



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Daniel Heino

Muovikuituyhdistelmän käyttö maanvaraisissa betonilattioissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

mestarityö

29.10.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Daniel Heino Muovikuituyhdistelmän käyttö maanvaraisissa betonilattioissa 26 sivua + 0 liitettä 29.10.2019
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Talonrakennus
Ohjaajat	Lehtori, Juha Virtanen Työpäällikkö, Markku Kairi
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia muovikuitubetonien ominaisuuksia ja verrata niitä perinteiseen betoniin. Työ tehtiin YIT:n tarpeesta saada tietoa muovikuitubetoneista. Työn tarkoituksena oli selvittää kuitubetoneissa käytettäviä lisäaineita, sekä tutkia halkeilujen mahdollisia syitä ja kuinka niiltä välttyttäisiin. Työssä otetaan myös kantaa työturvallisuuteen ja taloudelliseen näkökulmaan kuitubetonin käytössä.</p> <p>Työssä tutustuttiin mm. betoninvalmistajien ohjeisiin ja työmenetelmiin, sekä oppikirjoihin ja RT-kortistoihin. Lopputyössä ollaan, myös tutkittu aiempia lopputöitä ja tutkimuksia muovikuitubetonista. Konkreettisesti YIT:n työmaalla Kummelivuorella tutustuttiin muovibetonin käyttöön ja sen jälkitöihin.</p> <p>Lopputuloksena saatiin laskettua, että muovibetonin käyttö on noin 5-7% edullisempaa kuin perusbetonin. Säästöä tuli etenkin materiaalikustannuksissa sekä työvoimassa. Säästöt syntyivät siitä, että ei tarvittu raudoittajia, eikä rautaa niin paljoa. Muovikuitubetonin käytössä parani myös työturvallisuus, kun ei tarvinnut kävellä verkkojen päällä, joka aiheuttaa kompastumisvaaran. Valussa ei ollut muuten eroa perusbetoniin muuten kuin, että pump-puauton perässä voi joutua käyttämään tärytintä mahdollisen tukkiutumisen takia. Tulokseksi saatiin, että muovikuitubetoni on hyvä vaihtoehto perusbetonin tilalle, varsinkin taloudellisista syistä.</p>	
Avainsanat	Kuitubetoni, YIT, Lisäaine, Halkeilu

Author Title	Daniel Heino Use of a combination of plastic fiber in concrete floors
Number of Pages Date	26 pages + 0 appendices 29 October 2019
Degree	Construction manager
Degree Programme	Bachelor of construction management
Professional Major	Housebuilding
Instructors	Markku Kairi, Project Manager Juha Virtanen, Principal Lecturer
<p>Purpose of this thesis was to investigate properties of plastic fiber concrete and to compare it with regular concrete. Work was done on YIT's need for information on plastic fiber concrete. This work also investigates additives that is used on plastic fiber concrete and investigate causes of cracking on concrete floors and how to avoid them. This work takes a stand on work safety and economic aspects when using plastic fiber concrete.</p> <p>The project introduced instructions and working methods for concrete manufacturers, as well as textbook and RT instructions. Other theses and studies were investigated also on this thesis. Plastic fiber concrete was used in YIT's building site at Kummelivuorentie.</p> <p>As result, it was calculated that's use of plastic fiber concrete becomes 5-7% cheaper than regular concrete. Savings came in material costs and labor. The savings came from the fact that there was no need for professional workers or need of so much iron than usually. Use of plastic fiber concrete also improved work safety by eliminating the need to walk on steel nets, which poses a risk of tripping. Casting wasn't any different than regular concrete. Except that the pump truck may need to be powered by a vibrator due to possible blockage. The result was that plastic fiber concrete is a good alternative to regular concrete, especially for economic reasons.</p>	
Keywords	Fiberconcrete, YIT, Additive, Cracking

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kuitubetonit	2
2.1	Yleistä kuitubetoneista	2
2.1.1	Makrokuitubetoni	3
2.1.2	Mikrokuitubetoni	4
2.1.3	Teräskuitubetoni	5
2.1.4	Kuituyhdistelmät	6
3	Betonilattiat	7
3.1	Autohallin maanvarainen betonilaatta	7
4	Halkeilu	9
4.1	Kuivumiskutistuminen	10
4.2	Plastinen kutistuminen	11
5	Sauma	11
5.1	Liikuntasaumat	12
5.2	Kutistumissaumat	12
5.3	Irrotussaumat	13
5.4	Työsaumat	13
6	Lisäaineet	14
6.1	Notkistimet	14
6.2	Huokostimet	15
6.3	Hidastimet	15
6.4	Kiihdyttimet	15
6.5	Pakkaslisäaineet	15
7	Betonilattian pinnoitus	16

7.1	Betonilattioiden maalaus ja lakkaus	16
7.1.1	Imeytysainekäsittely	17
7.2	Polymeeripinnoitteet ja -massat	17
7.2.1	Pinnoitetyypit ja käyttöluokat	18
7.2.2	Pinnoitteiden ominaisuudet	19
8	Referenssi kohde	22
9	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

Lyhenteet

CE EU:n määrittämän laatu merkintä.

UV Ultravioletti säteily.

PU Polyuretaani

1 Johdanto

YIT on suurin suomalainen ja merkittävä pohjoiseurooppalainen rakennusyhtiö. YIT rakentaa sekä kehittää asuntoja, toimitiloja ja kokonaisia alueita.

YIT:llä ja heidän asiakkaiden kanssa he työllistävät 10 000 ammattilaista. YIT toimii 11 maassa kuten Suomessa, Venäjällä, Baltiassa, Tsekissä, Slovakiassa ja Puolassa.

Uusi YIT syntyi, kun yli 100-vuotiaat YIT Oyj ja Lemminkäinen Oyj yhdistyivät 1.2.2018.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla autohallinlattian betonirakenteiden materiaali vaihtoehtoja ja tehdä niistä vertailu talousnäkökulmasta kuin myös materiaalin omista ominaisuuksista.

Tutkimus toteutettiin Kummelivuoren työmaalla, haastatteleamalla betonintoimittajaa, konkreettisesti työmaalla sekä kirjallisuutta. Tutkimus tehtiin YIT:n tarpeesta saada vertailutaulukko erilaisten betonien ominaisuuksista ja niiden taloudellisista arvoista.

2 Kuitubetonit

2.1 Yleistä kuitubetoneista

Autohallinlattioiden voidaan nykyään käyttää laajasti erilaisia betoneja, esimerkiksi kuitubetonia, jolla saadaan estettyä plastisen vaiheen kutistumaa ja halkeiluriskiä. Silloin kun käytetään erilaisia makrokuitu-, teräskuitu-, tai mikrokuitubetonia ei tarvitse lattiaa erikseen raudoittaa harjateräksillä ja verkoilla, jotkut betonimateriaalit tosin vaativat kutistumaraudoituksen nurkkiin ja mahdollisten pilarien/tolppien ympärille. [1.]

