatimusta

KUVA 36. Sallitut korjausmäärät A ja B luokan betonipinnoille (BY40 betonirakenteiden pinnat 2003, 136)

8.2 Nystermien ja kuoppien korjaaminen

Nystermien ja kuoppien korjaaminen tehdään aina hionta- ja tasoitusmenetelmällä. Näissä tulee aina huomioida jääkö pinta näkyviin ja jos pinta jää näkyviin, tulee tasoitus sävyttää viereisten elementtien mukaan, koska tasoite ei yleensä vastaa betonin väriä tarpeeksi hyvin. Myös samalla raaka-aineella tehty paikkaus voi erottua muusta seinästä. (BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, luku 8.)

8.3 Paikkaukset

Jos elementteihin on tullut lohkeamia, paikataan ne soveltuvalla aineella. Kaikki vaurioitunut materiaali pitää ensin poistaa huolellisesti. Pienimmät paikkaukset voidaan tehdä tasoitteella esimerkiksi 30 mm lohkeamat tai muut jäljet, mutta isommat lohkeamat ja kantavat rakenteet tulee korjata asiaankuuluvalla aineella, jonka puristuslujuus vastaa käytettyä betonia elementissä, esimerkiksi juotosbetonilla ja tartunnasta tulee varmistua. Tartunnan varmistumiseksi käytetään yleensä vähintään vettä tai mieluummin tartunta-ainetta. Betoniin voidaan myös porata tartuntateräksiä, jos rakenne on kantava. Kuvassa 38 on hyvä esimerkki korjatusta parvekkeesta, joka piti täyttövalaa betonilla. Tähän elementtiin tehtiin suunnittelijan ohjeiden mukaan RST E5 teräkset reunoille K300 ja keskeltä elementtiä piikattiin tartuntoja esiin. (BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, 46 - 47 ja luku 4.)



KUVA 37. Haljenneita reunoja (Hofmeister 2023)



KUVA 38. Korjattu elementti (Hofmeister 2023)

8.4 Mittavirhekorjaukset

Mittavirheitä betonielementteihin voi tulla esimerkiksi muotin hajotessa valuvaiheessa tai inhimillisten virheiden takia. Nämä korjataan, joko hiomalla tai timanttileikkaamalla. Kaikki mittavirheet eivät ole korjattavissa, joten näitä vältetään kaikin keinoin. Kuvan 39 reikä kuvastaa hyvin virhettä, elementistä on jäänyt reikä tekemättä, mutta kyseisessä elementissä se voidaan tehdä jälkikäteen poraamalla. Korjaaminen jälkikäteen ei aina ole mahdollista esimerkiksi raskaan raudoituksen takia. Mittavirheiden korjauksissa tulee käyttää erityistä huomiota raudoitteen suojaetäisyyksiin ja raudoitteen toimivuuteen, jos raudoitteita joudutaan katkaisemaan esimerkiksi reiän poraamisen yhteydessä.



KUVA 39. Puuttuva reikä elementissä
(Hofmeister 2023)



KUVA 40. Verkkohalkeilua väliseinässä
(Hofmeister 2023)

8.5 Raudoitteiden korjaukset

Parmalla ei korjata raudoituksia valmiista elementeistä. Jos raudoitteiden mukaisuudesta ei voida varmistua, hylätään elementti.

8.6 Korjaukset betonilla

Betonointi voi jäädä muotissa vajaaksi. Näissä tapauksissa voidaan betoni valaa uudestaan betonin kuivumisen jälkeen. Näissä tapauksissa tulee käyttää samaa betoniluokkaa kuin aikaisemmassakin valussa ja liitoskohdan tarttuminen pitää varmistaa. Kaikki vaurioitunut betoni tulee ensin poistaa huolellisesti ja varmistua tartunnasta esimerkiksi tartunta-aineella ja lisäraudoituksella. Vanhaa raudoitusta voidaan usein hyödyntää tartunnassa. (BY41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, luku 5.)

8.7 Kaatokorjaukset

Jos elementin kaato on epäonnistunut, voidaan se korjata hiomalla tai tasoittamalla. Näissä pitää ottaa huomioon tuleeko pinta näkyviin vai ei. Jos pinta tulee näkyviin, pitää sen olla yhtenäisen näköinen muiden elementtien kanssa. Kaatokorjauksissa pohjan tartunnasta tulee varmistua erityisen tarkasti, joten näissä käytetään usein tartuntalaastia. Alle 30 mm korjaukset eivät tarvitse lisäraudoitetta, mutta jos korjaus menee tämän yli, tulee varmistaa suunnittelijalta lisäraudoitteen tarve. (BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, luku 6.)

