



Betoni materiaalina

Rudus Betoniakatemia

Hannu Timonen-Nissi

25.1.2019

Betoni materiaalina

PERUSLÄHTÖKOHTA

- sementtiä
- soraa
- vettä



LAAJEMMIN AJATELTUNA

- sideainetta
- runkoainesta
- vettä
- ilmaa

Lisäksi

- seosaineita
- lisäaineita

Betoni on puolivalmiste, jonka ominaisuudet lopullisessa rakenteessa syntyvät valamisen ja kovettumisreaktion aikana

- tiivistäminen
- lämpötilojen hallinta
- kosteuden säilyttäminen

Kovettuneen betonin ominaisuudet

- puristuslujuus
- säilyvyys (rasitusluokka)
- suunniteltu käyttöikä
- taivutus-/vetolujuus
- kulutuskestävyys
- pakkasenkestävyys
- lämmönkestävyys
- kemiallinen kestävyys
- tiiveys
- tiheys
- väri
- pinnan laatu
- kutistuman suuruus
- kuivumisnopeus



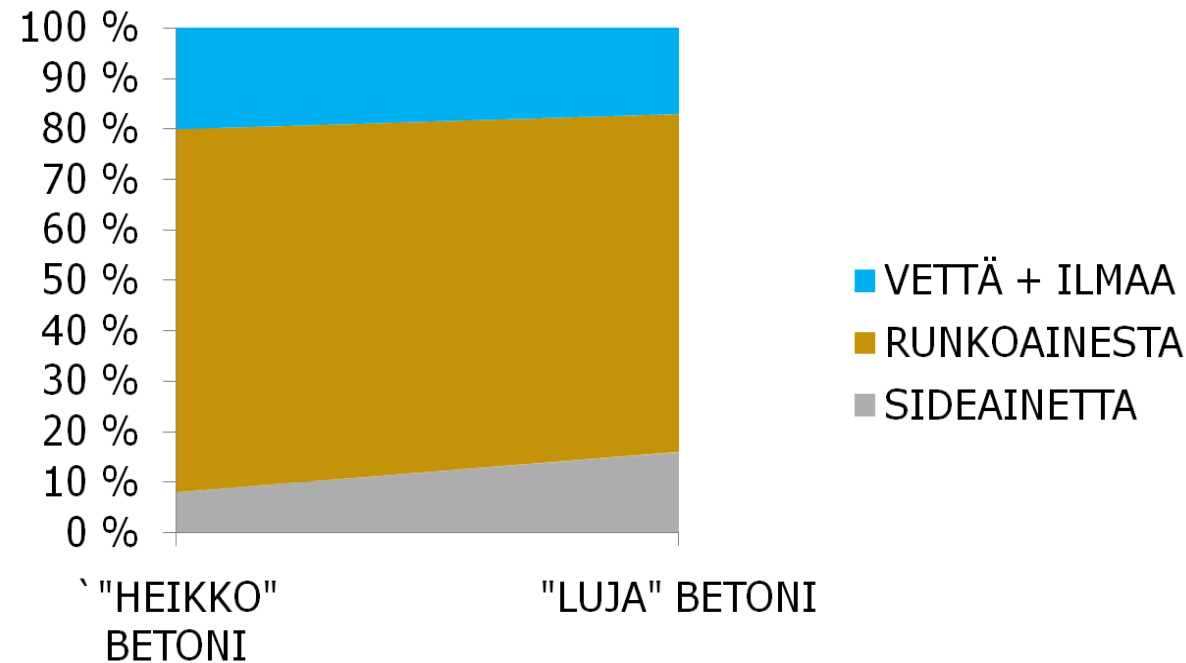
Tuoreen betonimassan ominaisuudet

- notkeus
- maksimiraekoko
- lämpötila
- työstettävyys
- koossapysyvyys
- tiivistyvyys
- pumpattavuus
- työstöaika

