



Sakari Puntti

Toimenpiteet paikallavaluholvin laadun ja kuivumisen varmistamiseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

2.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Sakari Puntti
Otsikko:	Toimenpiteet paikallavaluholvin laadun ja kuivumisen varmistamiseksi
Sivumäärä:	19 sivua + 1 liite
Aika:	2.5.2022
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine:	Talonrakennus
Ohjaajat:	Lehtori Jenni Pellinen Työmaapäällikkö Jari Tiusanen

Opinnäytetyön tilaajana oli SRV Rakennus Oy. Työn tavoitteena oli käydä läpi paikallavaluholvin eri työvaiheet ja miten ne vaikuttavat laatuun ja kuivumiseen. Työssä keskityttiin käytännön asioihin.

Paikallavaluholvin laatuun vaikuttavat monet tekijät. Työvaiheiden valvonnalla on erityisen tärkeä rooli laadun kannalta. Suunnitelmien oikeellisuus ja ristiriidattomuuden tärkeys tulee esille. Tämän takia pitäisi varmistaa suunnitelmien oikeellisuus hyvissä ajoin ennen työvaiheen aloitusta. Kaikki työvaiheet pitääkin käydä läpi ja suunnitella huolellisesti urakoitsijoiden kanssa ennen aloitusta.

Paikallavaluholvin ajallaan kuivumisen kannalta tärkeintä on saada aikaan oikeanlaiset olosuhteet. Nämä nopeuttavat kuivumista ja ovat yleensä edellytyksenä kohteen ajallaan valmistumiseen. Eri vuodenajat vaikeuttavat holvin kuivumista eri syistä. Kesällä ilma on liian kosteaa, talvella taas ilma on liian kylmää. Kuivumisen seuranta on tärkeää sisätöiden aloituksen kannalta.

Avainsanat: Paikallavaluholvi, laatu, betoni, välipohja

Abstract

Author: Sakari Puntti
Title: Measures to Ensure the Quality and Drying of the Cast-In-Situ Slab
Number of Pages: 19 pages + 1 appendix
Date: 2 May 2022

Degree: Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: Building Construction
Supervisors: Jenni Pellinen, Senior Lecturer
Jari Tiusanen, Responsible Site Manager

The client of the thesis was SRV Rakennus Oy. The aim of the thesis was to study the different work steps of the in-situ casting slab and how they affect the quality and drying. The thesis focused on practical issues.

The quality of a cast-in-place slab is affected by many factors. Supervision of work steps plays a particularly important role in terms of quality. The correctness of the plans and the importance of consistency are highlighted. For this reason, the correctness of the plans should be ensured in good time before the start of the work phase. All work steps must be reviewed and carefully planned with the contractors before starting.

The most important aspect for drying the on-site slab on time is to create the right conditions. The right conditions accelerate drying and are usually a prerequisite for timely completion of the site. Different seasons make it difficult for the vault to dry for different reasons. In summer the air is too humid, in winter the air is too cold. Monitoring drying is important for starting interior work.

Keywords: cast-in-situ slab, quality, concrete, intermediate floor

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Laadun varmistus	2
2.1	Muottityöt	2
2.2	LVIS-asennukset	4
2.3	Raudoitustyöt	6
2.4	Betonointi	7
2.4.1	Betonimassan laatu ja valinta	7
2.4.2	Talvibetonointi	8
2.5	Lujuuden varmistus	8
2.5.1	Mittaus	9
2.5.2	Lämmitys	11
3	Betonin kuivuminen	13
3.1	Betonin kuivattaminen	13
3.1.1	Olosuhteet	14
3.1.2	Talvi- ja kesäkuivattamisen erot	15
3.2	Kuivumisen seuranta	16
4	Esimerkkikohteet	17
4.1	Kohteen A kuivumisen ongelmat	17
4.2	Kohde B	17
5	Loppupäätelmä	18
	Lähteet	19

Liitteet

Liite 1: Paikallavaluholvin kuivumislaskelmat

Lyhenteet

LVIS: Tarkoittaa lämpö-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköitä

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään SRV Rakennus Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoitus on koota erilaisia toimenpiteitä, jotka vaikuttavat paikallavaluholvin lopulliseen laatuun. Työssä keskitytään enimmäkseen niihin järjestelmiin ja työtapoihin, jotka ovat työmailla jo käytössä. Ne menetelmät otetaan esille ja pohditaan, mihin laadullisesti mikäkin vaikuttaa.

Työssä tuodaan esille kirjoittajan omat mielipiteet ja kokemukset jo käytetyistä työtavoista. Kirjoittaja ottaa kantaa, mitkä menetelmät ovat toimivia ja mitkä ovat oleellisia onnistuneelle valulle.

Kirjallisuuteen perustuva selvitystyö käsittää ainoastaan paikallavaluholvin eri työvaiheiden osa-alueet. Työssä ei ole käsitelty paikallavaluholvin ulkopuolisia rakenteita, kuten valmiselementtejä ja palkkeja. Työstä on myös jätetty pois harvinaisia menetelmiä, joista tekijällä ei ole kokemusta.

Työhön päädyttiin, koska edellisessä kohteessa oli hieman kuivumisongelmia. Kuivuminen on olennainen osa paikallavaluholvin laadussa, sen takia se käsittää suhteellisen suuren osan tästä työstä.

2 Laadun varmistus

Laadun varmistuksella tarkoitetaan yleisesti, että tuote täyttää kaikki viranomaisten, rakennuttajan, tilaajan sekä loppukäyttäjän vaatimukset. Rakennuttaja ja tilaaja yleensä sopivat keskenään lopullisesta laadusta ja viranomaisen hyväksyy tämän. Vastoin viranomaismääräyksiä ei saa rakentaa. Tähän laadunvarmistukseen päästään, kun kaikilla on omat valvojansa työtä tarkistamassa. Pääurakoitsijalla on työnjohtajat, jotka valvovat työn etenemistä aikatauluilla ja erilaisilla applikaatioilla. Tilaajalla on valvojat, jotka käyvät työmaalla itsenäisesti tarkastamassa töiden edistymistä ja laatua. Viranomaiset käyvät tarkastamassa tiettyjä asioita työn edetessä, tämän lisäksi heillä on käytössä erilaisia sertifiointeja, joilla he varmistavat rakennusmateriaalien kelpoisuuden. [Airos ym. 2018.]

