

SEMIENTTI 1.19



Käsittely
vaikuttaa betonin
lujuuteen **22**

Lisäaineet
edistävät
modernia betoni-
rakentamista **28**

HELSINGIN KESKUSTAKIRJASTO OODI

Betonin ja teräksen liitto

16

Betoni-
asiantuntija
Elina Paukku:
Kiire pilaa
betoniraken-
tamisen

10

Hiilikäden-
jälki
jalanjäljen
rinnalle

13

Johto
jalkautuu
keskustelemaan
työturvalli-
suudesta

24



16
rakenteellista
palkkia.

12 rakennusvuotta.

Palkkien
läpimitta on **70** metriä.

KOREA KUIN KORU

Brasilian kaupungin katedraali herättää väkisinkin ohikulkijan huomion. Omalaatuisen rakennuksen on suunnitellut futuristisista ja sulavista linjoistaan tunnettu **Oscar Niemeyer** (1907–2012). Peräti 12 vuotta työn alla ollut katedraali avattiin yleisölle toukokuussa 1970.

Rakennus vaikuttaa uhmaavan suunnittelijalleen tyypillisesti kaikkia sääntöjä. Se on muodoltaan pyöreä, mutta siinä on kartionmuotoinen katto. Kaaret yhdistyvät keskipisteessä ja kohoavat korkeuksiin yhtenä ryppäänä.

Oscar Niemeyer sai rakennuksesta arvostetun Pritzker-palkinnon vuonna 1988. Hänen käsialaansa ovat myös muun muassa YK:n päärakennus New Yorkissa ja Niteróin nykytaiteen museo Rio De Janeirossa. **S**



Sisätilaan tulvi valoa, joka virtaa sisään valtavista kolmionmuotoisista lasimaalatuista lasikuituikkunoista. Sinisen, vihreän ja ruskean värimaailma saa mielen rauhoittumaan. Katossa leijuvat valtavat pronssista tehdyt evankelistaaja esittävät **Alfredo Ceschiattin** veistämät kolmimetriset patsaat.

SISÄLTÖ 1.19



2

TUULAHDUKSIA MAAILMALTA

Brasilian upea katedraali.



16 CASE: HELSINGIN KESKUSTAKIRJASTO OODI

Arkkitehti SAFA **Niklas Mahlberg** (edessä) ja vastaava työnjohtaja **Tero Seppänen** kertovat Oodin ainutlaatuisista ratkaisuista.



10

HENKILÖ: ELINA PAUKKU

Betonivalut ja jälkihoito vaativat aikaa.

13

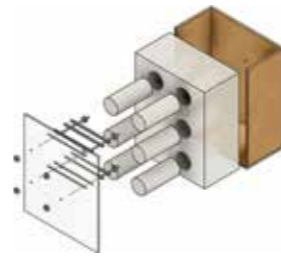
HIILIKÄDENJÄLKI

Hiilikädenjälki kertoo toimista päästöjen vähentämiseksi.

22

BETONIN LUJUUS

Mitkä tekijät vaikuttavat kovettuuneen betonin lujuuteen?



26

TUTKITTUA

Notkeat betonimassatkin vaativat huolellisen tiivistämisen.

28

LISÄAINEET

Betonin käytön monipuolistuessa myös reseptit monipuolistuvat.

30

LISÄAINEET: SAITTI-PARMIX

Kalliokiviainesten käyttöä on mahdollista lisätä Saitti-Parmixilla.



PÄÄKIRJOITUS 5

MURUSET 6
Palkittuja kohteita.

VALUTALKOOT 9

KOLUMNI 31
Esa Heikkilä



KANSI

Jari Härkönen kuvasi Niklas Mahlbergin (Arkkitehtitoimisto ALA) ja Tero Seppäsen (YIT) Oodissa.

FINNSEMENTTI

A CRH COMPANY

Finnsementti Oy:n asiakaslehti 1/2019 vuosikerta 31

ISSN 1235-7065 (painettu)

ISSN 2342-2092 (verkkojulkaisu)

JULKAISIJA
Finnsementti Oy
PL 115

Lars Sonckin kaari 16
02601 Espoo
puh. 0201 206 200

PÄÄTOIMITTAJA
Reijo Kostiainen

TUOTTAJA
Legendium Oy
Marjo Tiirikka

marjo.tiirikka@legendium.fi

ULKOASU JA TAITTO
Legendium Oy
Laura Ylikahri

PAINOPAIKKA
Libris Oy

**OSOITTEENMUUTOKSET
JA PALAUTEET:**
info@finnsementti.fi

> finnsementti.fi



Hiilikädenjälki kertoo hyvistä teoista ilmaston eteen



Me suomalaiset olemme innokkaita seuraamaan säätä. Se varmaan johtuu ainakin osittain siitä, että Suomessa on neljä vuodenaikaa, josta johtuen säät vaihtelevat paljon. Paljon on myös puhuttu ilmaston lämpenemisestä ja ilmastonmuutoksesta. Ainakin äärisäätilmiöt ovat lisääntyneet Suomessakin.

Maapallon 20 lämpimintä vuotta on koettu viimeisten 22 vuoden aikana, joten näyttäisi aika selkeästi siltä, että ilmasto on todella lämmennyt.