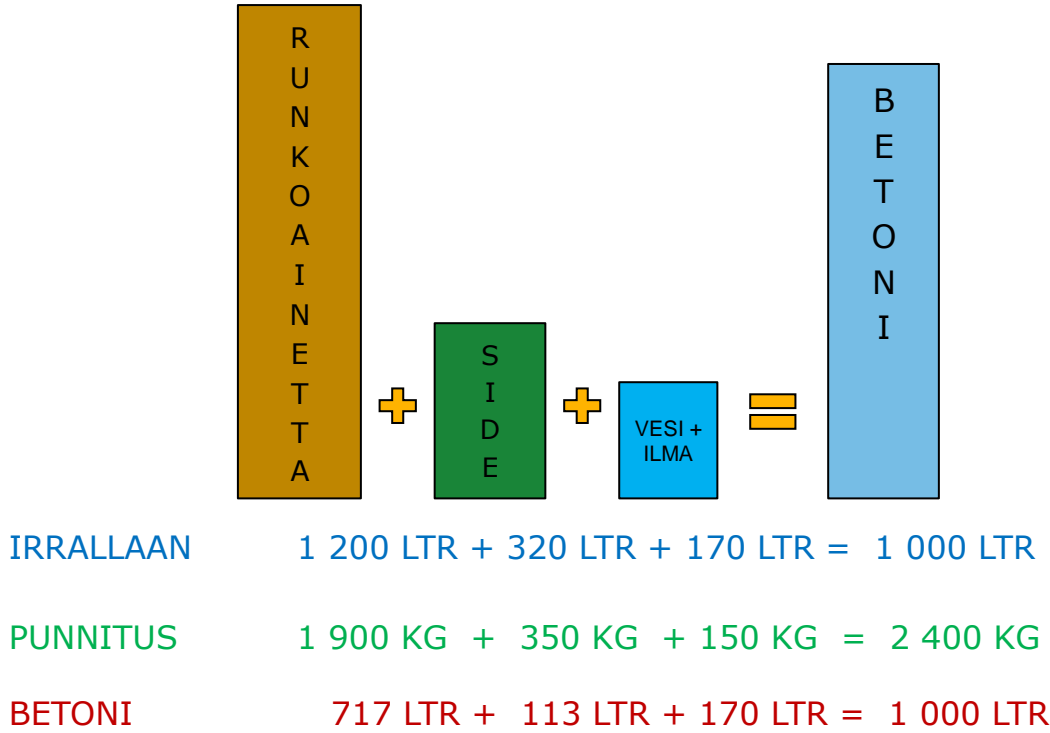
Kovettumisen aikaiset ominaisuudet

- sitoutumisen ajankohta (pinnan hierto, nousunopeus)
- lujuudenkehityksen nopeus (muotin purkulujuus, tarvittava tuenta-aika, jäätymislujuus)
- lämmönkehitys (jäähdytystarve, suojaustarve, lujuuskato)
- kutistuman suuruus (halkeilu)
- jälkihoidon aika ja tapa

Betonin osa-aineiden suhteet



ESIMERKKI



Runkoaines

Suurin osa betonin tilavuudesta runkoainesta (60 – 85 %)

Runkoaineen ominaisuudet vaikuttavat sekä tuoreen betonimassan että kovettuneen betonin ominaisuuksiin

Vaikuttavista tekijöistä tärkeimmät ovat:

- puhtaus (humus, liete, ruoste, kiille)
- rakeisuus
- raemuoto
- tiheys

Lisäksi voidaan tarvita tietoa runkoaineen:

- kulutuksenkestävyydestä
- lujuudesta ja hauraudesta
- lämmönjohtokyvystä
- lämpölaajenemisesta, lämmönkestävyydestä
- huokoisuudesta
- vedenimusta
- säilyvyydestä



Runkoaines jatkuu...

Betonin runkoaine on yleensä joko

- luonnon muokkaamaa (moreenit, harjusora, somero)
- murskaamalla valmistettua

Rakenteen painoa voidaan pienentää kevyillä runkoaineilla

- kevytsora, pelletoitu masuunikuona

Säteilysuojatarkoituksiin raskaat runkoaineet

- rautamalmi, rautakuulat, jne...