2.1 Muottityöt

Paikallavaluholvin muottityöt aloitetaan tutustumalla huolellisesti muottisuunnitelmaan. Muottisuunnitelman tekee yleensä muottikaluston toimittaja ja sen hyväksyy rakennesuunnittelija. Muotin tehtävä on tukea holvivalua niin kauan, kunnes vaadittu nimellislujuus on täytynyt. [Airos ym. 2018.]

Muottisuunnittelun teko aloitetaan tutustumalla työmaan vaatimukseen. Näin saadaan aikaan optimoitu suunnitelma, joka myötäilee työmaan aikataulua, olosuhteita sekä muita vaatimuksia. Tämän jälkeen määritetään oikea muottikalusto, joka täyttää valettavan pinnan laatuvaatimukset. Seuraavaksi määritetään muotin asennusjärjestys ja työryhmät. [Airos ym. 2018.]

Kohteissa käytetään paikallavaluholvissa muottikalustona puupalkkimuottia (kuva 1, s. 2). Puupalkkimuotti koostuu niskapalkeista, terästuista, koolauspalkeista sekä muottilevyistä. Terästuet tulevat edellisen holvin päälle, jonka päälle tulevat niskapalkit. Niiden päälle tulee koolauspalkit, jonka jälkeen

alue levytetään. Kaikki palkkien jatkokohdat limitetään. Lopuksi asennetaan holvimuotin lisätuet.



Kuva 1. Puupalkkimuotti alhaalta kuvattuna

Mittaustyö on erittäin tärkeä työvaihe muottityössä. On tärkeää, että rakenteiden merkinnät ovat merkattuna oikeaan paikkaan muottiin. Tähän merkintään perustuvat kaikki paikallavaluholvin sisälle tulevat LVIS-työt. Merkintöjä on yleensä väliseinien kohdalla sähköputkituksia varten ja kylpyhuoneissa sekä keittiöissä putkihajotuksia varten.

Muottityö vaikuttaa moneen asiaan paikallavaluholvin laadussa. Muotin pinta vaikuttaa holvin pintaan. Muotin mittavirheet siirtyvät suoraan holvin korkovirheiksi, jolloin on tehtävä kalliita muutoksia, kuten holvin pinnan alentaminen jyrsimällä. Muottien oikealla huollolla ja varastoinnilla voidaan ehkäistä monia pintojen laaturvirheitä.

Muottikierto on suunniteltava työmaalla etukäteen. Muottikierto on suunniteltava paikallavaluholvin alueeseen nähden, jotta muottitavara riittää valuihin kunnes saadaan purettua alemmista kerroksista jo purkulujuuden saavuttaneita holveja. Näin ei tarvitse viime hetkellä tilata lisää muottitavaraa tai varastoida suuria määriä ja maksaa vuokraa suurista määristä ei käytössä olevista muottikalustosta. [Keskitalo. 2016.]

Muotit voidaan purkaa kun holvi on saavuttanut 60 % nimellislujuudesta tai rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Muottien purussa on huomioitava niin laadulliset kuin taloudellisetkin näkökulmat.

Jälkituennalla tarkoitetaan muotin purun jälkeistä holvin tuentaa (kuva 2). Jälkituentasuunnitelman tekee rakennesuunnittelija [Keskitalo. 2016: 3].



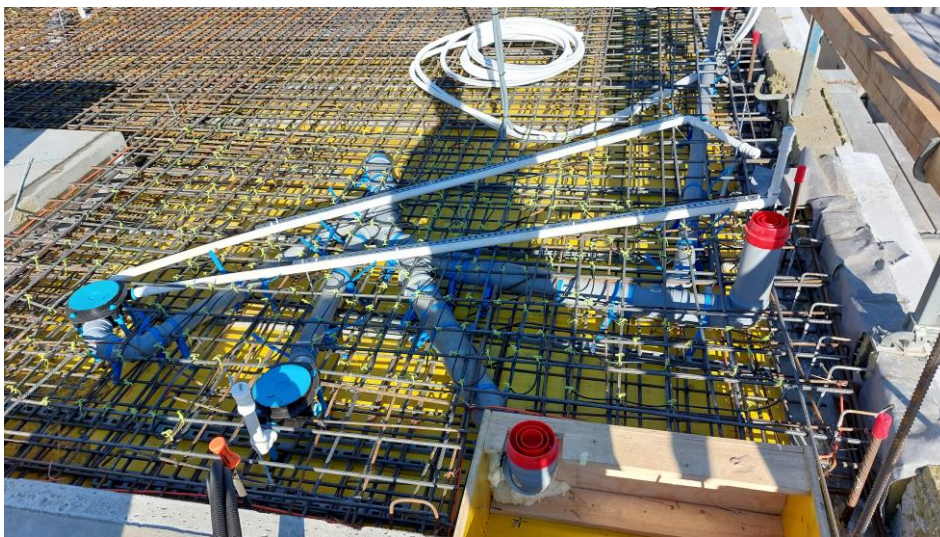
Kuva 2. Jälkituenta

2.2 LVIS-asennukset

Ennen LVIS-asennustöiden aloittamista pitäisi varmistaa suunnitelmat ristiriitojen varalta. Paikallavaluholvin ollessa kyseessä ristiriitoja saattaa

esiintyä putki-, sähkö- ja raudoitustöissä. Näiden kolmen yhteensovittaminen on tärkeätä niin laadun, aikataulun ja kustannuksien kannalta. Suunnitelmien yhteensovittaminen pitäisi olla tehtynä ennen kuin muottitöitä aletaan tehdä. Näin ei kuitenkaan aina ole, vaan siellä on päällekkäisyyksiä. Joitakin töitä saatetaan joutua muuttamaan aikataulujen takia hyvin nopealla aikataululla, jolloin muutos ei välttämättä ole optimi. Pahimmissa tapauksissa nämä muutokset tehdään rikkomalla toisen tekemää työtä oman työn saamiseksi suunnitelmien mukaiseksi.

