

TALVIBETONOINTISUUNNITELMA

Betonin kovettumisnopeuteen vaikuttaa aina merkittävästi lämpötila ja siksi talvisin tulee varmistaa, että betonivalu tehdään olosuhteissa, joissa taataan riittävä kovettumislämpötila kunnes oikea lujuustaso (esimerkiksi muotinpurkulujuus) on saavutettu. Mikäli ohut betonivalu jäähtyy nopeasti, lujuudenkehitys hidastuu merkittävästi. Talviaikaan betonivalua tulisi aina ensimmäisten vuorokausien aikana suojata ja tarvittaessa lämmittää, jotta betonimassan lämpötila ei ennen sitoutumisen alkua laske alle +10 °C:n. Tällä varmistetaan, että sementin alkaessa reagoida, betonin oma lämmönkehitys käynnistyy ja nopeuttaa lujuuden kasvua. Mikäli talvibetonointia ei tehdä oikein, voi seurauksena olla betonin huono säilyvyys ja kantavuus, joko pakkasvaurioiden tai liian aikaisen muotin ja tukirakenteiden purun takia. Lämmön- ja lujuudenkehityksen arviointiohjelmilla, kypsyyshälytyksillä tai -käyrillä kannattaa aina varmistaa betonirakenteiden riittävä lujuustaso ennen muotin purkua.

Talvibetonointisuunnitelman tekeminen

Talvibetonointitoimenpiteisiin tulee jo ryhtyä, kun vuorokauden keskilämpötila laskee +5 °C:een. Muutoinkin, jos on epäily, että osa valutyöstä ajoittuu kylmään säähän, kannattaa siihen varautua talvibetonointisuunnitelmilla. Kylmissä oloissa työsuoritukset voivat hidastua ja siksi tulee varata enemmän aikaa valutöihin ja rakenteiden lujuuden kehitykseen.

Talvibetonointi tulee suunnitella riittävästi etukäteen, jotta rakenteen tavoitellut ominaisuudet saavutetaan. Valun toteutuksessa on huomioitava kaikki valuun vaikuttavat tekijät (muotti, suojaus, lämmitys, betonilaatu, valutekniikka, jälkihoito), jotta haluttu tulos saavutetaan. Käyttämällä nykyaikaisia laskentamenetelmiä (BetoPlus) voidaan arvioida luotettavasti valettavan rakenteen lämmön- ja lujuudenkehitystä eri betonilaaduilla sekä suojaus- ja lämmitysvaihtoehtoilla. Vertailemalla eri vaihtoehtoja voidaan valita halutun lopputuloksen antava, työmaatekniikaltaan toimiva ja taloudellinen vaihtoehto.

Talvibetonointi tulee toteuttaa siten, että ensin tehdään ennakkosuunnittelu (lämmön- ja lujuudenkehityksen laskelmat), joka varmennetaan valetusta rakenteesta tehdyllä työnaikaisella lämpötilan seurannalla. Koska olosuhteet voivat muuttua peräkkäisissä valuissa, on hyvä mitata valujen lämpötiloja automaattisesti tallentavilla loggereilla ja tarkastaa lujuudenkehitys mitattujen lämpötilojen avulla. Mikäli haluttua lujuustasoa ei saavuteta riittävän nopeasti, valitaan nopeammin kovettuva betonilaatu tai tehostetaan lämmitystä ja suojausta.

Talvibetonointivaluissa kannattaa huomioida seuraavia tekijöitä:

1. Betonivalu ei saa jäähtyä alle 0 °C:een ennen kuin se on saavuttanut vähintään 5 MPa:n lujuustason. Jäätyessään betoniin tulee mikrohalkemia, jotka aiheuttavat rakenteen lujuuden pysyvän alenemisen sekä lyhentävät käyttöikä.
2. Ellei suunnitelmissa muuta mainita, tulee betonin saavuttaa vähintään 60 % nimellislujuudesta ennen tukirakenteiden purkua. Muottien ei-kantavat osat saadaan tarvittaessa purkaa kun betoni on saavuttanut keskimäärin 5 MPa:n puristuslujuuden. Jännitettäessä punoksia tulee betonin yleensä ensin saavuttaa vähintään 80 % nimellislujuudesta.