Kasvuhuonekaasujen määrä ilmakehässä on myös ennätystasolla. Nämä ovat taustatekijöitä, minkä takia EU:n päästökaupassa on alkamassa uusi kausi vuonna 2021. Uudessa päästökaupassa ilmaiset päästöoikeudet vähenevät ja päästöoikeuksien hinta on ollut voimakkaasti nousussa. Nämä tekijät tulevat vaikuttamaan Euroopan sementiteollisuuteen, ja niillä on myös siten vaikutus betoniteollisuuteen.

Finnsementti on määrätietoisesti pyrkinyt vähentämään omia CO₂-päästöjään

viimeiset pari vuosikymmentä. Keinoina ovat olleet kalkkikiven korvaaminen vaihtoehtoisilla materiaaleilla, fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kierrätyspolttoaineilla, sementtien seostaminen ja energiatehokkuuden parantaminen. Tulokset ovat olleet todella merkittäviä, mutta työmme on kesken ja tavoitteenamme on edelleen jatkaa työtä hiilidioksidien vähentämiseksi. Näitä

toimenpiteitä, joilla tuetaan ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi, kutsutaan hiilikädenjäljeksi. Uskon, että olemme tulleet siihen tilanteeseen CO₂-päästöjen osalta, että niiden vähentäminen ja minimoiminen ohjaa entistä enemmän

arjessa tapahtuvia liiketoimintapäätöksiä koko rakentamisen ketjussa.

Lehdessämme on mielenkiintoinen artikkeli hiilikädenjäljestä ja monia muita kiinnostavia juttuja.

Antoisia lukuhetkiä ja hyvää kevään jatkoa!

PÄÄTOIMITTAJA
REIJO KOSTIAINEN

Vuoden 2018 Betonirakenne on Amos Rex



Amos Rexin maanalaiset sisätilat nähdään ulkopuolella orgaanisina kumpareina, kumpuina ja kattoikkunoina, jotka luovat avoimen oleskelutilan kaupunkilaisille.

Helsingin keskustassa sijaitseva Amos Rex palkittiin vuoden 2018 betonirakenteena taitavasta arkkitehti- ja rakennesuunnittelusta sekä laadukkaasta rakennuttamisesta ja toteutuksesta.

Amos Rex koostuu uusista maanalaisista näyttelytiloista, vanhaan loistoonsa entisöidystä Lasipalatsista elokuvateattereineen sekä näyttelytilojen kattona kumpuilevasta Lasipalatsin tapahtuma-aukiosta.

JKMM Arkkitehdit Oy:n suunnittelemassa Amos Rexissä on monipuolisella betonin käytöllä aikaansaatu ympäristöystävällistä, kestävä ja laadukasta rakentamista. Hankkeessa on hyödynnetty jo

olemassa olevaa rakennuskantaa, ja se on oiva esimerkki rakennusten käyttötarkoituksen muutoksesta ja kierrätettävyydestä. Myös uudisrakentamisen rakenne- ja materiaalien kestävyys on kiinnitetty erityistä huomiota.

Amos Rex on yksityinen taide museo, jonka toimintaa rahoittaa Konstamsfundet.

Vuoden Betonirakenne -kilpailu on järjestetty vuodesta 1970 lähtien ja siihen osallistui tänä vuonna 11 ehdotusta. Kilpailun tarkoituksena on tehdä tunnetuksi ja edistää suomalaista betoniarkkitehtuuria, -tekniikkaa ja -rakentamista.

Kilpailun järjestää Betoniteollisuus ry. **S**



Talon kaikissa rakenteissa ja useissa sisätilojen pinnoissa, kuten pääsisäänkäynnin portaissa ja lattioissa betonia on käytetty kokonaisvaltaisesti.

Luvut



40 %

Kierrätyspolttoaineiden osuus Finnsementin valmistusprosessin kokonaisenergian tarpeesta.

Lähde: Finnsementti Oy

10 %

Sementin keskimääräinen hiilidioksidipäästöjen vähennys investointien ja valmistusprosessien hiomisen ansiosta reilussa kymmenessä vuodessa.

Lähde: Finnsementti Oy

8,9 %

Rakennusyriytysten liikevaihto kasvoi syysmarraskuussa 8,9 prosenttia vuodentakaisesta. Vastaavalla ajanjaksolla vuotta aiemmin kasvua oli 6,7 prosenttia. Rakentamisen myynnin määrä kasvoi syysmarraskuussa 3,1 prosenttia.

Lähde: Tilastokeskus

Vuolteentori Tampereella yhdistää nykyaikaisella tavalla alueen teollisen historian ja uuden toiminnan.



Vuolteentori Vuoden Ympäristörakenne 2018

Tampereen ydinkeskustan koskimaisemassa sijaitseva Vuolteentori on palkittu Vuoden 2018 Ympäristörakenteena. Teollisen ja uuden Tampereen solmukohtassa sijaitseva tori yhdistää nykyaikaisella tavalla alueen teollisen historian ja uuden toiminnan.

Torilla on otettu onnistuneesti huomioon oleskelun, jalankulun ja terrassien tarpeet sekä ainutlaatuinen sijainti koskimaisemassa.

Kilpailun järjestävät Rakennustuoteteollisuus RTT ja Puutarhaliitto. **S**



Vahvistuksia tiimiin



Uusiin asemiin Joonas Nummela pitää Furuvikin liikenteessä

Tammikuun alussa Finnsementin logistiikkakoordinaattorina aloittaneen **Joonas Nummelan** tehtäviin kuuluu Furuvik-laivan ajo-ohjelman suunnittelu. Furuvik vie sementtiä Paraisilta Pietarsaareen, Ouluun, Maarianhaminaan ja Kantvikkiin.