Tämän takia valvonta on erityisen tärkeää holvivalussa. Virheet jotka jäävät valuun ovat usein hankalia ja kalliita korjata. On tärkeää, että valvonta on paikalla kun LVIS-töitä tehdään, jotta nähdään suunnitelmien ristiriidat ja saadaan niistä epäkohdat suunniteltua uudestaan. Ennen valua pitäisi kaikki viemäriasennukset (kuva 3) kuvata, jotta niistä saa virheet vielä helposti korjattua ennen valua. Viemärit pitää myös kuvata valun jälkeen, jotta saadaan mahdollisimman aikaisin korjattua virheet, jotka ovat kaikesta huolimatta päässeet läpi.



Kuva 3. Tyypillisen kylpyhuoneen LVI-asennukset

2.3 Raudoitustyöt

Raudoitussuunnitelmat on hyvä käydä raudoittajien työnjohtajan kanssa läpi perusteellisesti ennen työn aloitusta. Näissä on usein ristiriitoja LVIS suunnitelmien kanssa. Mahdolliset ristiriidat on hyvä saada esille ennen kuin työ aloitetaan. Työn aikana ja valupäivän lähestyessä on yleensä kiire. Silloin ei ole aikaa miettiä kunnolla ristiriitojen ratkaisuja, vaan päädytään kompromisseihin, jotka pahimmillaan joudutaan korjaamaan myöhemmin.

Raudoitustyötä pitääkin valvoa tarkkaan. Siellä tapahtuu helposti pieniä virheitä, varsinkin kun on rautaa paljon päällekkäin. Läpimenot kannattaa tarkistaa tarkkaan raudoituksen osalta. Monessa paikassa saattaa olla niin paljon rautaa vierekkäin tai päällekkäin, ettei läpimeno mahdu, jolloin se joudutaan siirtämään. Aina ei läpimenon paikkaa voida siirtää, silloin joudutaan muokkaamaan raudoitusta ja siihen pitää aina olla rakennesuunnittelijan hyväksyntä. Paikallavaluholvin raudoitus (kuva 4) on yleensä hyvinkin tiheä. Ennen valua tehdään aina raudoitustarkastus, jossa ovat läsnä runkomestari, raudoitusurakoitsijan työnjohtaja sekä tilaajan valvoja ja mahdollisesti viranomaisvalvoja.



Kuva 4. Paikallavaluholvin valmis raudoitus

2.4 Betonointi

Betonitöille on rakennustyömaalla osoitettava betonityönjohtaja, jolla on tarpeeksi korkea pätevyysluokitus. Valmis valettu paikallavaluholvi koostuu betonimassasta ja raudoituksesta. Betonimassa koostuu sementistä, kiviaineksesta, ilmasta ja vedestä. Lisäksi betonin ominaisuuksia voi myös muuttaa erilaisilla lisäaineilla. Betonin ja raudan yhteensopivuus perustuu niiden samanlaiseen lämpölaajenemiseen. Betonilla on hyvä puristuslujuus mutta huono vetolujuus, jonka takia lisätään raudoitteita betonimassan sisälle ottamaan vetolujuuden vastaan. [Airos ym. 2018.] Betonivaluissa on erityisen tärkeitä suorittaa oikein tehty tiivistys. Se tehdään erikokoisilla betonille tehdyillä täryttimillä. Näin varmistetaan, ettei betoniin jää tyhjiä koloja ja ylimääräistä ilmaa.

2.4.1 Betonimassan laatu ja valinta

Betonimassa valitaan haluttujen ominaisuuksien mukaan. Yleensä olennaisimmat ominaisuudet ovat lujuus ja säilyvyys. Mitä alhaisempi vesi-sementtisuhte massassa on, sitä tiiviimpää ja sitä kautta lujempaa kovettunut betoni on. Vesi-sementtisuhteella on suuri vaikutus pintojen sisätöille. Vesimäärän pienentämisellä saadaan aikaan betonimassaa, jonka kuivumisaika on huomattavasti lyhyempi. Lyhyempi kuivumisaika vaikuttaa sisätöiden aloitusaikaan muuttaen sen aikaisemmaksi, jolloin siitä saadaan huomattaviakin kustannussäästöjä rakennusajan lyhentyessä. Huokoisuuden lisääminen taas auttaa pakkasenkestävyyteen, mutta samalla heikentää lujuutta ja säilyvyyttä [Airos ym. 2018.] Samalla pitää myös ottaa huomioon muutkin betonin vaiheet, eikä vain kovettuneen betonin ominaisuudet. Työstettävyys työn aikana, sekä sitoutumisvaiheessa oleva betoni ovat myös tärkeitä vaiheita. Nämä kaikki vaikuttavat aikatauluun ja sitä kautta kustannuksiin.

2.4.2 Talvibetonointi

Talvella betonointi aiheuttaa monia haittoja työmaalle. Lujuudenkehitys hidastuu johtuen alhaisesta lämpötilasta. Lunta saattaa kertyä holville, jolloin lumi pitää saada pois ennen töiden aloitusta. Lumikassit ovatkin yleisesti käytössä työmailla, ne voidaan levittää edellisen päivän aikana ja poistaa nosturilla vieden näin lumet samalla pois holvilta. Lunta ja jäätä joudutaan usein poistamaan muotin pohjalta. Lumi poistetaan yleensä mekaanisesti lapiolla ja lumikolalla. Joskus jäätä on niin paljon, tai se on raudoituksen seassa niin että joudutaan käyttämään höyrysulatusta. Lämmin höyry sulattaa jäät ja lumet nopeasti ja tehokkaasti.

Lujuudenkehitystä voidaan talvella nopeuttaa monella eri tavalla. Yleisimmät käytetyt menetelmät ovat lujuusluokan korotus, massan lämpötilan nosto, valetun rakenteen lämmitys, valetun rakenteen eristys ja nopeasti kovettuvan betonin käyttö. [Sahlstedt. 2013: 24.]

Betonin jäätymistä pitää välttää kaikin keinoin. Vauriot jäätymisestä riippuu, milloin betoni on päässyt jäätymään. Mitä varhaisemmassa sitoutumisen vaiheessa betoni jäätyy, sitä suurimmat vauriot rakenteelle. Betonilla on jäätymislujuus 5 MPa, jonka jälkeen jäätymisestä aiheutuvat vauriot ovat pienet. Jäätyneen betonin lujuus pitää aina selvittää erikseen koekappaleilla. [Sahlstedt. 2013: 74.]