Periaatteessa betonin runkoaineena voidaan käyttää mitä tahansa riittävän lujaa ja tiivistä, rakeista materiaalia, joka ei osallistu sementin kovettumisreaktioon eikä huononna betonin säilyvyyttä.



Kiviaineksen ominaisuudet

Lujuus

- kiviaineksen lujuus suuri betonin lujuuteen
- verrattuna (100...400 mpa)

→ sementtikivi määrää betonin lujuuden

erikoislujissa betoneissa myös kiviaineksen lujuudella merkitystä

Tiheys

- keskimäärin 2,67 kg/dm³
- vaihteluväli 2,6...3,2 kg/dm³

jos tiheyttä ei tunneta, ainesosien tilavuussuhteet eivät ole tiedossa

Kiviaineksen ominaisuudet

Puhtaus

Humus

- orgaanisia epäpuhtauksia, jotka hidastavat ja jopa estävät betonin kovettumisen
- humuskokeen tulos suuntaa antava
- tarvittaessa vertailevat betonikokeet

Liete

- lietekokeessa määritetään vain
- lietekerroksen paksuus
- koostumus kuitenkin merkitsee eniten
 - savi, kiille ja kiisut haitallisia
 - hienojakoinen kova kiviaines eduksi
- tarkistus betonikokeilla

Raemuoto ja pinnan laatu

- vaikuttavat massan muokkautuvuuteen ja kovettuneen betonin ominaisuuksiin
- pyöreämuotoiset sileät rakeet liikkuvat helpommin toistensa ohi
- rosot lisäävät liimattavaa pintaa, mutta toisaalta sementtikiven ja kiviainesrakeiden välinen tartunta on parempi
- kuutiomainen muoto paras, liuskeisuus ja puikkoisuus haitaksi

Kiviaineksen ominaisuudet

Mineraloginen koostumus

Suomalaiset kivilajit yleensä kelpollisia

Huonoja: hauraat, huokoiset, rapautuvat
kiillettä tai kiisuja sisältävät

Rakeisuus

Ilmoittaa runkoaineen erisuuruisten rakeiden
määrien painosuhteet

Valitaan tapauskohtaisesti

Valintaan vaikuttaa

- muoto
- hienoaineksen määrä
- maksimiraekoko
- betonin laatu

Suuri merkitys työstettävyyteen

Kosteus

Runkoaineen sisältämä vesimäärä prosentteina
kuivapainosta

Kosteusprosentin tunteminen tärkeää

Kulutuksenkestävyys

Lattiat, tiet, piha-alueet vesirakenteet, joihin
kohdistuu voimakas virtaus

- runkoaineen kulutuksen kestävyys
- runkoaineen rakeisuus
- sementtiliiman määrä
- vesisementtisuhde