– Seuraan sementtiterminaalien tilannetta ja suunnittelen, kuinka laiva kannattaa lastata ja viedä irtosementtiä terminaaleihin. Sieltä kuljetusliikkeet huolehtivat sementin eteenpäin. Pyrin löytämään optimaalisen reitin ja ajan- kohdan, jotta laivan koko kapasiteetti tulisi hyödynnettyä. Sementti ei saa koskaan loppua terminaaleista, Nummela kuvailee tehtäväänsä.

Nummela toimii kuljetusliikkeiden irtosementtikuljetusten yhteyshenkilönä. Sisäiset asiakkaansa eli myynnin väen hän pitää tyytyväisenä toteuttamalla sujuvaa logistiikkaa.

Paraisten pääkonttorilla työskentelevä Nummela vastaa myös sähköisestä tilaus- ja toimitusjärjestelmästä SemNetistä ja sen kehittämisestä. SemNetin kautta voi tilata irtosementin, lisäaineet, rouheet ja säkkisementin sähköisesti.

Pyrin löytämään optimaalisen reitin ja ajan- kohdan, jotta laivan koko kapasiteetti tulisi hyödynnettyä.

Nummela valmistui vuonna 2015 Turun ammattikorkeakoulusta liiketoiminnan logistiikan koulutusohjelmasta tradenomiksi. Edellisessä työpaikassaan maahantuontiyrityksen Ramator Oy:n logistiikkakoordinaattorina hän vastasi kokonaisvaltaisesti logistiikan toiminnoista ja niiden kehittämisestä.

Kaarinassa avopuolison ja kahden kissansa kanssa asuvan Joonas Nummelan vapaa-aika vierähtää liikunnan parissa. Hän käy kuntosalilla, pelaa tennistä, jääkiekkoa ja frisbeegolfia sekä rullaluistelee.

– Kun pidän lepoa liikunnasta, tykkään pitää aivot vireänä ratkomalla erilaisia aivopähkinöitä – lähes kaikkea muuta paitsi ristisanatehtäviä, Nummela paljastaa. **S**



Oodi tarjosi hienot puitteet Valutalkoille

Reilut 100 Finnsementin asiakasta ja sidosryhmän edustajaa kokoontuivat helmikuussa Helsingin keskustakirjasto Oodiin perinteisiin Valutalkoisiin.

Finnsementin toimitusjohtaja **Miikka Riionheimo** kertoi videotervehdyksessään Finnsementin toiminnassa ympäristöasioiden korostuvan entisestään. Paraisten uudella hiukkassuodattimella saadaan hiukkaspäästöjä selkeästi vähennettyä, ja sen lopullinen implementointi on ensi vuonna.

Molempien sementtiunien polttimet vaihdetaan uusiin. Lisäksi yrityksessä kartoitetaan edelleen vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöä päästöjen vähentämiseksi.

Asiakastukipäällikkö **Sini Ruokonen** kertoi Finnsementin suunnittelutoimistoille järjestämästä koulutuksesta. Sitä tarvitaan, sillä suunnittelijat eivät välttämättä tunne side- ja betoniasioita kovin laajasti ja uusia tuotteitakin tulee markkinoille jatkuvasti.

Koulutuksissa käsitellään esimerkiksi sementtejä ja seosaineita, betonin pakkasen- ja kemiallista kestävyyttä sekä betonin valintaa erilaisiin rakenteisiin.

– Toivoisin, että suunnittelijat ajattelisivat enemmän rakenteiden toteutusta ja eri tuotteiden yhteensopivuutta. Olisi hyödyllistä käydä tutustumassa myös työmaihin, jotta haasteet konkretisoituisivat paremmin, Ruokonen sanoi.



AJANKOHTAISIA AIHEITA ESILLÄ

Valutalkoissa alan asiantuntijat kertoivat ajankohtaisista aiheista ja teemoista. Esimerkiksi tutkija **Anna Kronlöf** valotti, mitä betonille tapahtuu matkalla tehtaasta työmaalle (lue lisää s. 22). Finnsementin asiantuntijoista ympäristöpäällikkö **Ulla Levelahti** pureutui hiilidioksidipäästöihin (lue lisää s. 13), liiketoimintapäällikkö **Mikko Marjalaakso** lisäaineisiin (lue lisää s. 28), ja YIT:n **Tero Seppänen** kertoi laajemmin Oodin tarinan (lue lisää s. 16–21). **S**

Betoni on haasteellinen materiaali ja sen vuoksi määrätty asiat, kuten valut ja niiden jälkihoito, vaativat aikaa.

ELINA PAUKKU

Betonirakentamisen prosessiin kuuluu paljon muuttuvia tekijöitä. Siksi suunnittelijoiden pitäisi betoniteknologia-asiantuntija Elina Paukun mielestä käydä tutustumassa työmaihin.

KIIRE PILAA BETONIRAKENTAMISEN

Betonirakentamisen materiaalitekniset edellytykset ovat parantuneet, ja insinöörit pystyvät laskemaan jo melkein millaisia rakenteita tahansa.

Hyvistä materiaaleista ja suunnitelmista ei ole kuitenkaan hyötyä, jos työmaalla ei ole aikaa laadukkaalle toteutukselle.