2.5 Lujuuden varmistus

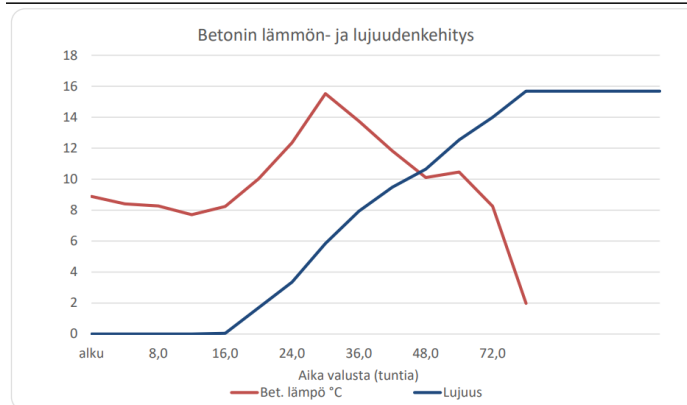
Paikallavaluholvien betonimassasta otetaan yksi arvosteluerä, johon sisältyy vähintään kolme koekuutiota. Tämän lisäksi otetaan yksi koekuutio jokaista alkavaa 100 m³ kohden, kun kokonaiskuutiomäärä valettavasta holvista ylittää 200 m³. Näiden koekuutioiden puristuslujuus verrataan tehtaalla otettuihin koekuutuihin. Koekuutiot ovat reunaltaan 150 mm mittaisia ja niiden lujuus määritetään 28 vuorokauden ikäisinä. [Airos ym. 2018.]

2.5.1 Mittaus

Lujuudenkehitystä seurataan ensisijaisesti valun lämpötilaseurannasta. Lämpötilaa seurataan anturilla, joka on kiinnitetty valun raudoitukseen. Siitä saa lämpötilakäyrän, josta saa ohjelman avulla laskettua arvion lujuudesta. Käyrässä (kuva 5) näkee miten lujuudenkehitys lakkaa kokonaan lämpötilan lähestyessä 0 °C. Käyrä (kuva 6, s. 10) taas näyttää miten betonin lujuus kehittyy normaalissa lämpötilassa. Laitetta kutsutaan yleisesti dataloggereiksi (kuva 7, s. 10). Näiden antureita laitetaan sopivaan paikkaan valuun niin, ettei tule vääristyneitä lukuja. Yleensä dataloggerin anturi laitetaan kylmimpään kohtaan.

aika [h]	Bet. lämpö °C	keskilämpö °C	vrk	yht. vrk	Kypsyyssikä T20	T20 yht	% K	MPa
alku	8,9	-	-	-	-	-	-	-
4,0	8,4	8,6	0,17	0,17	0,08	0,08		
8,0	8,3	8,3	0,17	0,33	0,08	0,15		
12,0	7,7	8,0	0,17	0,50	0,07	0,23		
16,0	8,2	8,0	0,17	0,67	0,07	0,30	0 %	0
20,0	10,0	9,1	0,17	0,83	0,08	0,38	5 %	2
24,0	12,4	11,2	0,17	1,00	0,10	0,48	9 %	3
30,0	15,5	13,9	0,25	1,25	0,17	0,65	16 %	6
36,0	13,7	14,6	0,25	1,50	0,18	0,83	21 %	8
42,0	11,8	12,8	0,25	1,75	0,16	0,99	28 %	9
48,0	10,1	11,0	0,25	2,00	0,14	1,13	29 %	11
60,0	10,5	10,3	0,50	2,50	0,27	1,40	34 %	13
72,0	8,3	9,4	0,50	3,00	0,25	1,65	38 %	14
96,0	2,0	5,1	1,00	4,00	0,34	1,99	42 %	16

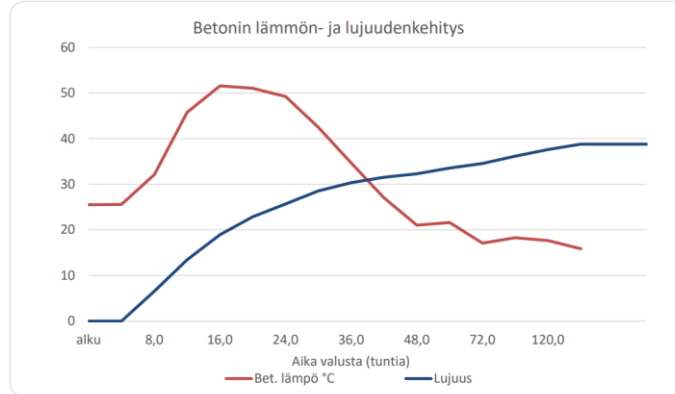
Mittattu maksimilämpötila 16 °C ajanhetkellä 30 tuntia. Puristuslujuus mittauksen lopussa 16 MPa.



Kuva 5. Lujuuslaskelma kylmälle betonille [Swerock Oy. 2022.]

aika [h]	Bet. lämpö °C	keskilämpö °C	vrk	yht. vrk	Kypsyysikä T20	T20 yht	% K	MPa
alku	25,5	-	-	-	-	-	-	-
4,0	25,6	25,5	0,17	0,17	0,22	0,22	-	-
8,0	32,1	28,9	0,17	0,33	0,26	0,48	18 %	7
12,0	45,7	38,9	0,17	0,50	0,39	0,87	36 %	13
16,0	51,6	48,7	0,17	0,67	0,54	1,41	51 %	19
20,0	51,0	51,3	0,17	0,83	0,58	1,99	62 %	23
24,0	49,2	50,1	0,17	1,00	0,56	2,55	69 %	26
30,0	42,5	45,8	0,25	1,25	0,74	3,29	77 %	29
36,0	34,6	38,6	0,25	1,50	0,57	3,86	82 %	30
42,0	27,0	30,8	0,25	1,75	0,42	4,29	86 %	32
48,0	21,0	24,0	0,25	2,00	0,31	4,59	87 %	32
60,0	21,6	21,3	0,50	2,50	0,54	5,13	91 %	34
72,0	17,1	19,4	0,50	3,00	0,48	5,61	93 %	35
96,0	18,3	17,7	1,00	4,00	0,88	6,49	98 %	36
120,0	17,7	18,0	1,00	5,00	0,89	7,38	102 %	38
144,0	15,9	16,8	1,00	6,00	0,83	8,21	105 %	39

Mitattu maksimilämpötila 52 °C ajanhetkellä 16 tuntia. Puristuslujuus mittauksen lopussa 39 MPa.