Kiviaineksen ominaisuudet

Korkeiden lämpötilojen kestävyys

Betoni syttymätön ja palamaton aine

Yli 100 asteen lämpötiloissa alkaa tapahtua rapautumista ja halkeilua

Runkoaineessa oleva kidevesi ongelma

Kuumuutta kestävät runkoaineet

- kuonamurske
- ferrokromikuona

Erikoissementit

- aluminaattisementti
- SR-sementti + masuunikuonajauhe

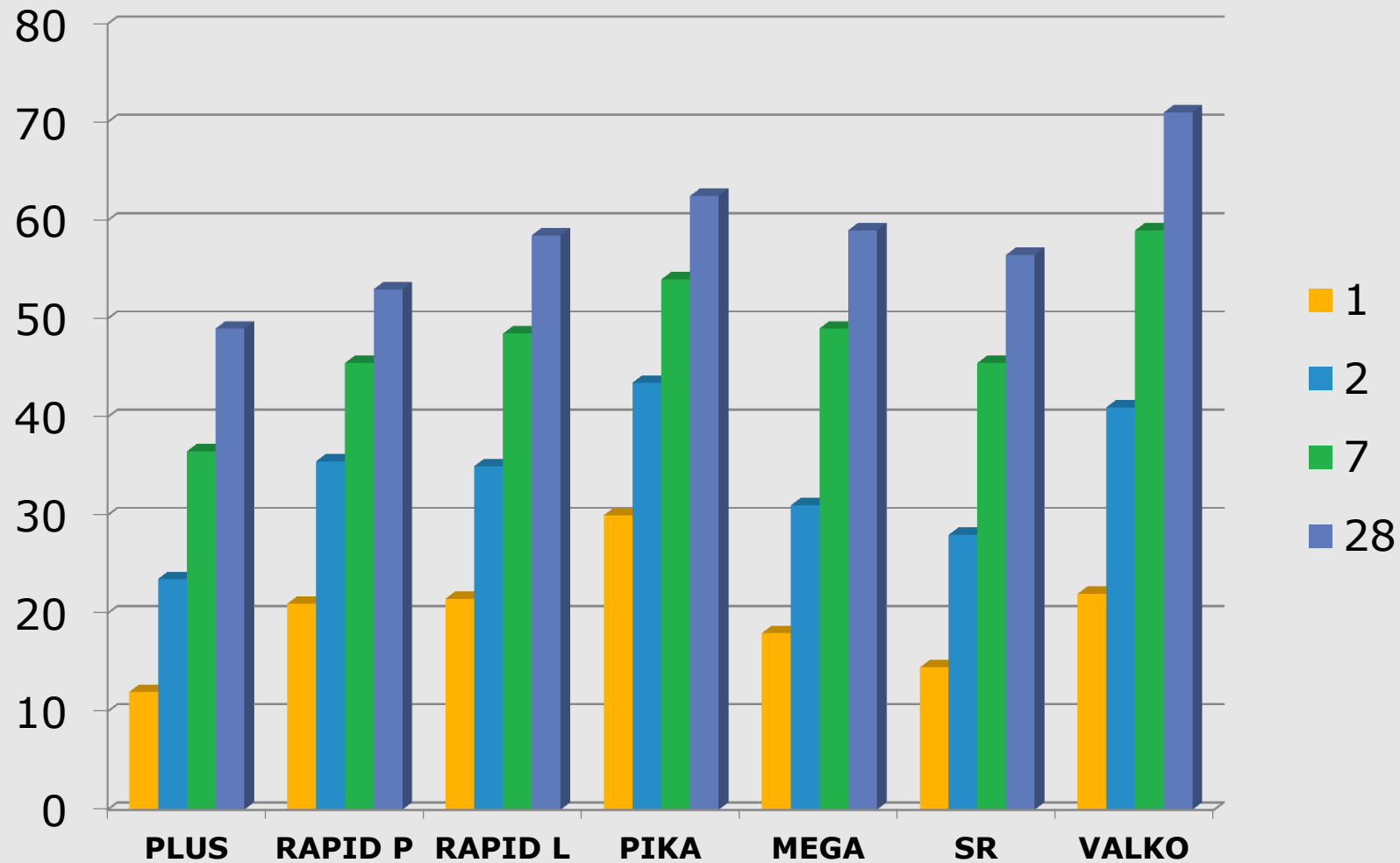
Voidaan sallia jopa yli 1000 asteen lämpötilat