Betonintoimittaja annostelee kuidut tehtaalla, jonka jälkeen se kuljetetaan pyörintäsäiliöautolla kohteeseen. Kuitubetoni voidaan valaa pumppaamalla, rännillä tai nostoastialla. Kuitubetonia valaessa tulee pumppauslinjan olla mahdollisimman lyhyt, varsinkin silloin, kun kuitujen määrä on suuri. Suuri kuidun määrä voi aiheuttaa pumpputukosriskin. [1.]

Kuitubetonien tiivistystyöt tulee suorittaa varovasti. Liiallinen tärytys aiheuttaa kuitujen painumisen muotin pohjalle. Tästä syystä betonimassa tulee vastata tilattua notkeusluokkaa. Liian notkea betonimassa tiivistyön yhteydessä aiheuttaa myös kuitujen painumisen pohjalle. tiivistystyö voidaan jättää välistä, jos käytetään it-betonia, joka myös nopeuttaa valamista. [1.]

Betoniin voidaan lisätä lisäaineita, jos betoniin kohdistuu sää- tai kemikaalirasitusta. Useimmat paikallavalettavat seinäelementit sisätiloissa valmistetaan kuitenkin ilman lisäaineita. [1.]

2.1.1 Makrokuitubetoni

Makrokuituja sekoitetaan betoniin 3,0 – 7,0 kg/m³ kohden, mitoitus kuitenkin tehdään aina valmistajan ohjeiden mukaan. Minimikuitumäärän määrittää valmistajan CE-hyväksynnän mukaan. Makrokuitubetonia käyttämällä voidaan osittain jättää kutistumaraudoitukset pois. Makrokuidulla pystytään myös vähentämään plastista kutistumista ja betonin halkeilua. Käyttökohteina tyypillisesti ovat pintalattiat sekä kuorimaiset rakenteet. Makrokuidulla pyritään parantamaan betonin lujuus- ja sitkeysominaisuuksia. [2.]

Makrokuidulla voidaan myös tehdä rakenteellisia raudoituksia CE-merkinnän mukaan. Uusimpana käyttökohteena on ruiskubetonointi. Makropolymeerikuitu on ruostumaton, alkalinkestävä, kemiallisesti kestävä, kevyt ja helppo annostella. [2.]

Logistisesti makrokuitu on edullisempaa sen helpon kuljetettavuuden ja varastoinnin takia. Makrokuitubetonilla on useita hyviä puolia verrattuna perinteiseen raudoitukseen. Mikrokuidussa on raudoitus itsessään, jolloin säästytään nostoilta, leikkauksilta sekä varastoinnilta. Myös betonointi helpottuu, kun ei tarvitse raudoitusverkkojen päällä kävellä, joka laskee myös tapaturmariskiä. [2.]



Kuva 1 Makrokuitu

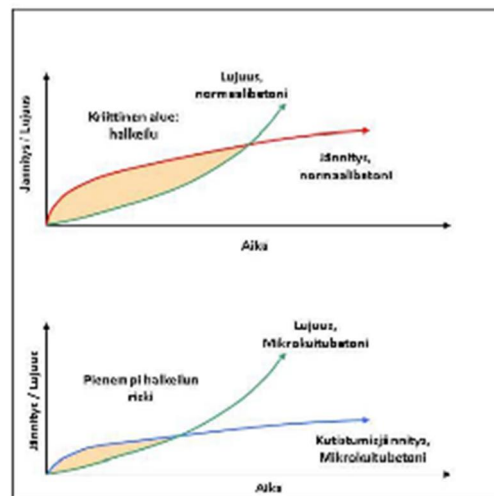
2.1.2 Mikrokuitubetoni

Yleisin raaka-aine, josta mikrokuidut valmistetaan, on polypropeeni. Mikrokuituja sekoitetaan, jotta betonimassan tiettyjä ominaisuuksia saadaan parannettua. Mikrokuituja sekoitetaan betoniin 0,9 – 2,0 kg/m³, mutta kuitenkin aina valmistajan ohjeiden mukaan. Mikrokuitubetonilla ei pystytä korvaamaan kutistumaraudoitusta, eli nurkat ja mahdolliset pilarien/tolppien ympärys tulee raudoittaa harjateräksillä. Kuten myös makrokuitubetonissa, mikrokuitu myös ehkäisee plastista painumaa ja halkeilua. Mikrokuitubetoni vähentää myös vedenerottumista ja parantaa massan koossapysyvyyttä. [2.]

Mikrokuitu parantaa betonin tiettyjä ominaisuuksia kovettuessaan kuten parempi tiiveys, iskunkestävyys sekä kulutuskestävyys paranee. Räjähdyslohkeilun estäminen palotilanteessa on mikrokuitubetonin tärkein käyttötarkoitus. Räjähdyslohkeilussa tulipalo synnyttää vesihöyryä betonirakenteessa, joka aiheuttaa suuren sisäisen paineen. Vetokapasiteetin ylittyessä, tapahtuu räjähdyslohkeama, yleensä lohkeaminen tapahtuu 180 – 220 celsius asteessa. Mikrokuidut sulavat 165 celsius asteessa, jotka muodostavat betoniin onkaloita/kanavia, jonne vesihöyry pääsee laajenemaan, jolloin paine betonin sisällä vähenee. Tällä tavoin räjähdyslohkeilun riski vähentyy merkittävästi. [2.]



Kuva 2 Mikrokuitu



Kuva 3 Plastisen halkeilun riski betonilla ilman kuituja verrattuna mikrosiutabetoniin (BY45 BLY 7)

2.1.3 Teräskuitubetoni

Rakennesuunnittelijan sekä kuitu- ja betonintoimittajien tulee aina olla kuitulattian suunnittelussa mukana. [2.]

Teräskuitubetonissa sekoitetaan tasaisesti teräskuituja betoniin. Yleensä kuitujen pituus on 25 – 60mm ja halkaisija 0,4 – 1,05mm riippuen kuitutyypistä. Teräskuitujen tarkoitus on parantaa betonin vetolujuutta, dynaamisten kuormien kestävyyttä ja murtokestävyyttä. Teräskuidut vähentävät plastista kutistumaa ja halkeilutaipumista. Teräskuitubetonilla, ei voida korvata kutistumaraudoitusta, mutta sillä voidaan korvata verkko-raudoitus. Teräskuitubetonia käytetään yleisimmin maanvaraisissa lattioissa, pintalattioissa sekä kelluvissa lattioissa. [2.]

Kuituja lisätään 25 - 40kg/m³, määrä kuitenkin määritetään alustan kantavuuden, kuormitusten, valittavan laatan paksuuden ja kuitutyypin mukaan. Teräskuitubetonissa tulisi käyttää massan tehonotkistinta, koska teräskuidut sitkistävät betonia. Loppunotkeuden

tulisi olla 1 – 2 sVB. 1 Luokan kulutuskestävyys pystytään saavuttamaan sirotepintailla latioilla. Pintaan hierrettävällä siroteella saadaan pinnassa olevat kuidut piiloon. [2.]