TEKSTI PIRJO KUPILA KUVAT TERO IKÄHEIMONEN

Rakennustyömaiden ylikireiden aikataulujen takia rakentamisen laatu on monessa kohdassa heikompa kuin se voisi olla, sanoo betoniteknologia-asiantuntija **Elina Pauku** Sweco Rakennetekniikka Oy:stä.

Hän toivoisi rakennuttajienkin ymmärtävän sen, että betonirakentaminen vaatii enemmän aikaa kuin sitä on nykyään

työmailla käytettävissä, jotta betonirakenteesta saataisiin irti kaikki se hyvä, mikä siinä on.

– Betoni on haasteellinen materiaali ja sen vuoksi määrätty asiat, kuten valut ja niiden jälkihoito, vaativat aikaa, Pauku sanoo.

Erityisen huolissaan hän on ilmiöstä, jossa rakentamisen kustannuksia pyritään karsimaan laskemalla betonirakenteen käyttöikä. Paukun mielestä toinen betonirakentamisen heikko lenkki onkin työmailla tapahtuva laadunvalvonta. Laatuvaatimukset ovat perinteisesti olleet heikompia talonrakennuspuolella kuin infrarakentamisessa.

Yleisesti ottaen tietämys ja ymmärrys betonimateriaalista ovat Paukun mukaan lisääntyneet niin, että materiaalitekniikan näkökulmasta betonirakenteista saadaan entistä parempia.

– Tämän päivän betonirakenteiden käyttöikä tulee olemaan betonin säilyvyyttä ajatellen huomattavasti pidempi kuin aiempien vuosikymmenten rakennuksissa.

Betonista materiaalina ja sen vaurio-mekanismeista saadaan koko ajan

syvällisempää tietoa. Iso parannus betonirakentamiseen saatiin viimeksi vuosituhannen alussa, kun betoninormeihin tulivat rasisitusluokat ja betonin toimittajat joutuivat miettimään massakoostumuksia entistä tarkemmin.

Paukun mukaan tietoa on myös hyvin siitä, miten esimerkiksi kuljetus vaikuttaa betonimassaan tai miten betonirakenteet pitää valaa erilaisissa olosuhteissa. Lisäksi työmailla on betonityönjohtajia, joilla on erityisosaamista betonirakentamisesta.

LISÄÄ TYÖMAAKOKEMUSTA

Pauku on vaativien betonirakenteiden asiantuntija, joka on saanut laittaa itsensä likoon haastavissa asiakasprojekteissa. Niihin on usein liittynyt paljon tutkimus- ja kehitystyötä.

Hän konsultoi voimalaitoksia, ydinvoimalateollisuutta ja muuta teollisuutta sekä viranomaisia betonin vaurioitumiseen, säilyvyyteen, käyttöikään ja korjauksiin liittyvissä asioissa. Massiiviset betonirakenteet ovat aiheena myös hänen Aalto-yliopistossa aluillaan olevassa väitöskirjassaan. →

ELINA PAUKKU, 54

Ammatti: Betoniteknologia-asiantuntija

Koulutus: DI, RI

Ura: Sweco Rakennetekniikka Oy, Aaro Kohonen Oy, Tampereen teknillinen yliopisto, Tielaitos, TVL

Koti: Espoossa

Harrastukset: Ompelu, kutominen, lasityöt ja lumikenkäily



Rakenteista pitää suunnitella sellaisia, että niiden toteuttaminen työmaalla on mahdollisimman helppoa niin työ- kuin materiaaliteknisesti.

BETONIRAKENTEEN SÄILYVYYS JA KÄYTTÖIKÄ

- Eri sementtityypit ja seosainetyypit sietävät erilaisia rasitusolosuhteita kemiallisesti eri tavoin. Siitä johtuen oikean sidosainekoostumuksen vaikutus rakenteen rasituskestävyyteen ja käyttöikään on merkityksellinen.
- Huomattava osa betonin vauriomekanismeista tapahtuu diffuusiovälitteisesti.
- Tärkein tekijä säilyvyyden kannalta on betonin vesi-sementtisuhte (tai vesi-sideainesuhde), jonka kautta määräytyy muun muassa betonin huokosrakenteen tunkeumavastus.
- Betonin kovettumisen aikainen hallitsematon lämmön nousu voi johtaa rakenteen merkittävään lujuuskatoon ja säilyvyysominaisuuksien heikentymiseen.

Lähde: Elina Paukku, Sweco Rakennetekniikka Oy

Ennen siirtymistään yritysmaailmaan vuonna 2007 Paukku tutki yli kahdeksan vuotta betonirakenteita silloisessa Tampereen teknillisessä yliopistossa ja sen edeltäjässä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa.

Työuransa hän aloitti 1980- ja 1990-luvun vaihteessa työmaainsinöörinä siltatyömailla Varsinais-Suomessa – lajissaan ensimmäisten naisten joukossa Suomessa.

Työmaille Paukku patistaa myös nuoria rakennesuunnittelijoita hankkimaan kokemusta betonirakenteiden käytännön toteutuksesta.

Hän sanoo betonirakentamiseen prosessina liittyvän niin paljon muuttuvia tekijöitä, että ilman työmaakokemusta suunnittelija ei välttämättä osaa ajatella kaikkia asioita työn toteutettavuuden näkökulmasta. Siinä asiassa Paukku myös neuvoo ja ohjaa paljon nuorempia suunnittelijoita.

– Rakenteista pitää suunnitella sellaisia, että niiden toteuttaminen työmaalla on mahdollisimman helppoa niin työ- kuin materiaaliteknisesti.