Kuva 6. Lujuuslaskelma normaalilämpöiselle betonille [Swerock Oy. 2022.]



Kuva 7. Dataloggeri ja anturit hissikuilun vieressä.

2.5.2 Lämmitys

Lujuuden kehityksen kannalta on olennaista, että massan lämpötila pysyy vähintään 20 °C yläpuolella. Lämpötilan laskiessa lujuudenkehitys laskee huomattavasti. Massan jäätyessä voi näyttää aluksi lujuudenkehityksen olevan suhteellisen normaalia, mutta tämä on jäätyksen seurauksena olevaa valelujuutta. Tämän takia on erityisen tärkeää, ettei massa pääse missään vaiheessa jäätymään. Betonin lujuudenkehitys myös hidastuu huomattavasti lämpötilan laskiessa ja käytännössä pysähtyy kokonaan 0 °C. Betonimassan lämpötila ei saisi laskea alle 5 °C betonoinnin päättyessä. [Sahlstedt. 2013.]

Lämmitystä käytetään ensisijaisesti lujuudenkehityksen kannalta. Betonimassaa kannattaa lämmittää aina, jos ilman lämpötila laskee alle 10 °C [Sahlstedt. 2013]. Tällöin varmistetaan suotuisat olosuhteet lujuudenkehitykseen. Lämmitys suoritetaan yleensä holvimuotin alta erilaisilla lämmittimillä. Lämmitystä voidaan myös tehostaa lämmityskaapeleilla. Lämmityskaapelit ovat erityisen hyviä pieniin alueisiin, jossa betonimassaa on vähän ja kylmää pintaa on paljon. Näitä paikkoja on esimerkiksi massiivilaattojen ja muiden rakenteiden välit ja seinien pystypinnat.

Lämmön haihtumista kannattaa myös estää erilaisilla valun päälle laitettavilla eristeillä. Yleisin käytössä oleva on pakkasmatto, jota on helppo levittää 100 m² rullista. Pakkasmatto eristää betonin yläpinnan niin hyvin, että sitoutuminen ehtii alkaa hyvin ja siten betonin oma lämmönkehitys pitää huolen lämmöstä. Kun lämpötila on alhainen, mutta ei kuitenkaan pakkasen puolella niin kevytpeitekin saattaa olla riittävä. Tämänkaltainen päälle laitettava eriste suojaa myös tehokkaasti lumen kertymiseltä ja sateen aiheuttamista pintavaurioista. Eriste suojaa myös tuulen vaikutukselta, mikä saattaa pudottaa betonin lämpötilaa hyvinkin tehokkaasti. Päälle laitettavan eristeen muita hyviä ominaisuuksia ovat myös kustannustehokkuus sekä helppohoitoisuus. Rullia on helppo levittää kahden miehen voimin, kunhan muistaa laittaa painot reunoille niin ettei eriste lähde tuulen mukana.

Muotin alle tuleville ilmalämmittimiä on monia erilaisia. Käyttötapa on kaikilla sama, ilmaa lämmitetään joko kaasulla, sähköllä tai polttoaineella. Yleisesti käytetään polttoainetoimisia lämmittimiä ja kaasulämmittimiä.

Polttoainelämmittimet voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan, pienet käsin siirrettävät (kuva 8) ja isommat koneilla siirrettävät (kuva 9, s. 13). Koneilla siirrettävien lämmittimien kehittämä lämpö siirretään koneelta erilaisilla sukilla tai putkilla haluttuihin paikkoihin. Pienet lämmittimet taas lämmittävät yhtä tilaa kerrallaan. Sähkökäyttöisiä lämmittimiä käytetään lähinnä pienissä valuissa. Tilat kannattaa eristää vähintään aukko suojilla, ettei ilma pääse vapaasti kulkemaan tilojen välissä ja ulos.



Kuva 8. Pieni polttoöljyllä toimiva lämmitin



Kuva 9. Iso polttoöljyllä toimiva lämmitin.

3 Betonin kuivuminen

Betonin lujuudenkehitys alkaa 2-4 tunnin kuluttua massan sekoitushetkestä yleisimmillä betonilaaduilla, massan lämpötilan ollessa noin 20 °C. Plastiseksi tilaksi kutsutaan massan ollessa vielä työstettävissä. Lujuudenkehitysvaihetta taas kutsutaan sitoutumiseksi. Sitoutuminen tapahtuu kun hydrataatioreaktio on saavuttanut tietyn pisteen ja massan reaktiotuotteet kasvavat kiinni toisiinsa. Sitoutumisaikaan vaikuttaa erityisesti lämpötila. 10 °C lämpötilan lasku vaikuttaa sitoutumiseen kaksinkertaistaen ajan ja 10 °C nousu taas puolittaa ajan. Sitoutumisaikaan voidaan myös vaikuttaa eri sementtityypeillä, vesi-sementtisuhteella ja erilaisilla lisäaineilla. Betonimassa tuottaa sitoutuessaan huomattavan määrän lämpöä. [Airos ym. 2018.]

3.1 Betonin kuivattaminen

Betoniin voi sitoutua vettä vain noin 25 paino-% siihen sekoitetun sementin määrästä. Tavallisessa lattiabetonissa vettä on 180-200 litraa/ m³, mikä tarkoittaa, että täydelliseen hydrataatioon menee vain 50-70 litraa/ m³. Loput

vedestä jää betoniin haihtumiskykyiseksi vedeksi. Betoni pyrkii tasapainokosteuteen ympäröivän ilman kanssa. Pinnasta haihtuu yleensä melko nopeasti kosteutta kun olosuhteet saadaan kuntoon. Sen jälkeen kun pinnasta on haihtunut riittävästi vettä niin betoni pyrkii tasaamaan kosteuden rakenteen sisältä ulos. Betonin pinta alkaa imemään kosteutta sisältä kunnes betonin suhteellinen kosteus on tasaantunut ilma suhteellisen kosteuden kanssa. Tämä sisältä siirtyvä kosteus siirtyy pinnalle joko diffuusion tai kapillaarisen siirtymän kautta. Betonin ilmahuokosten tyhjentyessä vedestä niin veden siirtyminen muuttuu kapillaarisesta diffuusioksi ja sen myötä veden siirtyminen sisältä pinnalle hidastuu. [Merikallio. 2019.]