Seuraavana päivänä valusta sahataan liikuntasaumat, kuitenkin riittävä lujuus laatussa on varmistettava ennen sahausta. Liian aikainen sahaus aiheuttaa pinnan rikkoontumista, mutta liian myöhäinen lisää halkeilun riskiä. Syvyys sahaukselle on vähintään 30% laatan paksuudesta. [2.]



Kuva 4 Teräskuitu

2.1.4 Kuituyhdistelmät

Mikro- sekä makrokuidun yhdistelmä. Kuituyhdistelmiä voidaan käyttää, silloin kun molempien kuitubetonin käyttämisestä on hyötyä. Kuituyhdistelmää voidaan käyttää paikoissa, joissa plastisen halkeilun riski on suuri, kuten mv-laatoissa tai pintabetoneissa. Kuitujen määrät tulee olla betonissa samat, kuin erikseen käytettäessä. [2.]

	Teräskuitu	Mikrokuitu	Makrokuitu
Plastisen halkeilun hallinta		x	
Kutistumahalkeilun hallinta	x		x
"Saumattomat" lattiat	x		
Jäännöslujuus	x		x
Korroosionkestävyys		x	x
Kantavat laatat	x		
Räjähdyshalkeilun esto		x	
Käytön "helpous"		x	x

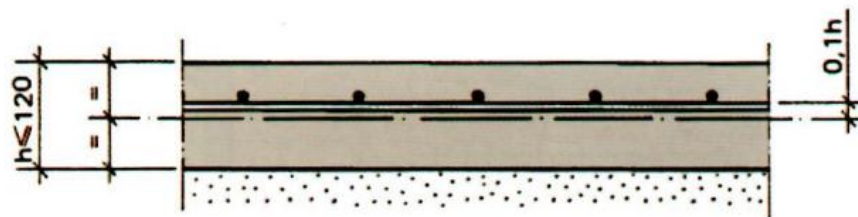
	Mikro	Makro
Vetolujuus MPa	300	350...700
Kimmokerroin GPa	2	3...10
Halkaisija µm	10...50	500...1000
Pituus mm	5...30	40...60
Käyttömäärä kg/m ³	0,6...3	2...12

3 Betonilattiat

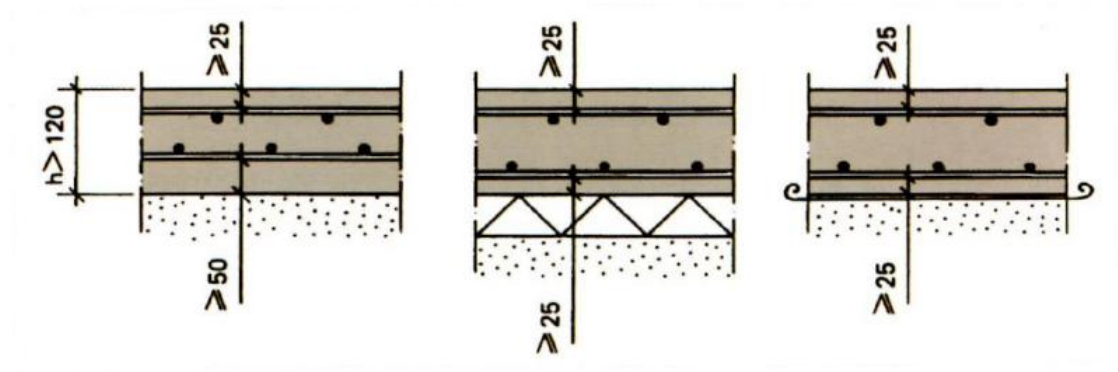
Lattia on tuotanto-, liike-, myymälä- ja terminaalirakentamisen tärkein rakenneos. Seinät ja katot pystytään tarvittaessa huoltamaan ja korjaamaan tilan toimintoja häiritsemättä, mutta lattiakorjaukset vaikuttavat väistämättä tilan muuhun toimintaan. Lattian tulisi siis onnistua kerralla. viime aikoina betonilattiasuunnittelu onkin ollut paljon esillä alan kirjoituksissa ja tutkimuksissa. [8,9.]

3.1 Autohallin maanvarainen betonilaatta

120mm paksu maanvarainen laatta ja sitä pienemmät raudoitetaan keskeltä laattaa. Jäykkyys mitoitetaan käyttämällä laatan paksuutena arvoa $0,85h$ ja laatan vaatima rauditus lasketaan käyttämällä hyötykorkeutena d arvoa $0,5h$. (BY45/BLY7 Betonilattiat 2014, 87.) [8,9.]

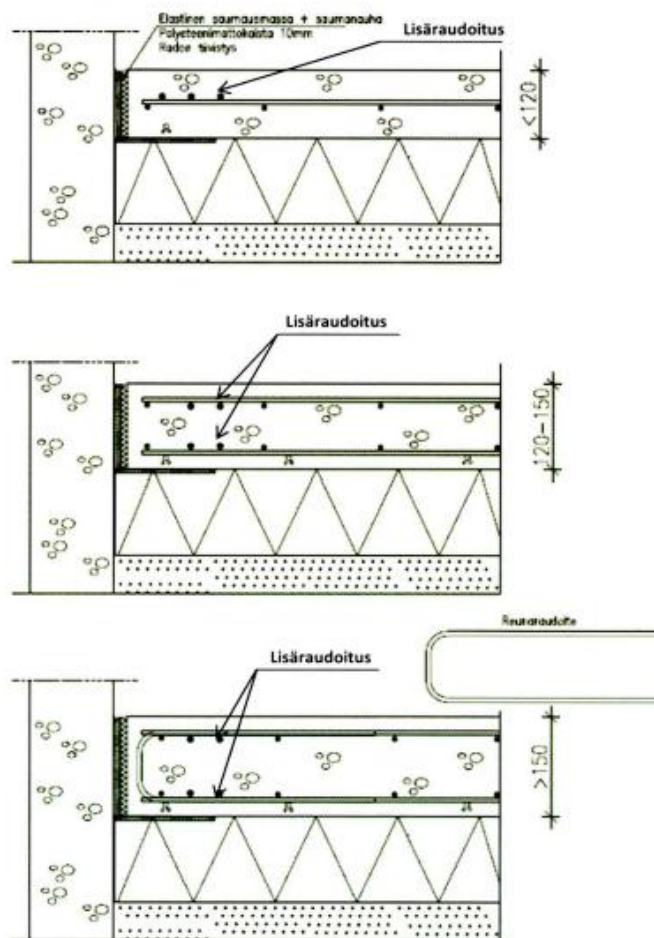


Paksuuden ollessa laatussa yli 120mm, tulee laatta raudoitaa sekä ylä- ja alapinnasta. Tässä tilanteessa tulee ottaa huomioon raudituksen vaatimat betonipeitteet. Betonipeitteen paksuuteen vaikuttaa rasitusluokka, suunniteltu käyttöikä, mahdollinen kulutusvara ja mittapoikkeama. Laatan alapinnan betonipaksuuden määrittää eristeiden käyttö, vae-taanko maata vasten vai onko käytetty tasausbetonia. Maata vasten olevassa laatussa tulee betonipeitteen olla vähintään 50mm ja eristettä käytettäessä peitteen tulee olla 25mm. (BY45/BLY7 Betonilattiat 2014, 88.) [8,9.]