3. Jälkihoitoaika tulee saavuttaa ennen muotinpurkua. Tarvittava jälkihoitoaika on 60 % - 80 % nimellislujuudesta ja se riippuu rakenteen rasitusluokasta.
4. Betonilattiaa valettaessa vanhan betonilaatan päälle, tulee valualustan pintalämpötilan olla vähintään + 10°C:ta. Kylmä alusta muodostaa muuten kylmäsillan ja hidastaa betonin sitoutumista. Jos betonointitilan lämpötila on selvästi korkeampi kuin alustan, valun pinta voi olla kuivunut/nahkoittunut vaikka pohjaosa on vielä vetelä. Ontelolaatasta voidaan usein pintalattian valun aikana lämmittää alapuolelta, jolloin kylmäsiltia ei muodostu betonivaluun.
5. Jos valettavaan rakenteeseen liittyy vanhoja kylmiä rakenteita, niistä muodostuu kylmäsilloja, joissa lämpötila laskee ja lujuudenkehitys hidastuu. Erityisesti kantavat tuet (pilarit, seinämät, palkit, ei-kantavien seinien alapää) voivat aiheuttaa vaaratilanteita, jos lujuus on alempi kuin muussa rakenteessa muotteja purettaessa.
6. Ennen valua ovat muotit, raudoitus ja valualusta puhdistettava lumesta ja jäädästä. Vaikeissa olosuhteissa tulee harkita valuajankohtaa uudelleen.
7. Valettaessa viileissä olosuhteissa (+5 °C - +15 °C), kannattaa käyttää Rapid-betonilaatuja, joissa lujuudenkehitys on hyvin nopeaa ja nimellislujuus saavutetaan jo viikossa (7 vrk).
8. Kuumabetonin käyttö nopeuttaa erityisesti ensimmäisten tuntien sitoutumista ja lujuudenkehitystä. Kylmissä olosuhteissa (lämpötila < +5 °) kuumabetonin lämmönkehityksen kannalta nopea suojaus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää. Tällöin betoni saadaan kovettumaan mahdollisimman nopeasti ja haitalliset lämpötilaerot tasaantuvat rakenteessa. Kuumabetoni alentaa kuitenkin loppulujuustasoa ja pienentää ilmamäärää tuoreessa betonissa.
9. Mikäli kohdetta ei voida estää jäähtymästä alle 0 °C:een, voidaan harkita pakkasbetonin käyttöä. Pakkasbetoni ei ole pakkasenkestävää, mutta kestää tuoreessa tilassa vaurioitumatta lämpötilan laskemisen aina -15°C:een asti. Lujuus kehittyy hitaasti pakkasessa ja alkaa nousta nopeasti, kun lämpötila nousee yli 0 °C:een .
10. Kun käytetään voimakkaasti notkistettuja laatuja, on erityisesti viileissä olosuhteissa syytä varautua hitaampaan sitoutumiseen ja alkulujuuksiin. Useat notkistimet hidastavat lujuudenkehitystä ja erityisesti isoilla annosmäärillä ja voimakkailla notkistuksilla.
11. Betoni sitoutuu kylmässä hitaasti ja tämä mahdollistaa kosteuden haihtumisen pitkään valun pinnalta. Mikäli kosteuden haihtumista ei estetä esimerkiksi suojapressuilla, voimakas haihtuminen aiheuttaa plastista kutistumaa joka kasvaa kuivumiskutistuman myötä.
12. Ohuiden laattavalujen pinnat tulisi aina suojata eristelevyillä (-matoilla) nopeasti, koska iso pinta-ala jäähtyy nopeasti, ja lujuudenkehitys sekä sitoutuminen hidastuvat merkittävästi.
13. Kun työmaalla suojataan betonivalua lämpöeristeillä, tulee huolehtia, että lämpöeristeet pysyvät paikallaan. Voimakas tuuli voi heittää eristeet sivuun, jolloin betonin jäähtyminen nopeutuu tai betoni jopa jäätyy ennen jäätymislajuutta.



14. Betonivalun kypsyttä (lämmitystarvetta, suojausta) voidaan arvioida kypsyysfunktiolla kuten Sadgroven kaavaa ($t_{20} = ((T+16\text{ °C})/36\text{ °C})^2 * t$, missä t on kovettumisaika (vrk) ja T lämpötila (°C) aikavälillä t. Kirjallisuudesta löytyy kypsyyskäyrästä eri sementtilaaduille. BetoPlus-ohjelmalla voidaan laskea tarkemmin kypsyysarvot Lohja Ruduksen betoneilla.