Tämän veden siirtymisen takia kosteutta mitataan aina kahdesta eri syvyydestä. Niitä voidaan sitten verrata keskenään ja siitä saadaan kuva, miten paljon betoni on kuivunut. Betonin tasapainokosteuden saavuttaminen rakennusaikana ei ole mahdollista ja se yleensä kestää vuosia. Rakennusaikana riittää yleensä 80-90 % suhteellisen kosteuteen pääsy riippuen pintarakenteista. [Merikallio. 2019.]

3.1.1 Olosuhteet

Betonin kuivattamisen kannalta on tärkeitä päästä hyviin olosuhteisiin mahdollisimman nopeasti valun jälkeen. Hyvät olosuhteet tarkoittavat yleensä ilman ja rakenteiden lämpötilan olevan vähintään 20 °C. Tämän lisäksi tarvitaan riittävä ilmanvaihto ja ilman suhteellisen kosteuden pitäisi olla enintään 50 %. Betoni ei käytännössä kuivu juuri lainkaan ennen kuin pinta saadaan kuivaksi sateelta. Tämän takia on erityisen tärkeitä saada vesikatto päälle niin pian, kuin mahdollista. [Merikallio. 2019.]

Kuivunut betoni imee itseensä nopeasti vettä, jonka takia on tärkeää, ettei valmis kuivunut betoni pääse enää kostumaan missään vaiheessa. Kostunut betoni on tärkeää saada kuivaksi niin nopeasti kuin mahdollista. Veden poistoon betonin päältä käytetään yleensä jonkinlaista vesi-imuria.

3.1.2 Talvi- ja kesäkuivattamisen erot

Ilman absoluuttinen kosteus tarkoittaa paljonko kyseinen ilma voi sisältää vettä tietyssä lämpötilassa ennen kuin kosteus alkaa tiivistyä. Lämpimässä ilmassa on isompi absoluuttinen kosteus kuin kylmässä ilmassa. Eli sama määrä lämmintä ilmaa voi pitää sisällään huomattavasti enemmän vettä kuin kylmä ilma. Suhteellinen kosteus tarkoittaa, kuinka paljon kyseinen ilmassa on kyllästynyt vedellä.

Kesällä kuivattamisen ongelmat ovat lämmin ja kostea ilma, koska kuivattaminen perustuu ilman absoluuttiseen kosteuteen, niin on parasta, jos saadaan kylmää ja kuivaa ilmaa sisälle. Kylmä ilma voidaan lämmittää sisällä, jolloin se imee kosteutta itseensä ja sen jälkeen se voidaan poistaa ulos ja tuoda lisää kylmää ilmaa sisälle. Ilman lämpötila vaikuttaa siis oleellisesti kuivattamiseen. 0 °C ilma voi sisältää noin 4,9 g vettä/m³ kun taas 20 °C voi sisältää 17 g vettä/m³ (kuva 10).

Suhteellinen kosteus:	20%	40%	60%	80%	90%	100%
Ilman lämpötila °C	absoluuttinen kosteus: g/m ³					
80	58	116	174	232	261	290
70	39	78	118	157	176	196
60	26	52	78	104	117	130
50	17	33	50	66	75	83
40	10	20	31	41	46	51
30	6,1	12	18	24	27	30
20	3,5	6,9	10	14	16	17
10	1,9	3,8	5,6	7,5	8,5	9,4
0	1,0	1,9	2,9	3,9	4,4	4,9
-10	0,44	0,88	1,3	1,8	2,0	2,2
-20	0,18	0,35	0,53	0,70	0,79	0,88
-25	0,11	0,22	0,33	0,44	0,50	0,55
-30	0,07	0,13	0,20	0,26	0,30	0,33

Kuva 10. Ilman absoluuttinen kosteus [Nikulainen. 2022].

Tämän takia kuivattaminen on talvella helpompaa edellyttäen, että sisälämpötila ja rakenteen lämpötila saadaan lähelle 20 °C. Otetaan talvella kylmää ilmaa sisälle ja lämmitetään sitä, jolloin sen absoluuttinen kosteus voi helposti

kolminkertaistua. Ilma pyrkii tasapainokosteuteen ympäröiviin rakenteisiin, jonka takia lämmitetty ja kuiva ilma imee kosteutta itseensä todella tehokkaasti.

3.2 Kuivumisen seuranta

On olemassa monia erilaisia kosteudenmittausmenetelmiä.

Pintakosteusmittarilla voidaan mitata betonin pintakosteus rikkomatta rakenteita. Tämä mittausmenetelmä ei kuitenkaan ole kuin suuntaa antava.

Pintakosteusmittarilla mitatessa pitää huomioida, että se perustuu sähkönjohtavuuteen, jolloin pinnan lähellä olevat raudotteet ja vesiputket voivat antaa suuriakin vaihteluita. Mittari sopiikin lähinnä kosteiden kohtien etsimiseen. [Merikallio. 2019.]

Luotettava menetelmä on määrittää kosteuspitoisuus kuivatus-punnitusmenetelmällä. Menetelmä perustuu koepalojen kuivatukseen ja punnitukseen ja niiden painoerojen suhteeseen. Otetaan betonista näytepalat piikkaamalla, palat suljetaan heti ilmatiiviiseen astiaan, jolloin kosteus säilyy betonissa ja saadaan luotettava lukema. Menetelmä toimii hyvin ja on luotettava, edellyttäen että näytepalat on säilytetty ja punnittu huolella. [Merikallio. 2019.]

Ehkä yleisin menetelmä on sähköinen betonin suhteellista kosteutta mittaava laitteisto. Laitteisto koostuu kosteusanturista ja näyttölaitteesta. Menetelmä toteutetaan poraamalla reiät betoniin, jonka jälkeen asetetaan putki tiivistämään reiän sivut ja tiivistetään yläpuolen aukko ilmatiiviiksi. Kosteus saa tasaantua anturin ympärillä reiässä 3-7 päivän ajan, jonka jälkeen voidaan kytkeä näyttölaitte kiinni anturiin ja ottaa kosteuslukema. Yleisimmin anturi laitetaan reikään vasta mittaushetkellä. Huono puoli siinä on, että joudutaan odottamaan 1-24 tuntia kosteuden tasaantumista. [Merikallio. 2019.]