VAATIVAMPIA BETONIRAKENTEITA

Laskenta- ja mitoitusmenetelmät ovat kehittyneet niin, että betonista pystytään nykyään toteuttamaan entistä vaativamman muotoisia rakenteita.

Paukun mukaan rakennesuunnittelijat tuntevat hyvin rakenteiden kantavuuteen ja stabiliteettiin liittyvät mahdollisuudet ja riskit. Sen sijaan betonin säilyvyyteen liittyvät riskit voivat olla suunnittelijoille vieraampia ja arkkitehdeille ne ovat lähes tuntemattomia etenkin silloin, kun kyse on rakenteista, joihin kohdistuu useita hankalia rasitustekijöitä.

Paukku sanoo, että kaikki materiaali- tekniikassa tapahtuneet muutokset vaikuttavat myös sementtipohjaisiin korjausmateriaaleihin. Erilaiset pintamateriaalit ovatkin kehittyneet valtavasti ja niitä on tullut paljon lisää. Myös korjauskalusto on kehittynyt niin, että betonirakenteita voidaan korjata entistä pienemmissä ja vaikeammassa kohteissa.

Paukulla on ollut ilo tehdä töitä myös sellaisissa ainutlaatuisissa ja poikkeuksellisen vaativassa erikoisinfrakohteissa,

jossa betoniurakoitsija lähti suurella antaumuksella ja ammattitaidolla mukaan pohtimaan ja kehittämään rakenteen toteutusta, valutekniikkaa ja -tapahtumaa.

– Lopulta päädyttiin tekemään useita erityyppisiä koevaluja ennen varsinaisen rakenteen valua ja katsomaan, miten homma toimii.

Betoni on materiaali, jossa on valtavasti muuttujia, jotka kaikki vaikuttavat betonin sielunelämään ja käyttäytymiseen. Sen vuoksi Paukku uskoo, että viime vuosien lujuus- ja ilmavaivaongelmien kaltaisia tilanteita nähdään tulevaisuudessakin, mutta niitä selvitetään ja niistä selvitetään kuten tähänkin saakka. **S**



KÄDENJÄLKI JALANJÄLJEN RINNALLE

Hiilijalanjälki tarkoittaa yrityksen toiminnan aiheuttamia haitallisia ilmastovaikutuksia. Hiilikädenjälki puolestaan kuvaa yritysten tuottamien ratkaisujen päästövähennysvaikutusta. Molempia sisältyy sementinkin valmistamiseen.

TEKSTI VESA VILLE MATTILA

KUVAT SHUTTERSTOCK JA JAAKKO LUKUMAA

Teollisuudella on merkittävä rooli matkalla kohti tulevaisuuden hiili-neutraalia yhteiskuntaa. Jotta tämä rooli ymmärrettäisiin paremmin, Suomessa on kehitetty hiilikädenjälki-käsite. Se kuvaa, kuinka yritysten tuottamat tuotteet ja palvelut auttavat asiakkaita pienentämään omaa hiilijalanjälkeään.

– Kaikki ilmaan päästetyt hiilidioksiditonnit eivät ole ympäristön hyötynäkökulman kannalta samanarvoisia. Niinpä esimerkiksi lentomatokustamista ja sementinvalmistusta ei voi verrata keskenään, sanoo Finnsementti Oy:n ympäristöpäällikkö **Ulla Leveelahti**. →



FINNSEMENTIN PÄÄSTÖT PIENENTYNEET

- Finnsementin tuotannon aiheuttamat hiilidioksidipäästöt vuonna 2018 olivat 890 000 tonnia, eli noin 1,6 prosenttia hiilidioksidin kokonaisvuosipäästöistä Suomessa.
- Investointien ja valmistusprosessin hiomisen ansiosta sementin keskimääräiset hiilidioksidipäästöt Finnsementillä ovat reilussa 10 vuodessa vähentyneet yli

10%.

- Samassa ajassa hiukkasten, typen oksidien ja rikkidioksidien päästöt ovat kutistuneet alle puoleen entisestä.

– Sen sijaan pitäisi enemmän arvioida, mitä myönteisiä ilmastovaikutuksia sementistä valmistettavalla betonilla on.

BETONIN ISO HIILIKÄDENJÄLKI

Betoni on maailman yleisin ja tärkein rakennusmateriaali. Ilman betonia ei nykyaikaista yhteiskuntaa olisi olemassa – eikä betonia ilman sementtiä.

Betonin hiilikädenjälki piiryy isona, ja se kurottautuu monelle taholle.

Betonista valmistetut rakenteet kestävät pitkään, vaativat vain vähän huoltoa ja voidaan helposti kierrättää. Materiaalin tiivys ja massiivisuus pitävät lämmitys- ja jäähdytyskulut kurissa.

Pitäisi enemmän arvioida, mitä myönteisiä ilmastovaikutuksia sementistä valmistettavalla betonilla on.

ULLA LEVEELAHTI

Rakennusten lisäksi betonia käytetään lukuisissa hiilidioksidipäästöjä pienentävissä ratkaisuissa ja rakenteissa. Sellaisia ovat esimerkiksi liikenteen ajomatkoja lyhentävät sillat ja tunnelit sekä uusiutuvaa ja päästötöntä energiaa tuottavat tuuli- ja vesivoimalat.