TALVIBETONOINTISUUNNITELMA

OHJE: Täytetään vain ne kohdat, jotka koskevat kohdetta, mutta käydään jokainen kohta läpi, jotta kaikki tärkeät asiat tulevat huomioitua.

Työkohte: _____
pvm: _____

Rakennusosa: _____

Talvibetonointisuunnitelman tekijä:

Pääurakoitsija: _____, vastaava mestari:

Suunnittelija: _____, betonimestari:

Betonin toimittaja: _____,

Talvibetonointisuunnittelukokous: pvm _____, paikka

paikalla

_____, _____,

_____, _____,

1. TAVOITTEET

Kirjaa ylös rakennusosan betonoinnin ja kovettuneen betonirakenteen tavoitteet eli mihin aikatauluun ja toteutustapaan halutaan pyrkiä. Tavoitteet on tarkistettava betonilaadun valinnan ja toteutustavan tarkastelun jälkeen.

Muottienpurkulujuus: _____, muottikiertotavoite:

Jäätymisljuus (> 5 MPa) saavutettava: _____ vrk (lämpötila pidettävä > +0 °C)

Varhaislujuudet

1 vrk: _____ MPa, 2 vrk _____ MPa, 7 vrk _____ MPa, 14 vrk _____ MPa

Nimellislujuus saavutettava: _____ vrk, lujuus 28 vrk _____ MPa



2. RAKENNE

Kirjataan rakenteen mitat ja liittyvät rakenteet. Näitä tietoja tarvitaan laskettaessa lämmön- ja lujoudenkehitystä sekä arvioitaessa kylmäsiltoja.

Valettavan rakenteen mitat: pituus _____ mm, leveys _____ mm, korkeus _____ mm

Liittyvät rakenteet:

Rakennekuva on liitteenä: _____

3. MUOTIT

Muottien valinnassa on huomioitava valukokonaisuus. Mikäli on kylmä sää, kannattaa valita muottijärjestelmä (materiaali), joka on eristävä (pieni lämmönsiirtokerroin) tai jota voidaan lämmittää sähköisesti. Muussa tapauksessa muottia joudutaan lisä eristämään tai käyttämään lisälämmittimiä.

Valitaan muottimateriaali tai muottisysteemi siten, että riittävä lämmöneristävyys saavutetaan:

Muotti 1: _____, muotti 2:

Muotti 3: _____, muotti 4:

Muottien (ja eristeen) riittävä suojauskyky on tarkistettu valettavalle rakenteelle:

Muotien tuenta on tehty siten että maaperän sulaminen ja kuormitus ei aiheuta painumisia:

Mietitään tarvitaanko lisätuenta tai varatukia valun suojauksen varalta:

Muotit, rauditus ja valualusta puhdistetaan lumesta, jäädästä ja roskista (vesihöyryllä):

Kuka vastaa muottien tarkastuksista ja toimivuudesta ennen valua:



4.1 OLOSUHTEET

Kirjaa ylös valupaikan olosuhteet (lämpötilat ajan suhteen, tuuli). Kannattaa miettiä voidaanko olosuhteisiin vaikuttaa. Tavoite tulisi aina olla, että tuoreelle betonille järjestetään hyvät kovettumisolosuhteet.

Valuolosuhteen lämpötila (ulkolämpötila): _____ °C, tuuli (maksimi): _____ m/s

Lämpötila ajan suhteen (muuttuva lämpötila päivän ja yön välillä):

max päivä _____ °C, min päivä _____ °C, keskiarvolämpötila _____ °C

Kuka vastaa mittauksista ja mittalaitteista:

Muu olosuhde vaikutus:

4.2 SUOJAUS

Kirjaa ylös kohteessa käytettävä suojausmenetelmät. Tavoitteena tulisi olla, että betonipinnat suojattaisiin jäätymistä vastaan siten, että nopea lujoudenkehitys mahdollistuu. Vähintään jäätymislujuus (5 MPa) tulee saavuttaa, ennen betonin lämpötilan laskemista alle 0 °C. Mikäli halutaan saavuttaa nopeasti muotin purkulujuus/jännityslujuus, kannattaa suojausta jatkaa, kunnes lujuustaso on varmistettu.