Maanvaraisessa laaatassa tulee muistaa lisäraudoitukset. Taivutettuja reunaraudoituksia ei voida käyttää alle 150mm paksuissa laatoissa, liian vähäisen tilan vuoksi. Alle 150mm laatoissa voidaan käyttää reunojen suuntaisia sekä kohtisuoria lisäraudoitustankoja. Taivutetuissa reunaraudoitteissakin tarvitaan yleensä laatan reunan suuntaisia lisäraudoituksia. (BY45/BLY7 Betonilattiat 2014, 74.) [8, 9.]

Vähintään 8mm:n halkaisijaltaan olevia harjateräksiä suositellaan käytettäväksi. Pienempien harjateräksien tuenta on ongelmallista. Jos halutaan, että laatta kantaa mahdollisimman paljon, raudoitukset tulisi sijoittaa maksimissaan 1/3- paksuuden päähän laatan alapinnasta, jos taas halutaan estää halkeilua yläpinnassa, tulee raudoitus sijoittaa maksimissaan 1/3- paksuuden päähän laatan yläpinnasta. (BLY-14, 51.) [8,9.]



Kuva 5 Maanvaraisen laatan raudoituksia (BY45 / BLY7)

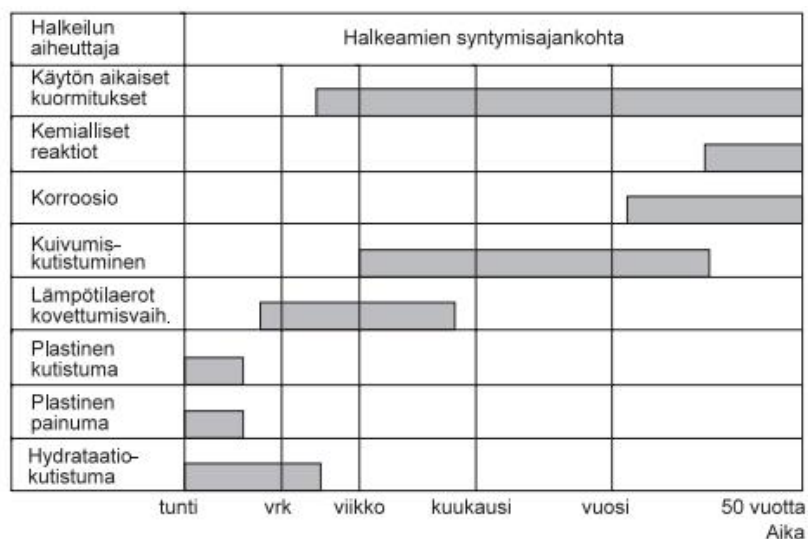
4 Halkeilu

Betonin kutistuminen on usein syy betonin halkeiluun, joka on betonin perusominaisuus. Betonirakentamisessa tulee tiedostaa, milloin betonin kutistuminen on valmistettavan betonirakenteen kannalta kaikkein vaarallisin. Vaarat tulee osata havaita, jotta voidaan reagoida ajoissa, jolloin voidaan ehkäistä näkyvät halkeamat.

4.1 Kuivumiskutistuminen

Kuivumiskutistumisessa betonissa oleva vesi poistuu tai siirtyy pienemmistä huokosista suurempiin huokosiin. Kuivumismuodonmuutoksesta osa on palautuvaa, eli jos kuivunut ja kutistunut betoni kastuu, sen tilavuus suurenee. [10.]

Kuivuessaan betoni aina kutistuu, joka ei itsessään ole ongelma, mutta jos kutistumaa ei pääse tapahtumaan, syntyy betoniin vetojännityksiä. Vetojännityksen ylittäessä sen hetkisen vetolujuuden betoni halkeaa. Jäähtyessään betoni aina kutistuu. Kuivumisvaiheessa betonin lämpötilaeroista aiheutuva lämpö- tai vetojännitys ovat erittäin vaarallisia, koska betonin vetolujuus on vielä alhainen. [10.]

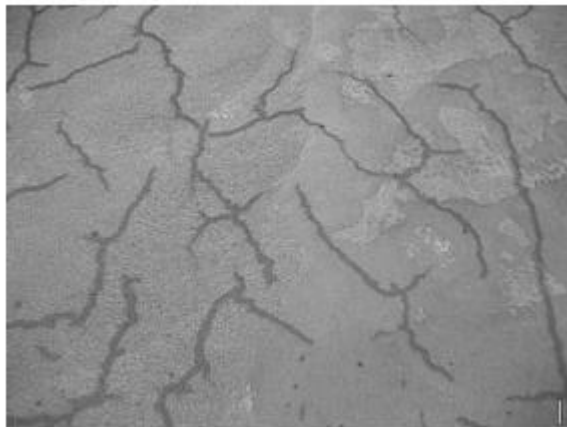


Kuva 6 Halkeamien syntymisajankohta

4.2 Plastinen kutistuminen

Painovoiman takia tuoreessa betonissa tapahtuu erottumista, jonka takia kivet ja muut kiinteät aineet painuvat alaspäin ja vesi nousee ylöspäin. Veden saavuttaessa betonin pinnan se alkaa haihtumaan. Tämä aiheuttaa betonin kuivumisen, kutistumisen ja aiheuttaa vetojännitystä, sekä mahdollisia plastisen vaiheen kutistumishalkeamia. [10.]

Sementin sitoutuminen estää veden erottumisen pintaan, sekä muiden materiaalien painumisen alaspäin. Betonin vetolujuus on vielä alhainen sementin sitoutumisvaiheessa, mutta kosteutta haihtuu edelleen betonipinnalta, joka voi aiheuttaa leveiden halkeamien synnyn. [10.]



Kuva 7 Plastisen kutistuman aiheuttamia halkeamia

5 Sauma

Betonilattioissa käytetään saumoja, joilla pyritään vähentämään kuivumiskutistumasta johtuvaa vetojännitystä sekä halkeilua. Lattiatyyppi ja suunnitteluperiaate määräävät saumojen määrän ja tyypin. Betonilattiassa käytetään kutistussaumaa, työsaumaa, rakenteellista saumaa sekä irrotussaumaa.

Saumoja tulisi tehdä mahdollisimman harvaan tai pyrkiä saumattomaan lattiaa, sillä saumat ovat yleensä laatan heikoin kohta. [11.]

5.1 Liikuntasaumat

Kuivuessaan betoni kutistuu, jolloin kuivuminen aiheuttaa liikettä, joka suuntautuu saumasta laattakentän keskipistettä kohden. Myös lämpötilan muutokset aiheuttavat laatan liikkeitä. Lämpötilan aleneminen aiheuttaa kutistumisliikettä ja lämpötilan nousu aiheuttaa laatan laajenemista, jos nämä liikkeet eivät pääse vapaasti tapahtumaan, laattaan syntyy pakkovoimia, jotka pyrkivät halkaisemaan laatan. Maanvaraisten sekä kelluvien laattojen alustan kitka pyrkii myös estämään vapaata liikettä. Liikuntasaumat tulee aina suunnitella erikseen, ottaen huomioon perustamistapa. [11.]