KALKKIKIVI ON KALSINOITAVA

Betonin tarvitseman sementin hiilijalanjälki syntyy valtaosin valmistusvaiheessa. Kyse on niin prosessin polttoaineesta kuin itse prosessista.

Sementti valmistetaan pääasiassa kalkkikivestä, jonka polttaminen korkeassa lämpötilassa vaatii paljon energiaa. Polton aikana kalkkikivi kalsinoituu eli siitä irtoaa hiilidioksidia.

Yhden sementtiklinkkeritonin valmistukseen tarvitaan noin 1,5 tonnia kalkkikiveä, josta irtoaa poltossa noin 500 kg hiilidioksidia.

– Kalkkikiven kalsinointi on sementtiklinkkerin valmistuksessa välttämätön kemiallinen reaktio. Sen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä voi vähentää esimerkiksi

korvaamalla osan kalkkikivestä vaihtoehdoisilla raaka-aineilla.

POLTTOAINEVALINTOJA JA ENERGIATEHOKKUUTTA

Eniten sementinvalmistuksen hiilidioksidipäästöjen suuruuteen voi vaikuttaa polttoainevalinnoilla, energiatehokkuudella ja käyttämällä seosaineita sementin valmistuksessa.

Finnsementti käyttää fossiilisia polttoaineita korvaavina kierrätyspolttoaineina muun muassa SRF-kierrätyspolttoainetta, kierrätysöljyä ja autonrengasmursketta. Perinteisiä polttoaineita korvaavien kierrätyspolttoaineiden osuus yhtiön valmistusprosessin kokonaisenergiatarpeesta on 40 prosenttia.

Leveelahden mukaan Finnsementti aikoo lisätä kierrätyspolttoaineiden hyödyntämistä. Kierrätyspolttoaineet sopivat sementtiuuneihin hyvin, mikäli ne muuten täyttävät kalkkikiven poltolle asetetut kriteerit.

Parhaillaan Finnsementti suunnittelee Lappeenrannan tehtaalle kuonan erillis-

jauhatusta, joka helpottaa seosementin valmistamista.

– Valmistamamme Plussementin hiilidioksidijalanjälki on kymmenyksen pienempi kuin esimerkiksi Rapidsementin, Leveelahti toteaa.

PÄÄSTÖOIKEUDET VAIKUTTAVAT SEMENTIN HINTAAN

Euroopan unionin päästökauppajärjestelmä suunniteltiin hiilidioksidipäästöjen vähentämisen työkaluksi. Järjestelmän tarkoituksena on rajoittaa teollisuus- ja energiantuotantolaitosten sekä lentojen kasvihuonekaasupäästöjä.

Järjestelmän valuvikojen vuoksi hiilidioksidipäästöjen hinnat ovat kuitenkin jääneet ennakoitua alhaisemmiksi eikä järjestelmä ole toiminut toivotulla tavalla. Järjestelmää on jo uudistettu vuonna 2021 alkavaa uutta päästökauppakautta varten. Samalla päästöoikeuksien hinnat ovat nopeasti moninkertaistuneet.

Leveelahden mukaan Finnsementti on tähän asti pystynyt hyödyntämään ilmaiseksi jaettuja ylimäänpäästöoikeuksia.

– Ensi päästökauppakaudella ilmaiseksi jaettavia päästöoikeuksia on entistä vähemmän eivätkä ne riitä kattamaan koko tuotantoamme. Joudumme siis ostamaan todennäköisesti yhä kallistuvia lisäpäästöoikeuksia markkinoilta. Jossain vaiheessa se heijastuu hintoihimme. S

KEINOT HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEEN SEMENTIN VALMISTUKSESSA

- Kalkkikiven osittainen korvaaminen vaihtoehtoisilla raaka-aineilla.
- Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kierrätyspolttoaineilla, erityisesti biopolttoaineilla.
- Sementtien seostaminen.
- Energiatehokkuuden parantaminen.

TEKSTI MARJO TIIRIKKA
KUVAT JARI HÄRKÖNEN JA OODI

Helsingin keskustakirjaston
Oodin julkisivu on puuta,
mutta sydän terästä ja
betonia.

TERÄKSEN & BETONIN LIITTO

Työmaalla työskenteli
n. 2 000
ihmistä, suunnittelijoita 200.

Kolmen maanpäällisen
kerroksen kokonaispinta-ala on
n. 17 000 neliötä.

Betonia kului rakentamisessa
n. 8 430 kuutiota.
E.M. Pekkinen Oy:n maanrakennustöihin yhteensä
4610, YIT:llä 3820 kuutiometriä.



Helsingin uuden maamerkin kantavana rakenteena on teräksinen silta, jollaista ei ainakaan Suomessa ole aiemmin sisätiloissa käytetty. Siltarunko perustuu kahdelle 100 metrin pituiselle, 800 tonnia painavalle teräskaarelle.

Valtavat kaarevat puiset muodot ja lasiset ikkunat tekevät pääkaupungin uudesta maamerkistä Oodista hyvin näytävän näköisen niin sisältä kuin ulkoakin.

– Oodi on taideteos, kytteyttää vastaava työnjohtaja **Tero Seppänen** YIT:ltä.

Kansainväliseen arkkitehtikilpailuun tuli 544 ehdotusta, joista voittajaksi selviytyi helsinkiläinen Arkkitehdit ALA Oy. Maanrakennustyöt alkoivat syyskuussa 2015, ja talo valmistui joulukuussa 2018.