Valupinnan päälle levitettävä eristematto (vahvuus, tyyppi):

Tyyppi _____,
_____ mm

Suojauksen aloitus/lopetus:

Muottien sivut suojataan eristeellä: tyyppi _____,
_____ mm

Suojauksen aloitus/lopetus:

Liittyvät rakenteet suojataan eristeellä: tyyppi _____,
_____ mm

Muu suojaustoimenpide:

Kuka vastaa suojauksen toteutuksesta ja toimivuudesta:



4.3 LÄMMITYS

Kirjaa ylös kohteessa käytettävät lämmitysmenetelmät (muotin, betonimassan tai liittyvän "vanhan" rakenteen lämmitys). Mikäli rakenteessa on kylmäsiltoja, voidaan niitäkin lämmittää, jotta ne eivät johda betonimassan lämpöä pois.

Lasketaan rakenteessa tarvittavaa lämmitystehoa (lämmitysenergiaa) ja valitaan kalusto. Laskentaa voidaan tehdä kypsyysfunktioilla tai BetoPlussalla:

Rakenteessa käytetään lankalämmitystä: kyllä __ , ei __ : teho/tiheys

Rakenteessa käytetään säteilylämmitystä: kyllä __ , ei __ : teho/sijoitus

Rakenteessa käytetään sähkölämmitteisiä suur- ja pöytämuotteja: kyllä _____ , ei _____
teho/sijoitus

Muu lämmitysmenetelmä:

Kuka vastaa lämmityksen toimivuudesta ja oikeasta ajoituksesta:

5. BETONILAADUN VALINTA

Kirjataan ylös betonilaadun valinta. Betonilaadun valinnassa tulee ottaa huomioon kohteessa kirjatut rakenneominaisuudet, tavoitteet toteutukselle, olosuhteet, suojaus ja lämmitys sekä valittava ne betonilaadut, joilla kohde voidaan toteuttaa. Mikäli tavoitteita on vaikea saavuttaa kohtuullisesti millään betonilaadulla, tulee miettiä voidaanko valutilanteen olosuhteisiin (lämpötilat, suojaus, lämmitys) vaikuttaa. Myös betonilaatua voidaan tarvittaessa modifioida valutilanteeseen sopivaksi, mikäli betonin valmistaja tämän tekee. Kannattaa miettiä ja arvioida onko järkevämpää saavuttaa haluttu lujuustaso (muotinpurku/jännityslujuus) nopeammalla betonilaadulla, tehokkaammalla suojauksella vai tehokkaammalla lämmityksellä. Sementtilaaduilla voidaan myös vaikuttaa lujuudenkehitykseen. Käyttämällä esimerkiksi lujuudenkehityksen arviointiohjelmaa (BetoPlus), voidaan valita taloudellisin vaihtoehto. Valinta tulee olla sellainen, joka voidaan toteuttaa luotettavasti.

Valittava betonilaatu: _____

Rakenteen käyttöikä: _____ vuotta, Rasitusluokat:

Lujuudenkehityksen arviointi: BetoPlus, kypsyysfunktiot tai kypsyyskäyrät:

Muotinpurkulujuus (60%): _____ vrk, muotinpurkulujuus (_____ %):
_____ vrk

Punosten jännityslujuus (80%): _____ vrk, jännityslujuus (_____ %):
_____ vrk



LUJUUSTIEDOT (ennuste)

Jäätymislujuus (> 5 MPa) saavutetaan: _____ (lämpötila pidettävä > +0 °C)

Varhaislujuudet

1 vrk: _____ MPa, 2 vrk _____ MPa, 7 vrk _____ MPa, 14 vrk _____ MPa

Nimellislujuus saavutetaan: _____ vrk, lujuus 28 vrk _____

LÄMPÖTILATIEDOT (ennuste)

Maksimilämpötila valun jälkeen: _____ °C, minimi lämpötila _____ °C

Rakenteen lämmönkehityksen seuranta: Lämpötilat loggerilla _____, lämpömittarilla _____