Liikuntasauga mahdollistaa laatan pitenemisen, lyhenemisen ja kiertymisen. Laatta on kokonaan poikki liikuntasauaman kohdalta, jolloin saumat tulee suunnitella siten, että sauma pystyy siirtämään leikkausrasituksen. Liikuntasaumanjaon suunnittelussa tulee ottaa huomioon lämpö- ja kosteusliikkeet. [11.]

Liikuntasauga toimii usein myös työsaumana. Esivalmistetuilla liikuntasaumalaitteilla voidaan toteuttaa liikuntasauga. Liikuntasaumalaitteet ovat tukevia, pysyvät valun aikana paikallaan, siirtävät hyvin kuormaa sauman yli ja kestävät pyörärasitusta. [11.]

5.2 Kutistumissaumat

Betonin tulee päästä kutistumaan vapaasti, koska muuten siihen syntyy halkeamia kutistusvoimien ylittäessä betonin vetojännityskapasiteetin. Valmiiseen betoniin sahataan säännöllisin välein kutistumissaumoja tästä syystä. Halkeilu keskitetään kutistussaumoihin. [11.]

Sahattua saumaa käytetään yleisimmin maanvaraisissa betonilattioissa. Sahasaumat voivat olla raudoitettuja tai raudoittamattomia. Raudoitetuissa saumoissa kuormankantokyky on parempi, mutta ne eivät kestä yhtä suuria liikkeitä kuin raudoittamaton sauma. Koska raudoitetussa saumassa liikekyky on rajoitettua, johtaa se usein suunnittelemattomaan halkeiluun. [11.]

Tavanomaisilla laatanpaksuuksilla voidaan kutistumissauma tehdä 4-6 metrin välein, liian suuri saumaväli lisää hallitsemattoman halkeilun riskiä. Sauma on yleensä noin 3mm leveä ura ja syvyys on tyypillisesti 25-30% laatan paksuudesta. Sahattu ura heikentää laatan vetokestävyyttä paikallisesti, jolloin halkeamat ohjautuvat näihin kohtiin. Jos sauma sahataan liian syväksi, sauman vaarnavaikutus heikentyy, liian matala sauma ei saa riittävää heikennystä aikaan, tällöin halkeamat eivät muodostu ainoastaan saumoihin. [11.]

Jos lattiaan ei kohdistu kovapyöräistä trukkikuormitusta tai suuria pistekuormia, silloin sahasaumaratkaisu on käyttökelpoinen. Sahasauman reunat saattavat murentua ajan myötä kovien pyörien vaikutuksesta. [11.]

Sopivana ajankohtana sahasaumojen sahaukseen voidaan pitää 16-40 tuntia valun jälkeen. Liian myöhäinen sahaus voi aiheuttaa hallitsemattomien halkeamien muodostumisen, jos taas sahataan liian aikaisin, sauman reunat voivat vahingoittua, mutta sopiva ajankohta on aina arvioitava tapauskohtaisesti. Sahausajankohtaan vaikuttaa kovettumisolosuhteiden, sementtityypin ja betoninlaadun sekä käytettävän sahauskaluston mukaan. [11.]

5.3 Irrotussaumat

Irrotuskaistaleella erotetaan maanvarainen laatta pystyrakenteista, koneperustuksista, lattiakanavista ja -kaivoista, täällä estetään suunnittelemattomat pakkovoimat. Yleensä irrotuskaista on 10-20mm paksu solupolyeteenimatto. [11.]

5.4 Työsaumat

Harvat valutyöt voidaan tehdä kertavaluna, tällöin tulisi tehdä työsauma, joka toimii myös liikuntasaumana. Työsaumojä käytetään yleensä saumattomissa maanvaraisissa laatoissa ja pintalattioissa. Rauditus tehdään työsaumassa siten, että se estää sauman aukeamisen. Sauman läpi vietävän raudituksen vetokestävyyden tulee olla käytetyn

betonin vetolujuutta suurempi, jos laatta suunnitellaan saumattomaksi, tulee raudoitus viedä täysimääräisenä sauman läpi. [11.]

6 Lisäaineet

Pääraaka-aineina betonissa ovat sementti, vesi ja kiviainekset. Pääraaka-aineiden lisäksi betonissa voidaan käyttää lisäaineita. Lisäaineiden avulla voidaan säädellä betonin ominaisuuksia. Näillä säädellään esimerkiksi betonin notkeutta, ilmapitoisuutta tai kovettumisen nopeutta. Betoniin lisätään lisäaineita silloin kun olosuhteet ovat vaativia, kuten sää- tai kemikaalirasituksen takia. Lisäaineiden vaikutustapa on joku kemiallinen tai fyysikaalinen ja niiden määrät betonissa ovat hyvin pieniä verrattuna muihin betonin osaineisiin. [12.]

Taloudellista kilpailukykyä pyritään parantamaan lisäämällä betoniin lisäaineita. Korkealujuuksisten ja pakkasenkestävien betonien valmistus ilman lisäaineita on erittäin vaikeaa. Ennen lisäaineiden käyttöä, tulee tehdä esikokeita, sillä lisäaineilla on usein sivuvaikutuksia päävaikutuksen ohella. Esimerkiksi joidenkin lisäaineiden yhteistoiminta on epävarmaa. [12.]

6.1 Notkistimet

Notkistimella betonista saadaan korkeampilaatuista sekä helpommin valettavaksi. Notkistimen avulla voidaan vedenkäyttöä vähentää jopa 30%, ilman, että työstettävyyks käärsii. Vedenvähennys lisää betonin lujuuden kasvua, jonka takia sementin määrää betonissa voidaan vähentää, jos kuitenkin sementtimäärä pidetään samana, voidaan alhaisemman vesisementtisuhteen avulla saavuttaa korkeampia lujuuksia, joka mahdollistaa hoikempien rakenteiden valmistamisen ja paremman pitkäaikaiskestävyyden. Notkistimella hallitaan kutistumaa sekä betonin varhaislujuus kasvaa. Notkistimen käyttö on välttämätöntä itsetiivistyvänbetonin valmistuksessa. [12.]

6.2 Huokostimet

Huokostimilla voidaan pienentää betoninveden pintajännitystä sekä lisätä ilmahuokosia betoniin sekoituksen aikana. Huokostinta lisäämällä saadaan lisää pakkasenkestävyyttä. Huokostin lisää betonin notkeutta voimakkaasti sekä vähentää veden erottumista sekä siitä tulee tasalaatuista ja helposti tiivistetävää. Huokostimien lisääminen betoniin vaatii aina ennakkokokeita. [12.]

6.3 Hidastimet

Erityisesti kesäaikaa hidastimien käyttö suositeltavaa, lämpimän sään takia. Hidastimen avulla voidaan pidentää betonin sitoutumisen alkua, jonka takia betonin työstettävyyss-aika pitenee huomattavasti. Työstettävyyssajan pidentämisellä varmistetaan betonin helppo valettavuus myös kuumissa olosuhteissa. Soveltuu erikoisbetonointitöihin kuten liukuvaluihin ja suurten laattojen valuihin. [12.]