Arkkitehtien etsiminen kilpailun kautta takasi suunnittelijoille mahdollisuuden uuden kokeiluun, ja Seppäsen mukaan ”aivan tapissa” kohteen kohdalla usein mentiinkin.

– Talon arkkitehtoniset ratkaisut ovat erikoisia, yksilöllisiä ja kokeellisia. Lasia ja teräsrakenteita on käytetty monipuolisesti ja

monimutkaisellakin tavalla. Tosiasia on, että jos asiat tehdään aina samalla tavalla, ei tapahdu kehitystä. Uutta on uskallettava kokeilla, ja tässä siihen oli hyvä mahdollisuus, Seppänen kertoo.

Niklas Mahlberg Arkkitehtitoimisto ALAsta kuvailee Oodia hybridirakennukseksi, jossa puuta, betonia ja lasia on käytetty niiden omien ominaisuuksien mukaan optimaalisesti. Erikoisin ratkaisu on teräksinen siltarakenne, joka on maailmanlaajuisestikin poikkeuksellisesti tuotu talon sisään kantavaksi rakenteeksi.

Yli sadan metrin pituinen runko sisältää kaksi valtavaa teräskaarta, joiden välissä on teräsristikkorakenne. Rungon valmistamiseen käytettiin terästä 2 500 tonnia. Mahlberg näkee rakennuksen asutettuna siltana, jossa toiminnat sijoittuvat sillan alle, päälle ja sen sisälle.

– Siltakaaret on liitetty yhteen betonisella vetolaatalla, joka menee lattian alla. Sitä on matkan varrella jännitetty. Rakennus on mitoitettu niin, että sitä on esikorotettu ja kun välikerros on tullut päälle, se on painunut. Rakenne on kuin jousi. Betonilaattaa ikään kuin vetämällä kasaan on saatu rakennuksen muoto pysymään halutunlaisena rakennusprosessin aikana, Mahlberg kuvailee.

Siltaratkaisuun vaikuttivat muun muassa reunaehdot: tontin alta kulkee nelikaistaisen tien keskustatunnelivaraus, jonka kohdalle ei perustuksia voinut tehdä. Ratkaisu tuki myös →

Siltakaaret on liitetty yhteen betonisella vetolaatalla, joka menee lattian alla.

NIKLAS MAHLBERG
Arkkitehtitoimisto ALA

Talon arkkitehtoniset ratkaisut ovat erikoisia, yksilöllisiä ja kokeellisia.

TERO SEPPÄNEN
YIT

Veistokselliset betoniporaat vaativat erityistä valuteknistä osaamista, koska betoni haluttiin jättää pysyväksi pinnaksi. Arkkitehti SAFA Niklas Mahlberg kertoo, että talon suunniteltu elinikä on 150 vuotta.



Helsingin keskustakirjasto Oodin kokoelmissa on noin 100 000 teosta. Ykköskerroksen asennuslattian ruudukon (alhaalla oikealla) risteyskohdan lattiarasiasta päästään käsiksi esimerkiksi sähköjohtoihin ja kaapeleihin.

ajatusta siitä, että kolmesta kerroksesta saatiin luonteeltaan erilaiset. Koska rakennuksen käyttöikä on 150 vuotta, tiloista haluttiin mahdollisimman muuntojoustavat.

Siltarakenteen ansiosta sisääntuloaula on hyvin avara, koska siellä ei tarvittu tukipilareita. Toisessa kerroksessa näkyvät teräspylväät verhottiin koivuviilulla ja kolmannen kerroksen varsinainen kirjastokerros on ilmavaa, avointa ja valoisa tilaa.

BETONISET RATKAISUT

Kerrosten erilaisuutta vahvistavat myös materiaalivalinnat. Maantason aulakerrosta ja ylimmän kerroksen kirjastovasta hallitsee puu. Betoni näkyy eniten sisääntulo-kerroksessa ja kellarikerroksen logistiikkatiloissa.

Terässillan ankkuroi maahan viisi betonista kuilua. Keskimäinen sijaitsee itä-julkisivulla keskeisesti kaariin nähden, ja se on jännitetty kallioon asti. Jännetangot ulottuvat kallioon asti ja kääntyvät vaakatangoiksi kaaren yläpuolella.

Kuilu pitää tangot pystyssä niin, ettei silta pääse kaatumaan.

Sisääntuloaulan lattia on hyvin kulutuksen kestävä mikrobetonia. Asennuslattian ruudukon risteyskohdan lattiarasiasta päästään kiinni muun muassa sähköjohtoihin ja kaapeleihin.

– Halusimme hienoa betonirakentamista näkyviin, ja sitä on lattian lisäksi yleisön wc-tiloihin vievässä, paikallaan valetussa betoniportaikossa.

Portaille asetettiin kovin mahdollinen pintavaatimusluokitus, AA-luokan pinta.

Valuteknisesti ne oli YIT:n Seppäsen mukaan haastavaa tehdä, koska betoni jää veistoksellisissa portaissa pysyväksi pinnaksi.

– Portaat raudoitettiin tiheään ja betonilta vaadittiin oikeaa notkeutta ja valuosaamista, jotta siihen ei jää niin sanottuja rotan koloja tai valuhuokosia, joissa ilmaa jäisi rakenteisiin. Käytössä oli paikalla tehty muotti, jonka teimme ohuilla viiluvanerilevyillä saadaksemme sen taipumaan hyvin tiukka säteeseen, Seppänen kertoo. **S**



Sisääntuloaulan lattia on hyvin kulutuksen kestävä mikrobetonia.