Rakenteen lujuudenkehityksen seurannan toteutus: BetoPlus _____, kypsyyskäyrät _____

Tarkistetaan muottikierron toimivuus muottivalinnan, lämmityssysteemin, suojauksen ja betonilaadun valinnoista (esim. BetoPlus): _____

Betoninvalmistajan kanssa on yhdessä varmistettu laadun toimivuus ja sopivuus kohteeseen: _____

Kuka vastaa valettujen rakenteiden lämpötilojen mittauksesta: _____

Kuka vastaa, että saatu lujuustaso täyttyy ennen muotinpurkua: _____

OHJE

- Vähän suojausta ja kylmää: sopivia betonilaatuja Rapid-betonit ja NP-Betonit, kuumabetoni
- Hyvä suojaus ja lämmitys: sopivia betonilaatuja normaalit rakennebetonit, NP-betonit, IB-betonit
- Myös korkeampaa lujuusluokkaa voidaan käyttää nopeuttamaan lujuudenkehitystä

Talvibetonointisuunnitelman tekijä

Nimi: _____

Päiväys: _____

Liitteet

Rakenne kuva: Kyllä _____, Ei _____

BetoPluskäyrä(t): Kyllä _____, Ei _____

Muut liitteet: Kyllä _____, Ei _____



6. ONTELOLAATTOJEN SAUMAT

TAVOITTEET

Nopea lujuudenkehitys →
betonimassan lämpötila valettuna > +10 °C (normaali- ja rapid saumabetoni)
Hidas lujuudenkehitys →
betonimassan lämpötila valettuna +0 ... +10 °C (normaali- ja rapid saumabetoni)
Hyvin hidas lujuudenkehitys →
betonimassan lämpötila voi laskea alle 0 °C:een lämpötilan (pakkasbetoni)

Muotinpurkulujuus/jälkihoitoaika 60 nimellislujuudesta saavutettava : _____
vrk

OLOSUHDE

Ulkolämpötila (valuolosuhde): _____ °C, tuuli (maksimi): _____
m/s
Lämpötila ajan suhteen (muuttuva lämpötila päivän ja yön välillä):
vrk max _____ °C, vrk min _____ °C, keskiarvolämpötila
_____ °C

RAKENNE

Ontelosauman: leveys _____ mm, paksuus _____ mm
Ontelolaattojen lämpötila: _____ °C
Ontelosten alapuolisen tilan lämpötila: _____ °C

SUOJAUS

Sauma suojataan eristelevyllä valun jälkeen ____ (kyllä/ei)
Suojauksesta vastaa:

LÄMMITYS

Saunaa lämmitetään alapuolelta: _____
(lämmitystapa)
Lämmitystä pidetään yllä/jatketaan: _____
_____ vrk
Lämmityksestä vastaa:

BETONILAATU:

Saumabetoni K30 #8 S4 _____, rapidsaumabetoni K30 #8 S4 _____, pakkasbetoni K30 #8 S4

Käytetään kuumabetonia: _____ (K3/4)

Lämmönkehitysarvio tehty: _____ (BetoPlus tai
kypsyyskäyrät)
Lujuudenkehitysarvio tehty: _____ (BetoPlus tai
kypsyyskäyrät)

Lämpötilojen toteutumista mitataan loggerilla/lämpömittarilla: _____
(kyllä/ei)



Mittauksesta vastaa:

Talvibetonointisuunnitelman tekijä

Liitteet (kyllä/ei)

Nimi: _____

Betoplus lämpötiläkäyrä:

Päiväys: _____

BetoPlus lujuuskäyrä:

VAIHTOEHTOLASKELMIA

Olosuhde 1.

Ulkolämpötila 1: _____ °C, Betonilaatu: _____

Muotinpurkulujuus saavutetaan: _____ vrk

BetoPlus lämmön- ja lujuudenkehityksenkäyrä

Olosuhde 2

Ulkolämpötila 2: _____ °C, Betonilaatu: _____

Muotinpurkulujuus saavutetaan: _____ vrk

BetoPlus lämmön- ja lujuudenkehityksenkäyrä

Olosuhde 3

Ulkolämpötila 3: _____ °C, Betonilaatu: _____

Muotinpurkulujuus saavutetaan: _____ vrk

BetoPlus lämmön- ja lujuudenkehityksenkäyrä