6.4 Kiihdyttimet

Käytetään nopeuttamaan betonin sitoutumista, kovettumista ja varhaislujuuden kehittymistä, jonka ansiosta muottikierto nopeutuu huomattavasti. Mahdollistaa betonoinnin myös kylmemmällä säällä. [12.]

6.5 Pakkaslisäaineet

Talvirakentamisessa, jolloin betonin jäätyminen on iso riski, voidaan käyttää pakkaslisäaineita. Pakkaslisäaineet alentavat veden jäätymispistettä betonissa. Kovettumiskehitys jatkuu jopa -15 celsius asteeseen asti, käyttämällä pakkaslisäainetta. Pakkaslisäaineita käytetään mm. elementtien saumavaluissa, Valuharkkojen juotosvalussa sekä erilaisissa korjaus- ja kiinnitysvaluissa. [12.]

Pakkaslisäainetta käytetään rasitusluokissa XC0, XC1, XC2 ja XC3 ja erillisselvityksellä XF1 luokassa. Notkistimen käyttöä suositellaan pakkaslisäaineen kanssa. [12.]

7 Betonilattian pinnoitus

Käsittelemättömälle betonille saattaa ilmetä ongelmia mm. käyttörasituksesta tai -olosuhteista johtuen. Tästä syystä betonilattia on hyvä käsitellä kyseessä olevaan tapaukseen sopivalla pinnoiteyhdistelmällä. [13,15.]

Pinnoitteen valinnassa tulee ottaa huomioon käytön asettamat vaatimukset, alustan asettamat vaatimukset sekä olosuhteiden asettamat vaatimukset. [13,15.]

Käyttöajalle on asetettu erilaisia vaatimuksia kuten mm. mekaaninen-, kemiallinen rasitus, hygieniavaatimukset, lämpö-, kosteus- ja UV- rasitus, liukkaus/karheus, ulkonäkö, valonheijastuskyky, antistaattisuus ja muut erityisvaatimukset. [13,15.]

Alustassa tulee ottaa huomioon kosteus, lujuus, lämpötila ja tasaisuus. Asennusolosuhteet asettavat omat rajoitukset kuten kosteus, lämpötila ja käytössä oleva aika. [13,15.]

Lattiapinnoitteiden valmistuksessa käytetään useita eri polymeerejä, joiden kovettuminen tapahtuu levityksen jälkeen ja tuloksena on asetetut vaatimukset täyttävä, saumaton lattiapinta. Alustan tulee täyttää sekä pinnoitemateriaalin, että pinnoitustyön suorituksen asettamat vaatimukset. [13,15.]

7.1 Betonilattioiden maalaus ja lakkaus

Lakatuksi ja maalatuiksi betonilattioiksi kutsutaan lattioita, joiden pintaan on tehty lakka- tai maalituotteella lattian kestävyyttä, ominaisuuksia sekä ulkonäköä parantava kalvo, jonka paksuus on tyypillisesti 0,1 – 0,25mm. Lakat sekä maalit on mahdollista saada liuotteettomina sekä vesi- että liuotinhenteisinä tuotteina. Tyypillisesti lakoissa ja maaleissa käytetään sideaineena epoksihartseja tai polyuretaaneja. [13,15.]

7.1.1 Imeytysainekäsittely

Erityistapauksissa lakkauksessa ja maalauksessa tulee tehdä imeytysainekäsittely. Tässä tapauksessa käytetään hyvin matalaviskoosisia, liuotteellisia tai vesiohenteisia polymeerilakkoja. Pintaan muodostuu todella ohut 0,02mm kalvo, jonka tarkoitus on täyttää betonin pintaosan huokoset ja sitomaan pöly. [13,15.]

7.2 Polymeeripinnoitteet ja -massat

Nestemäisiä pinnoitteita, joiden sideaineena on epoksi-, polyuretaani- ja akryylipolymeeri tai sementtipolymeeriseos kutsutaan polymeeripinnoitteiksi. Polymeerimassa koostuu kahdesta tai useammasta selvästi erottuvasta faasista, joista toinen niistä on sideaineena toimiva polymeeri sekä toinen runkoaineena toimiva luonnonhiekkä, kvartsihiekkä tai kulutusta kestävä mineraali kuten korundia. [13,15.]

Pinnoitetussa betonilattiassa tehdään jollain polymeerituotteella lattiaan kestävyyttä ja ominaisuuksia parantava kalvo. Betoni voidaan pinnoittaa sementtipolymeerimassalla, hiertomassalla, itsesiliävällä massalla ja liuotteettomalla pinnoitteella. [13,15.]

Kaikki pinnoitetyypit, jotka kovettuvat kemiallisen reaktion kautta ja jotka levitetään suoraan esikäsitellylle betonialustalle ovat nestemäisiä polymeeripinnoitteita. [13,15.]

Sideaineet, jotka pohjautuvat polymeerituotteisiin:

- Epoksi
- Polyuretaani
- Sementtipolymeeriseos
- Vinyyliesteri
- Elastomeerit
- Polyurea

7.2.1 Pinnoitetyypit ja käyttöluokat

Pinnoitetöitä varten on laadittava työseloste, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Työselosteessa on määriteltävä vähintään tuotetyyppi ja pinnoitteen paksuus sekä selostetaan työssä huomiotavat erityisasiat. [16.]

Pinnoitemateriaalit jaetaan koostumuksensa ja ominaisuuksiensa mukaan seuraaviin pinnoitetyyppeihin. [16.]

Pinnoitetyypit ja käyttöluokat:

1. Pölynsidonta/ohennettavat maalit ja lakat – (*kevyt käyttö*). Levitetään kahtena kerroksena, paksuus < 150 µm, vesi- tai liuotinpohjainen
2. Liuotteettomat maalit ja lakat – (*kevyt ja keskiraskas käyttö*). Levitetään kahtena tai useampana kerroksena, paksuus > 100 µm/kerros, liuotteeton tai vesipohjainen
3. Liuotteeton pinnoite – (*keskiraskas käyttö*). Levitetään kahtena tai useampana kerroksena, kokonaispaksuus 300 ...1000 µm, liuotteeton
4. Monikerrospinnoite – (*keskiraskas ja raskas käyttö*). Levitetään useana kerroksena liuotteetonta maalia tai Pintaan sirotellaan kiviaines, kokonaispaksuus > 2 mm. Ns. sandwich-rakenne.
5. Itsesiliävä pinnoite – (*keskiraskas ja raskas käyttö*). Levitetään pohjustetulle alustalle yhtenä kerroksena, paksuus 2...3 mm, sileä pinta, tarvittaessa voidaan karhentaa.
6. Hierrettävä pinnoite – (*keskiraskas ja raskas käyttö*). Voimakkaasti täytetty, hierrettävä pinnoite, paksuus > 4 mm, yleensä pintalakattu
7. Itsesiliävä massapinnoite – (*raskas ja erittäin raskas käyttö*). Täytetty itsesiliävä massapinnoite erittäin kovaan käyttöön, paksuus 4 ...6 mm, sileä pinta, tarvittaessa voidaan karhentaa.
8. Hierrettävä massapinnoite – (*raskas ja erittäin raskas käyttö*). Voimakkaasti täytetty, hierrettävä massapinnoite erittäin kovaan käyttöön, paksuus > 6 mm, tiivis koko paksuudeltaan.