Porareikämittausta ei voi suorittaa, jos ympäröivä betoni ei ole hyvin lähellä käyttölämpötilaa, joka on yleensä noin 20 °C. Lämpötilan ollessa liian kylmä tai vaihteleva niin joudutaan käyttämään kuivatus-punnitusmenetelmää.

[Merikallio. 2019.]

4 Esimerkkikohteet

Työssä tarkastellaan kahta eri kohdetta. Molemmat kohteet ovat samalla paikkakunnalla ja samankaltaisia rakenteeltaan. Kohteet ovat elementtitaloja, joissa on paikallavaluholvit. Molemmissa on alakerroksissa ei-paikallavaluholveja, mutta toisessa on ontelolaattoja ja toisessa on kuorilaattoja.

Kohteissa käytetään samanlaisia mittausmenetelmiä. Kosteusmittaus aloitetaan punnitus-kuivatus menetelmällä, jonka jälkeen siirrytään porareikämittaukseen heti kun olosuhteet sallivat. Mittaustuloksista pidetään taulukkoa ja sitä seurataan viikoittain.

4.1 Kohteen A kuivumisen ongelmat

Kohde A:ssa tuli ilmi hieman paikallavaluholvin kuivumisongelmia.

Aikataulullisesti kohde myöhästyi kuivumisen takia hieman. Kahdessa asunnossa oli erityistä ongelmaa kuivumisen kannalta. Molempien asuntojen lattian alla oli käytävä, josta pääsi kiinteistön sisäpihalle. Käytävän kattoon oli suunniteltu paksu lämmöneriste sekä sähköinen lämmitys. Lämmöneristystä tai lämmityskaapeleita ei voitu asentaa kuin vasta loppuvaiheessa. Tässä oli holvi suoraan alttiina ulkoilmalle ja sen takia lämpötila oli alhaisempi kuin muualla talossa. Tämän takia kahden asunnon sisätyöt myöhästyivät noin kuukaudella. Tätä ongelmaa ei valitettavasti huomioitu tarpeeksi ajoissa.

Tämä vaikutti aikatauluun paljon. Urakoitsijoita jouduttiin pyytämään uudelleen paikalle tekemään nämä asunnot erikseen. Asuntojen materiaalit jouduttiin varastoimaan työmaalle erikseen. Rakennuskustannukset nousivat merkittävästi näiden asuntojen kohdalta.

4.2 Kohde B

Kohde B on rakenteilla oleva kohde. Kohteesta on tarkasteltu muutamaa paikallavaluholvia ja sen niiden lujuudenkehitystä. Paikallavaluholveista on

myös otettu kuvia eri työvaiheista. Paikallavaluholvien betonimassana käytetään samaa massaa kuin kohde A:ssa. Kyseinen betonimassa todettiin kohde A:ssa hyväksi ja sen vuoksi valittiin myös uuteen kohteeseen. Kohde B:ssä oli esitetty kolmea eri betonimassaa, josta valittiin C30/37 NP (liite 1, s. 2). Betonimassa valittiin, koska se oli kustannustehokkain ja siitä oli kokemusta kohde A:sta.

5 Loppupäätelmä

Paikallavaluholvin laatuun vaikuttaa moni tekijä. Niistä tärkeimpänä on pääurakoitsijan työnjohdon työt, eli työvaiheiden etenemisen ja laadun valvonta. Töiden pysyminen aikataulussa on tärkeä osa laadun valvontaa. Jos aikataulu rupeaa venymään, niin jotenkin aikataulu on kurottava umpeen. Tämä tehdään yleensä kiireellä, jolloin virheiden määrä kasvaa ja työvaiheiden valvonnalle jää vähemmän aikaa. Aikataulun venyminen voidaan myös kurota umpeen ylitöillä, joka taas nostaa kustannuksia. Suunnitelmien oikeellisuus on toinen tärkeä osa. Suunnitelmien pitää olla kunnossa ja ilman ristiriitoja muiden suunnitelmien kanssa.

Kuivumisen kannalta tärkein asia on oikeiden olosuhteiden luominen. Tämä ei aina ole helppoa työmaaloissa. Voi olla kovia pakkasia eikä talon seiniä ole vielä eristetty. Nämä asiat pitää huomioida hyvissä ajoin, ettei niitä jouduta miettimään kovassa kiireessä.

Ennen vesikaton vedenpitävyyttä on vaikeata pitää alla olevia lattioita kuivana. Sadevesien pitäminen poissa pintakuivilta holveilta on erittäin tärkeätä. Näiden vesien ohjaus pitää suunnitella etukäteen niin että kaikki yläpuolen vedet saadaan ohjattua talon ulkopuolelle.

Lähteet

Airos, Antero. 2018. BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. BY-Koulutus Oy

Airos, Antero. 2019. BY 47 Betonirakentamisen Laatuohjeet 2019. BY-Koulutus Oy

Keskitalo, Saija. 2016. Opinnäytetyö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
<https://docplayer.fi/4465612-Betonirakenteiden-muottityot-betoniteollisuus-ry.html> Luettu 4.4.2022

Merikallio, Tarja. 2019. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Rakennustieto Oy

Nikulainen, Pasi 2022. Ilmankosteus: käyttäytyminen, ilmiöitä ja vinkkejä. Verkkoaineisto. <http://www.tekeville.fi/ilmankosteus>. Luettu 5.4.2022.

Sahlstedt, Satu. 2013. Talvibetonointi. Suomen Rakennusmedia OY

Swerock Oy. 2022.