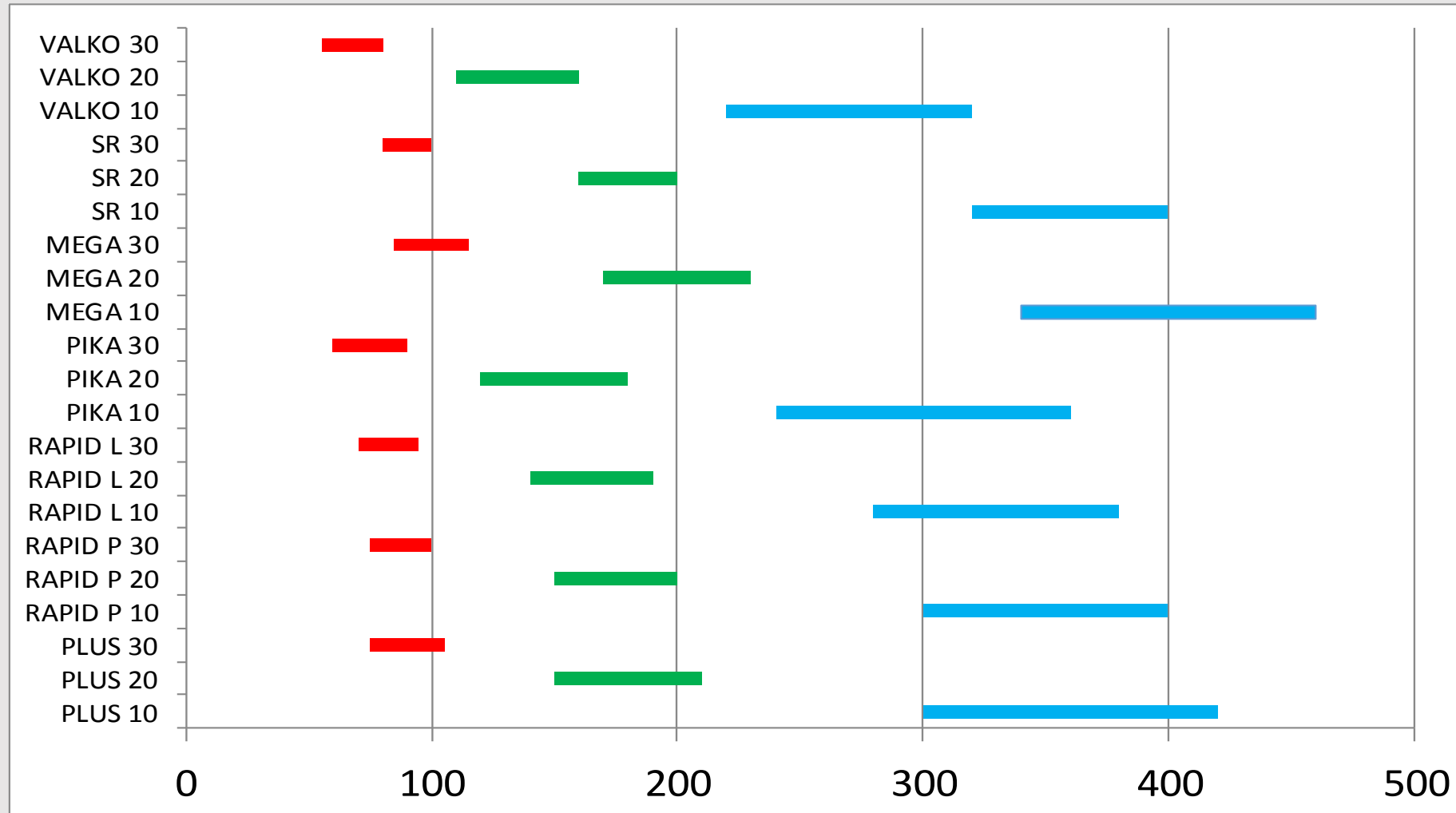
Rakennussementit

Plussementti	CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N	Normaalisti kovettuva portlandseossementti
Rapidsementti PA	CEM II/A-LL 42,5 R	Nopeasti kovettuva portlandseossementti
Rapidsementti LPR	CEM II/A-LL 52,5 N	Nopeasti kovettuva portlandseossementti
Pikaseimentti	CEM I 52,5 R	Erittäin nopeasti kovettuva portlandsementti
Megasementti	CEM I 52,5 N	Normaalisti kovettuva portlandsementti
SR-sementti	CEM I 42,5 N	Normaalisti kovettuva sulfaatinkestävä portlandsementti
Valkosementti	CEM I 52,5 R – SR5	Nopeasti kovettuva valkoinen portlandsementti

Rakennussementit, puristuslujuuden kehitys + 20 C



Rakennussementit, sitoutumisaika minuuttia



Mineraaliset seosaineet

- **lentotuhka**
- **masuunikuonajauhe**
- **silika**



Lentotuhka

Hienoksi jauhetun kivihiilen poltossa voimalaitoksissa syntyvä pozzolaani, joka erotetaan savukaasuista.