Käyttöluokkien kuvaukset:

- *Kevyt käyttö* – Pääasiassa kävelyliikennettä ja tilapäisesti myös kumipyöräisiä ajoneuvoja.
- *Keskiraskas käyttö* – Säännöllistä kävelyliikennettä, toistuvaa trukki liikennettä ja satunnaisesti muovipyöräisiä karruja.
- *Raskas käyttö* – Jatkuva trukki liikenne, kovamuovisilla pyörillä varustettuja karruja sekä satunnaisia iskuja.
- *Erittäin raskas käyttö* – Jatkuva raskas liikenne ja iskuja [16]

7.2.2 Pinnoitteiden ominaisuudet

Tarvittaessa lähes kaikki pinnoitteet ovat saatavilla liukastumisen estävänä, antistaattisena/sähköä johtavina yhdistelminä. Jotkut pinnoitteet voidaan sävyttää sisustuksen mukaisesti, lisäämällä pintaan värillisiä hiukkasia tai hiutaleita. Terrazo tyyppiset hiotut lattiat voidaan tehdä eräistä tyyppin 6 ja 8 pinnoitteista. [16.]

A. Pölynsidonta-aineet	Fluatointi	Ei muodosta kalvoa. Soveltuu käytettäväksi alhaisissakin lämpötiloissa. Vesihöyryä läpäisevä.
	Imeytyvät tuotteet	Sitovat pölyn.
B. Ohennettavat maalit ja lakat	Vesiohenteiset epoksit	Läpäisevät vesihöyryä.
	Liuotinohenteiset epoksit	Kohtuullinen mekaanisen rasituksen kestävyys. Parantavat betonialustan pinnan lujuutta.
	Kosteuskovettuvatpolyuretaanit	Kohtuullinen mekaanisen rasituksen kestävyys. Parantavat betonialustan pinnan lujuutta.
C. Liuotteettomat maalit, lakat ja pinnoitteet	Epoksit	Kohtuullinen mekaanisen ja kemiallisten rasitusten kestävyys. Helposti puhdistettavissa.
	Polyuretaanit	Kohtuullinen mekaanisen ja kemiallisten rasitusten kestävyys. Helposti puhdistettavissa.
	Vinyylesterit jayhdistelmäpolyuretaanit	Erittäin hyvä mekaaninen kestävyys ja erinomainen lämmön sekä kemikaalien kestävyys.

By 54/BLY 12 Pinnoitteet ja niiden käyttö

D. Itse siliävät massapinnoitteet	Epoksimassat	Hyvä mekaanisen ja kohtuullinen kemiallisen rasituksen kestävyys. Helposti puhdistettavissa.
	Polyuretaanit	Hyvä mekaanisen ja kemiallisen rasituksen kestävyys. Hyvä halkeamien silloituskyky. Toimivat myös vedeneristeenä. Helposti puhdistettavissa.
	Akryylit	Hyvä mekaanisen rasituksen kestävyys. Nopeasti reagoivia. Voimakas haju työn aikana. Vesitiiviitä.
	Sementti-polymeerimassat	Hyvä mekaanisen rasituksen ja erinomainen lämmön kestävyys. Nopeasti kovettuvia. Vesitiiviitä.

By 54/BLY 12 Pinnoitteet ja niiden käyttö

E. Hierrettävät massapinnoitteet	Epoksit	Erittäin hyvä mekaanisen rasituksen kestävyys. Kestävät lämpöshokkeja.
	Akryylit	Erittäin hyvä mekaanisen rasituksen kestävyys. Toimivat vedeneristeenä. Nopeasti reagoivia. Voidaan työstää myös alhaisissa lämpötiloissa.
	Polyuretaanit	Erittäin hyvä mekaanisen ja hyvä kemiallisen rasituksen kestävyys. Hyvä iskunkestävyys. Toimivat vesieristeenä.
	Vinyylisterit ja yhdistelmäpolyuretaanit	Erittäin hyvä mekaaninen kestävyys ja erinomainen lämmön sekä kemikaalien kestävyys.

By 54/BLY 12 Pinnoitteet ja niiden käyttö

F. Erikoispinnoitteet	Sähköä johtavat pinnoitteet	Pinnoitemassa maadoitettavissa.
	Elastiset pinnoitteet (elastomeerit)	Erittäin hyvä halkeamien silloituskyky myös alhaisissa lämpötiloissa.
	Polyurea	Ruiskutettavia ja nopeasti kovettuvia. Erittäin hyvä mekaaninen kestävyys ja erinomainen lämmön sekä kemikaalien kestävyys.

By 54/BLY 12 Pinnoitteet ja niiden käyttö

Pinnoitetyyppi	Kalvopaksuus	Materiaalit
Liuotteeton pinnoite	0,5 – 1,0 mm	Polyuretaani, Epoksi, Akryyli
Itsesiliävä massa	2,0 – 4,0 mm	Polyuretaani, Epoksi, Akryyli
Hiertomassa	4,0 – 6,0 mm	Epoksi, Akryyli
Sementtipolymeerimassa	2,0 – 12,0 mm	Sementin ja eri polymeerien seos

8 Referenssi kohde

Referenssi kohteena toimi YIT:n Asunto Oy Espoon Kummelivuori. Kummelivuorentien työmaalla tehtiin autohallin maanvarainenlattiavalu, joka toteutettiin yhdistetyllä muovikuitubetonilla. Autohallin pinta-ala on noin 1000 neliötä. Valu toteutettiin neljässä osassa.



Kuva 8 Kummelivuoren autohalli

Kohteen autohallin lattiana oli rakennetyyppi AP7 mukainen rakenne sillä muutoksella, ettei lattian alle tullut lämmöneristettä. Lattia irrotettiin pystyrakenteista ja pystyrakenteiden viereen laitettiin harjateräkset rajaamaan laatan käyristymistä.

Lattia on 120mm paksu kuitubetonilaatta, joka on jaettu osiin rakennuspiirustusten mukaan. Lohkot jaettiin liikuntasärmä teräksellä. Laatan alla on suodatinkangas ja tasattu tiivistetty 300mm paksu sepelikerros. Sepelikerroksen alla on kantava tiivistetty kerros pääosin kallion päällä.



Kuva 9 Liikuntasauma

BY68 (betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelun opas suunnittelijoille 2016) taulukon 20 mukaan lattia kuului rasitusluokkayhdistelmään 5-2a. Tällöin betonin rasitusluokaksi saatiin XC3,4; XF2; XD1, suunnittelukäyttöikä 50 vuotta. Betonin lujuusluokka vähintään C30/37. Betonipeitteen nimellisarvo 40mm ja vesisementtisuhde enintään 0,55.