Paikallavaluholvin Kuivumislaskelmat

by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio



Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

Rakenne

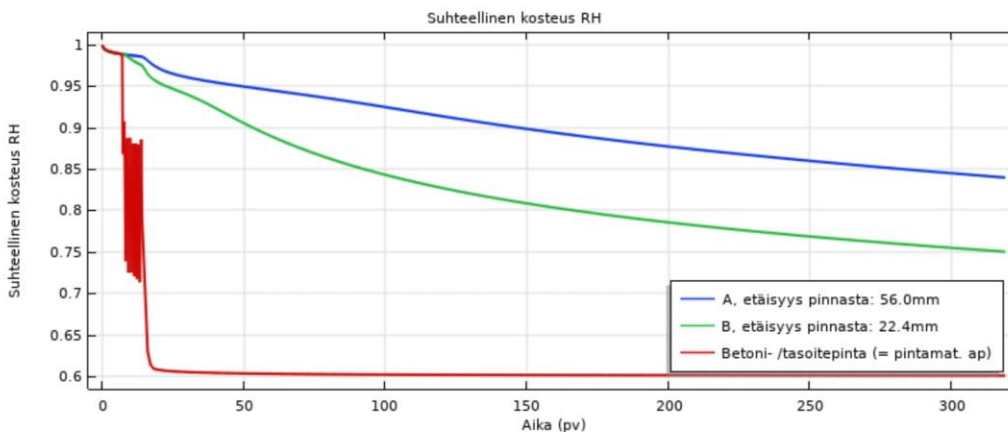
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C25/30, 0.70 (v/s)	280.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Ei		

Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	18. Helmikuu		
Työaikainen kastuminen: off	Kastumisjakso alkaa		pv
	Kastumisjakso päättyy		pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	14	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		365	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 319 pv kuluttua simuloinnin alusta.
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 2. Tammikuu



LISÄTIETOJA

Kuva 11. C25/30 kuivumisaika-arvio [Swerock Oy. 2022]



by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

Analyysi

Analyysityyppi: Kuivumisaika-arvio

Rakenne

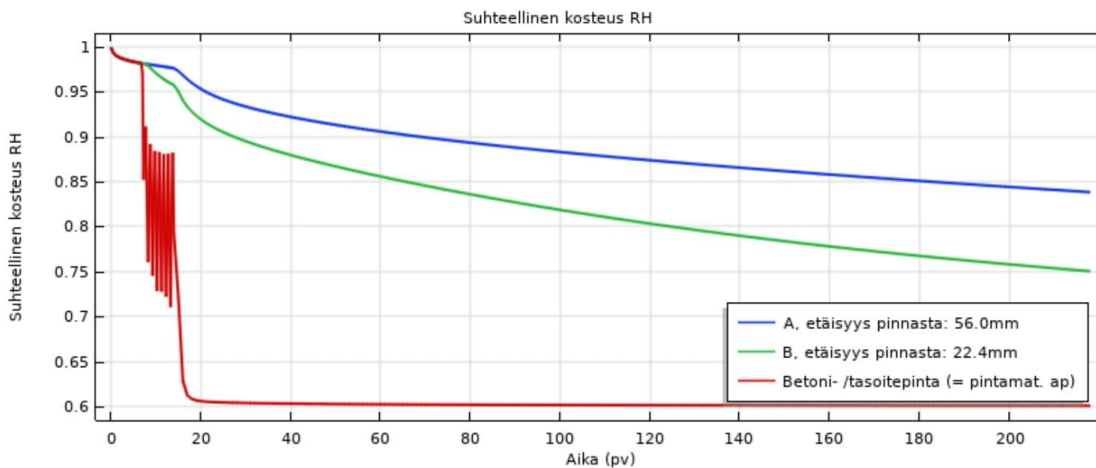
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C30/37 NP, 0.55 (v/s)	280.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Ei		

Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	18. Helmikuu		
Työaikainen kastuminen: off	Kastumisjakso alkaa		pv
	Kastumisjakso päättyy		pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	14	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		365	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 218 pv kuluttua simuloinnin alusta.
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 23. Syyskuu



LISÄTIETOJA

Kuva 12. C30/37 NP kuivumisaika-arvio [Swerock Oy. 2022]



by 2020 Betonin kuivumisaika-arvio

Analyyysi

Analyyesityyppi: Kuivumisaika-arvio

Rakenne

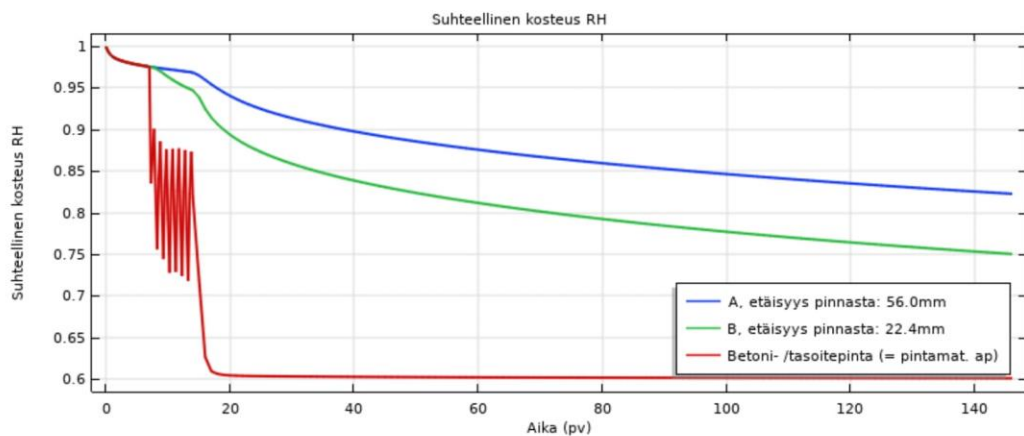
Rakennetyyppi:	Välipohja		
Rakennekerrokset:	Paikallavalu		
Pintamateriaali:			
Mattoliiman kosteuslisä:			
Tasoite:	Ei tasoitetta	0.0	mm
Pintavalu:	Ei Pintavalua	0.0	mm
Rakennevalu:	C35/45 NP, 0.45 (v/s)	280.0	mm
Eriste:	Ei eristettä	0.0	mm
Yhteensuuntaan kuivuva:	Ei		

Olosuhteet ja aikataulut

Kaupunki:	Helsinki-Vantaa		
Aloituspäivä (Rakennevalu):	18. Helmikuu		
Työaikainen kastuminen: off	Kastumisjakso alkaa		pv
	Kastumisjakso päättyy		pv
Kuivatusjakso:	Kuivatusjakso alkaa	14	pv
Kuivatusolosuhde:	Lämpötila	18.0	°C
	RH	60.0	%
Rakennebetonin valu:		0	pv
Pintabetonin valu:			pv
Tasoitteen asennus:			pv
Laskenta-aika:		365	pv
Kriittinen RH:		85.0	%

Laskennan tulokset

Kriittisen RH:n arvo alitettiin: 146 pv kuluttua simuloinnin alusta.
Seuraavan työvaiheen aloituspäivä: 13. Heinäkuu



LISÄTIETOJA

Kuva 13. C37/45 NP kuivumisaika-arvio [Swerock Oy. 2022]