Lentotuhkaa käytettäessä on otettava huomioon sen vaikutukset betonimassan ja kovettuneen betonin ominaisuuksiin.

- lentotuhkan laadun vaihtelut
- betonin työstettävyys
- betonin lujuudenkehitys ja lämpötilan vaikutus siihen
- riittävä sementtimäärä ottaen huomioon rasitusluokat rakenteen pitkäaikaiskestävyyden varmistamiseksi
- lisäaineiden, erityisesti huokostimien käytön yhteydessä lentotuhkan hiilipitoisuuden vaikutus lisäaineen annostukseen
- jälkihoito
- betonin väri

Masuunikuonajauhe

Hienoksi jauhettu granuloitu tai pelletoitu masuunikuona, jolla on piilevät hydrauliset ominaisuudet.

Masuunikuonajauhetta voidaan käyttää betonin sideaineena rakennussementtien kanssa.

Masuunikuonajauhetta käytettäessä on otettava huomioon sen vaikutukset betonimassan ja kovettuneen betonin ominaisuuksiin.

- betonin työstettävyys ja veden erottuminen (pumpattavuus)
- betonin lujuudenkehitys etenkin alhaisissa lämpötiloissa
- masuunikuonajauheen vaikutus betonin lisäaineiden käyttöön
- betonin jälkihoito erityisesti rakenteen säilyvyyden kannalta

Massiivivalut

Sulfaattirasitetut rakenteet

Silika

Piiraudan ja piin valmistuksessa syntyvä, savukaasuista erottuva, erittäin hienojakoinen pozzolaani.

Silikaa käytettäessä otettava huomioon sen vaikutukset betonimassa ja kovettuneen betonin ominaisuuksiin.

- silikaa käytettäessä käytettävä aina notkistavia lisäaineita
- riittävä sementtimäärä ottaen huomioon rasitusluokat rakenteen pitkäaikaiskestävyyden varmistamiseksi
- betonin lujuudenkehitys ja lämpötilan vaikutus siihen, ottaen huomioon, ettei silika huonelämpötilassa ja sitä alemmissa lämpötiloissa vaikuta betonin varhaislujuuksia nostavasti
- vaikutus lisäaineiden, erityisesti huokostimen annostukseen

Parantaa betonimassan pumpattavuutta ja koossapysyvyyttä (ruiskubetonit, it-betonit).

Parantaa betonin tiiveyttä ja loppulujuutta.

Lisäaineet

Lisäaineita käytetään pieninä annosmäärinä
(0,01 ... 3 % sementin painosta)

Lisäaineiden käytön tavoite voi olla

- tekninen
- taloudellinen

Lisäaineiden käyttö vaikuttaa

- betonin suhteitukseen
- betonimassan valmistukseen
- betonimassan käyttöön
- betonin jälkihoitoon
- kovettuneen betonin ominaisuuksiin
- betonin laadunvalvontaan

Lisäaineiden ryhmittely

Betonissa käytettävät lisäaineet voidaan ryhmitellä päävaikutuksensa ja käyttötarkoituksensa perusteella seuraaviin pääryhmiin

- notkistimet
- huokostimet
- kiihdyttimet
- hidastimet
- muut lisäaineet

Lisäaineet, jatkuu..

Notkistimet

Notkistimilla vähennetään betonista vettä/ lisätään betonin notkeutta

- jos sideainemäärää ei muuteta, vähennettäessä vettä lujuus kasvaa
- jos vettä ei vähennetä notkistimen lisäystä vastaavaa määrää, notkeus lisääntyy
- jos lujuus halutaan pitää vakiona, sideainetta on vähennettävä vedenvähennystä vastaavasti

Notkistus

Tyypillisesti noin 5...10 % vedenvähennys, kun betonimassan notkeutta ei muuteta

- betonimassan koossapysyvyys paranee
- jos sideainemäärää ei muuteta, lujuus kasvaa
- jos lujuus halutaan pitää vakiona, sideainetta on vähennettävä vedenvähennystä vastaavasti

Käyttökohteena suhteellisen tiheästi raudoitetut rakenteet ja/tai ahtaat muotit.