Rakennetyypissä lattian suorudeksi määriteltiin luokka B ja kulutuskestävyydeksi luokka 2 (BY45, betonilattiat)

Betonilattiat mitoitettiin kuormaluokkaan F (kevyen ajoneuvojen liikennöinti ja pysäköintialue). Tässä luokassa ajoneuvon kokonaispaino voi olla enintään 30kN (3 tonnia) ja enintään 8 paikkaa kuljettajan lisäksi. Pinta-alakuorma 2,5kN/m² ja pistekuorma 20kN.

Autohallin ulkoreunat, kaivojen- ja pilarien ympärys raudoitettiin. Raudoitus tehtiin, jotta välttyttäisiin kutistumahalkeiluilta. Kutistuma raudoitukseen ei ollut erillistä suunnitelmaa. Kutistuma raudoitus tehtiin työnjohtajan kokemuksen mukaan.



Kuva 10 Kutistumaraudoitus kaivon ympärillä.



Kuva 11 Ulkoreunojen raudoitus

Lattiat valettiin kesäkuun aikana, jolloin ilma oli reippaasti plussan puolella, sen takia ei tarvittu erillistä lämmitystä. Valu toteutettiin sisätiloissa, jolloin ei tarvinnut ottaa huomioon vesisadettakaan. Autohallin isoimmat ovet suojattiin lainapeitteillä, jotta halliin ei tuullut. Lattiat liipattiin samana päivänä valusta ja se toteutettiin päältä ajettavalla liippauskoneella, joka levitti samalla lisäaineen. Lisäaineena käytettiin varhaisjälkihoitoainetta BASFF 110 CF. Lattioiden liikuntasauma sahaukset tehtiin valun seuraavana päivänä. Sahauksen syvyys oli noin 40mm, leveys noin 3mm. Sahaus tehtiin pilarien välille,

tarkat sahauksen paikat määritteli rakennesuunnittelija. Sahauksen jälkeen lattialle levitettiin kauttaaltaan muovia, jolla ehkäistiin betonin plastisen kutistumishalkeamien synty.

Betonin kuivuttua, siihen levitettiin pinnan kovetinta. Ennen pinnan kovettimen levitystä, lattiat lakaistiin ja pestiin. Pinnan kovettimena käytettiin lithurin seal merkkistä lisäainetta. Lithurin imeytyy syvälle betonipinnan sisälle ja kovettaa sen, joka parantaa pölynsidontaa, sekä helpottaa siivoamista. Lisäaine levitettiin sen jälkeen, kun parkkipaikkaruudut olivat maalattu ja kuivunut. Lithurin kadettiin purkista suoraan betoni pinnalle, jonka jälkeen se levitettiin tasaisesti kaikkialle. Pinnan kovettimen tarkoituksena on vahvistaa betonia mekaanisilta rasituksilta, kuten nastarenkaiden kulutukselta.



Kuva 12 Sahaus ja muovinlevitys



Kuva 13 Lopullinen tulos ylä- ja alahalli

9 Yhteenveto

Kuituyhdistelmien käyttö on kaiken kaikkiaan hyvä tapa valaa esimerkiksi autohallinlattia mm. sen takia, että ei tarvitse verkkoraudoitusta ollenkaan, joka parantaa työturvallisuutta sekä siinä säästää materiaaleissa ja työkustannuksissa. Työturvallisuus paranee siinä, kun ei tarvitse kävellä verkkojen päällä, joka aiheuttaa kompastumisen vaaran.

Kuitujen hinta ei ole kuin 2-3euroa/kg, joten sen käyttö ei myöskään ole kovinkaan kallista. Porvoon betonilattiat Oy valoivat lattiat Kummelivuorella, heidän mielestään valetavuus on lähes sama kuin perinteisessä betonissa, tosin kuidut voivat tukkia perän pumppuautossa, jonka takia tärytintä voi joutua käyttämään siinä. Täryttäessä betonia tulee myös ottaa huomioon liiallinen tärytys, joka aiheuttaa sen, että kuidut valuvat betonin alaosaan.

Valun jälkeen betonin jälkityöt eivät eroa perus betonin jälkitöistä ollenkaan, kuten ei myöskään liippaus vaiheessa ollut eroa perinteiseen betoniin. Lattian pinnalle jäi jonkun verran muovikuituja näkyviin, jotka voidaan leikata tarvittaessa betonin kuivuttua. Pintaan jäävillä kuiduilla ei ole muuta kuin esteettinen vaikutus.

Valu toteutettiin sisätilassa, sekä lämpimällä ilmalla, joten isompia sääsuojia ei tarvittu. Autohallin sisäänajo aukot suojattiin pelkästään tuulen vuoksi.

Taloudellisesti kuidun käyttö on järkevää, sillä se tuli noin 5-7% halvemmaksi kuin perinteinen lattiabetoni. Suurimmat säästöt syntyivät materiaalikustannuksissa, kun ei tarvinnut raudoittaa koko aluetta ja työntekijöiden osalta syntyi säästöä, kun ei tarvittu raudoittajia, kuin kutistuma raudoitusten tekoon.

Muovikuidun käyttö on omasta mielestäni kannattavaa ja jopa suositeltavaa, mutta tutkimusta tulisi jatkaa muissakin kohteissa. Tällä hetkellä muovikuidun käyttö ei ole kovin yleistä, mutta lisätutkimuksilla sen käyttöä voitaisiin lisätä työmailla. Etenkin isommista kohteista olisi hyvä saada tutkimus tietoa niin taloudellisista vaikutuksista kuin myös kokemusten kannalta. Tutkimusta voisi myös laajentaa koskemaan muitakin käyttökohteita, kuin pelkästään maanvaraisiin lattioihin.

Lähteet

1. https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9060/kuitubetonilla_lisaa_lujuutta.htm (Luettu 14.5)
2. <https://www.slideshare.net/PiiMat/polymeerikuitubetonit> (luettu 14.5)
3. <https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/kuitubetonit/5800/makrokuitubetonit> (Luettu 14.5)
4. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/lisaaaineet/> (Luettu 14.5)
5. <https://www.slideshare.net/PiiMat/polymeerikuitubetonit> (Luettu 14.5)
6. <https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/kuitubetonit/5801/mikrokuitubetonit> (Luettu 14.5)
7. <https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/kuitubetonit/5799/teraskuitubetonit> (Luettu 14.5)
8. Betonilattiat: Piimat Oy (luettu 28.5)
9. Betonilattia: BY45/BLY7 Betonilattiat 2014
10. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100402.pdf> (Luettu 29.10)
11. <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/saumat/> (Luettu 20.5)
12. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/lisaaaineet/> (Luettu 16.5)

13. Suomen Betoniyhdistys ry., *Betonitekniikan oppikirja 2004 BY201*. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy 2005.
14. <https://www.semtu.fi> (Luettu 16.5)
15. <http://www.bly.fi/File/5Matti%20Hyttinen-pinnoitteet.pdf> (Luettu 16.5)
16. <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/betonilattian-pinnoitus/> (Luettu 16.5)