8.8 Halkeamien korjaaminen

Betonin halkeamat voidaan korjata tasoittamalla, jos ne ovat pieniä eivätkä haittaa rakenteen kestävyttä. Tämä ratkaistaan tapauskohtaisesti elementin mukaan. Jos rakenteen kestävyys on vaarassa ja halkeamat ovat alle 0,2 mm voidaan betoni injektoida. Injektoimalla saadaan kestävä rakenne, joka on yhtä kestävä kuin itse betoni. Verkkohalkeilu voidaan läpitasoittaa, jos halkeamat ovat alle 0,2 mm:n levyisiä. (BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, luku 10.)

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä työohje betonipintojen teosta. Työohjeen tekemiseen päädyttiin, koska betonipintojen laatu oli selvästi laskenut. Consolis Parma Oy:n laatu oli tarkoitus saada korjattua työohjeen avulla, joka sisältää tärkeimmät asiat betonipintojen teosta, mutta pysyy kuitenkin perusasiassa ja kaikille ymmärrettävänä. Työohjeella myös saadaan säästettyä aikaa uusien työntekijöiden perehdyttämisessä ja sitä voidaan käyttää muistilistana niin uusille kuin vanhoillekin työntekijöille.

Tuloksena saatiin parempia betonipintoja ja aikaa säästyy perehdyttämisessä. Perusasiat eivät nyt pääse unohtumaan, kuten olivat päässeet aikaisemmin. Voidaan todeta, että työohje tuli tarpeeseen ja vaikutukset olivat halutut. Vaikeinta työohjeen tekemisessä oli erottaa, mikä työtapo on paras ja erottaa mikä tieto haastatteluissa oli luotettavaa. Haastatteluissa tuli monia erilaisia työtapoja esille, ja koska työtavat eivät olleet samanlaiset kaikilla, pääsi se sotkemaan uusien työntekijöiden ja jopa itsenikin ajatuksia liikaa. Helpointa oli löytää tietoa kirjallisuudesta, koska tältä alalta löytyy paljon tietoa ja kirjallisuutta, mutta lähteiden etsiminen osoittautui hankalaksi, koska niiden sisältämä ammatillinen tieto on itselle jo niin tuttua.

Antaisin itselleni hyvän arvosanan työohjeesta, koska se on selkeästi parantanut laatua ja yhtenäistänyt työskentelytapoja ja helpottanut perehdytystä. Jatkossa työohjetta voidaan päivittää vaatimusten mukaan tai haluttaessa laajentaa käsittelemään yksittäisiä betonipintaan liittyviä asioita laajemmin. Vielä tässä vaiheessa todettiin sen olevan tarpeetonta. Jatkotutkimuksena Consolis Parmalle voisi olla vihreiden betonien betonipintojen teon haasteet. Tämä on vielä melko tutkimaton aihe ainakin osalla betonielementtitehtaista, joten ei osata vielä arvioida, kuinka vihreät betonit vaikuttavat pinnan tekoon.

LÄHTEET

Betonielementtien toleranssit 2011. 2020. 3. painos. Helsinki: Rakennustieto.

BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007. Helsinki: BY-Koulutus.

BY 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2021. Helsinki: BY-Koulutus.

BY 65 Betoninormit 2021. Helsinki: BY-Koulutus.

BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. Helsinki: BY-Koulutus.

Hofmeister, Jaakko 2022-2023. Valokuvat. Haapavesi: Jaakko Hofmeisterin kokoelma.

Master Builders Solutions 2023. MasterKure 111WB. Julkaistu kesäkuu 2023. Pdf-julkaisu. <https://assets.master-builders-solutions.com/fi-fi/masterkure%20111wb%20tekninen%20tuotelehti.pdf>. Viitattu 19.9.2023.

Soledo sementtiliiman poistaja 201, 2019. Rakennustieto. Tuotetieto. Julkaistu 11.1.2019. Verkkojulkaisu. <https://haku.tuotetieto.fi/1162374>. Viitattu 19.9.2023.

Työturvallisuuslaki 738/2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Viitattu 19.9.2023.