Lisäaineet, jatkuu..

Tehonotkistus

Tehonotkistuksella saadaan 10...30 % vedenvähennys, jolloin betonin lujuus kasvaa voimakkaasti

- betonimassan koossapysyvyys paranee
- muottipaineet pienenevät
- betonin kutistumat pienenevät

Käyttökohteena esimerkiksi teollisuuslattiat, jolloin imubetonikäsittelyä ei tarvita.

Nesteyttimet

Betoni tehdään kuvaannollisesti nestemäiseksi

- notkistin käytetään betonimassan notkeuden lisäämiseen eikä veden vähentämiseen
- betonimassan erottumisriski kasvaa
- muottipaineet kasvavat

Käyttökohteena tiheästi raudoitetut rakenteet ja vaikeat valukohteet.

Voidaan käyttää myös valutyön nopeuttamiseen laattavaluissa.

Lisäaineet, jatkuu..

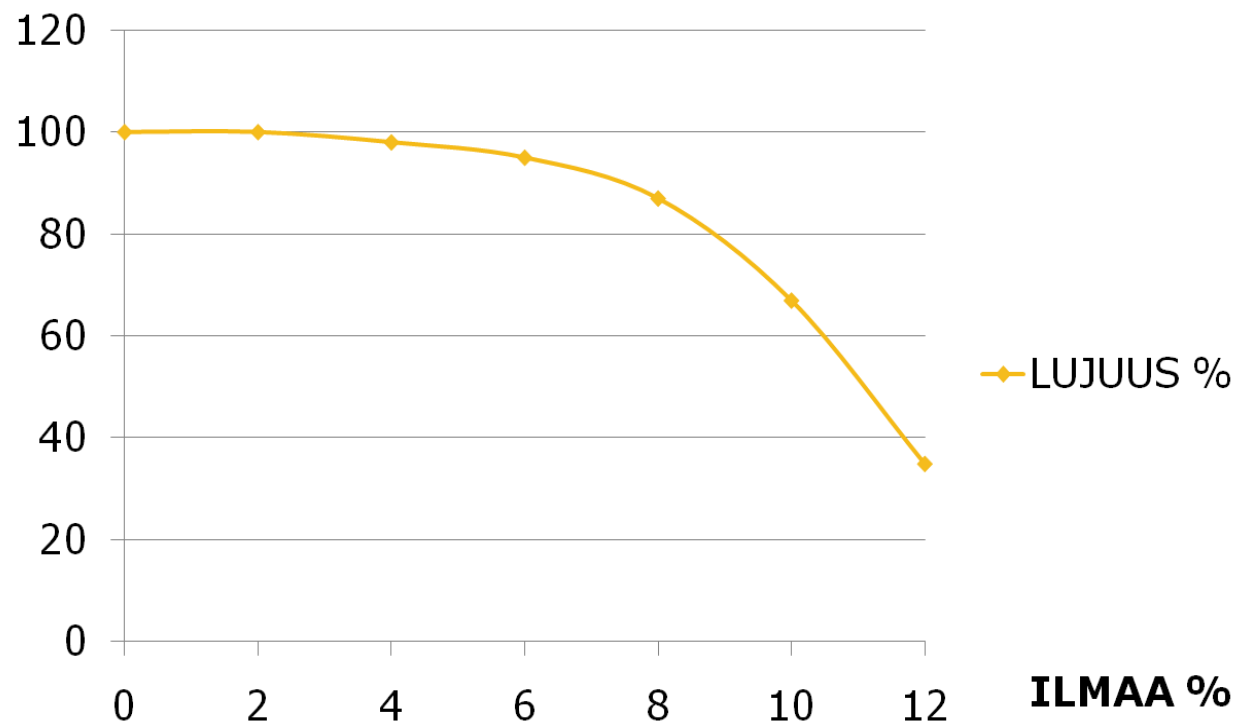
Huokostimet

Muodostavat vaahtoa betonimassaa sekoitettaessa

→ betoniin syntyy ilmaa (=suojarahkokset)

Annostus määrällisesti hyvin pieni (suuruusluokkaa 0,1% sementin painosta, 300g/betoni-m³).

Yliannostus vaarallista (lujuus putoaa).



Lisäaineet, jatkuu..

Huokostimia käytetään

- kovettuneen betonin pakkasenkestävyyden parantamiseen
- kovettuneen betonin vesitiiveyden parantamiseen
- betonin kuivumisen nopeuttamiseen
- betonimassan koossapysyvyyden parantamiseen

Kiihdyttimet

- betonin lujuudenkehitystä kiihdyttäviä aineita
- varhaislujuus kasvaa, loppulujuus alenee
- käytetään, kun tarvitaan nopeaa varhaislujuuden kehitystä
- kiihdyttimien käyttö nykyään vähäistä
- työaajan lyhentymisen huomioon otettava
- kloridipohjaisia kiihdyttäjiä ei saa käyttää raudoitetuissa rakenteissa
- ruiskubetonissa käytettävä kiihdytin aiheuttaa sitoutumisen alkamisen välittömästi

Lisäaineet, jatkuu..

Hidastimet

- sementin sitoutumista hidastavia ja betonin lujuudenkehityksen alkamista siirtäviä aineita
- varhaislujuus alenee
- loppulujuus kasvaa
- käytetään, kun betonimassalle halutaan pitkä työstettävyyss aika (2-24 tuntia) tai halutaan siirtää sitoutumisen alkua (esim. siltavaluissa aukkojen taipumien takia)



Muut lisäaineet

Paisunta-aineet

- Reagoidessaan betonimassassa aiheuttavat betonimassan paisumista
- Vaikutusaika noin 30 min
- Sekoitettava autossa työmaalla
- Käytetään lähinnä injektiovaluissa
- Jos syntyvä tilavuudenkasvu pääsee purkautumaan pois valettavasta tilasta, ei paisunta-aineen käytöstä ole hyötyä.

Uppobetonin lisäaineet

- Käytetään vedenalaisissa valuissa
- Estävät betonimassan huuhtoutumisen veteen valettaessa.
- Käytetään yleensä pienissä kohteissa (hinta!)
- Isommissa kohteissa contractor-valu

Muut lisäaineet, jatkuu..

Pakkasbetonin lisäaineet

- mahdollistavat betonin lujuudenkehityksen aina 15 pakkasasteeseen saakka
- yli 10 pakkasasteessa lujuudenkehitys hyvin hidasta
- käytetään kohteissa, joissa betonin suojaaminen tai lämmittäminen ei ole mahdollista
- tyypillinen käyttökohde saumausvaluttalviolosuhteissa

Kuidut

- joko teräs- tai muovikuituja
- käytetään betonin vetolujuuden parantamiseen tai perinteisen raudoituksen korvaamiseen
- tyypillisiä kohteita ruiskubetonit ja lattiabetonit
- käyttö lisääntyy koko ajan
- tulevaisuudessa myös kantaviin rakenteisiin

Muut lisäaineet, jatkuu..

Muita lisäaineita

- tiivistysaineet
- jälkihoitoaineet
- pintahidastimet
- tartuntaa parantavat aineet
- pigmentit
- jne...

Lisäaineet

Lisäaineiden käytössä huomioitava, että perusbetonin suhteitus on kunnossa !

Lisäaineilla voidaan tehdä *hyvästä* betonista parempaa, mutta *huono* perusbetoni muuttuu lisäaineiden käytöllä vielä huonommaksi!

Hannu Timonen-Nissi

hannu.timonen-nissi@rudus.fi

www.rudus.fi



Rudus BETONIAKATEMIA

Rudus
A CRH COMPANY