Big room -toimintamalli apuna

Lähes sata miljoonaa euroa maksaneessa Oodissa päästiin kaikkiin tavoitteisiin: pysyttiin budjetissa ja aikataulussa, toteutus noudattaa hyvin tarkkaan arkkitehtien visiota ja työtapaturmiltakin vältyttiin. Miten tässä onnistuttiin?

YIT:n työmaaohjaja **Tero Seppäsen** mukaan onnistumisen salaisuus on hyvin toteutunut yhteistyöurakka.

– Perinteisesti rakennuslalla varaudutaan aina riitatilanteisiin, mutta siihen emme halunneet lähteä. Alusta asti tiesimme, että kaikki kohteessa oli haastavaa, niin toteutus, rakenteet kuin rakentaminenkin. Käytimme kaiken energian sen pohtimiseen, miten tästä yhdessä selvitään.

YIT:n Seppänen lähti vetämään hanketta ensin perinteisesti suunnittelukokouksilla ja sähköpostia käyttämällä. Koska jo pelkästään suunnittelijoita oli mukana 200, Seppänen oli hukkaa sähköpostiviesteihin ja niiden loputtomiin viestiketjuihin. Niin ei voisi jatkua.

Sitten hän keksi soveltaa big room -toimintamallia työhön. Sen perusidea on keskustella asioista yhden pöydän ääressä. Nyt ideaa jalostettiin vielä ottamalla käyttöön pienryhmäkeskustelut. Suunnitteluohjauksinsinööri valitsi joka torstain kokouksiin 4–8 käsiteltävää aihetta, joihin haettiin ratkaisua pienryhmähuoneissa.

– Koska arkkitehti on monessa mukana, kävin vetämässä häntä hihasta vaikka putki- tai sähköpalaveriin kertomaan esimerkiksi mille korkeudelle jokin tekninen laite laitetaan.

Kaikkien asiantuntijoiden osaamista pystyttiin hyödyntämään tehokkaasti. Kun vaikkapa ilmanvaihtokanavien asennuksen aika tuli, urakoitsija tuli antamaan

siihen hyviä asennusvinkkejä, ja samalla suunnittelijakin sai työhönsä hyödyllistä tietoa eikä hänen tarvinnut tehdä työtään moneen kertaan.

– Tällaisessa rakennuksessa ollaan kokeellisella rajalla koko ajan ja välillä mietitään, pystytäänkö arkkitehtien korkealentoisia suunnitelmia edes toteuttamaan. Yhdessä keskustelemalla löysimme kuitenkin toteuttamiskelpoiset ratkaisut, Seppänen kertoo.

Vision toteuttaminen vaati paljon työtä. Seppänen kertoo esimerkiksi yhden yhteistyökumppanin todenneen, että ykköskerroksen matalaa ja kaartuvaa puusta tehtävää kattoa ei ole mahdollista toteuttaa ollenkaan.

– Emme nostaneet käsiä pystyyn vaan mietimme ratkaisua. Lopulta löysimme pienen puuseppäyrityksen, joka sanoi pystyvänsä tekemään puusta lähes mitä vain ja niin he pystyivätkin.

VAUHTIA PÄÄTÖKSENTEKOON

Torstain keskiviikkopäivä pohdittiin ratkaisuja ja päivän päätteeksi ratkaisuehdotukset perusteluineen esitettiin kaupungin projektihohtajalle. Tämä nopeutti päätöksentekoa huomattavasti.

Työ tehostui selvästi: sähköpostit vähenivät, ja asiat etenivät ripeästi. Samalla projektihohtajaa tuli autettua päätöksenteossa etsimällä hänelle ratkaisuvaihtoehtot perusteluineen valmiiksi.

Seppänen uskoo, että urakkamuodot ovat muuttumassa rakennuslalla yhä enemmän yhteistyöurakoihin.

– Kiireellisissä aikatauluissa etenevissä ja haastavissa projekteissa onnistutaan vain sillä, että osapuolet soutavat samaan suuntaan ja keskitytään yhdessä haasteiden ratkaisemiseen, Seppänen toteaa. **S**

Perinteisesti rakennuslalla varaudutaan aina riitatilanteisiin, mutta siihen emme halunneet lähteä.

TERO SEPPÄNEN
YIT



KÄSITTELY

vaikuttaa betonin lujuuteen

Kun betoni lähtee betoniasemalta, ei sen tuleva lujuus ole vielä määräytynyt. Mitkä tekijät vaikuttavat kovettuneen betonin lujuuteen? Entä mitä pitäisi tehdä, jotta betonin lujuutta määrittävät kaksi standardia olisivat yhteensopivat?

TEKSTI MINNA SAANO
KUVAT ILKKA PALONEN JA SHUTTERSTOCK

Betoniasemalla betonin lujuutta säätelee standardi SFS EN 206. Laadunvalvontaan betoniasemalla kuuluu koekappaleiden valu. Näistä koekappaleista saadaan korkeampi lujuus kuin samasta erästä valetuista isommista rakenteista työmaalla. Standardi SFS EN 13791, niin sanottu työmaastandardi, joka säätelee sitä, miten betonia tutkitaan valmiista rakenteista, ottaa tämän huomioon; lujuus alenee keskimäärin 15 prosenttia eli jäljelle jää 85 prosenttia lujuutta. Kerroin,

jota havainnollistaa nimitys työmaakerroin, on 0,85.

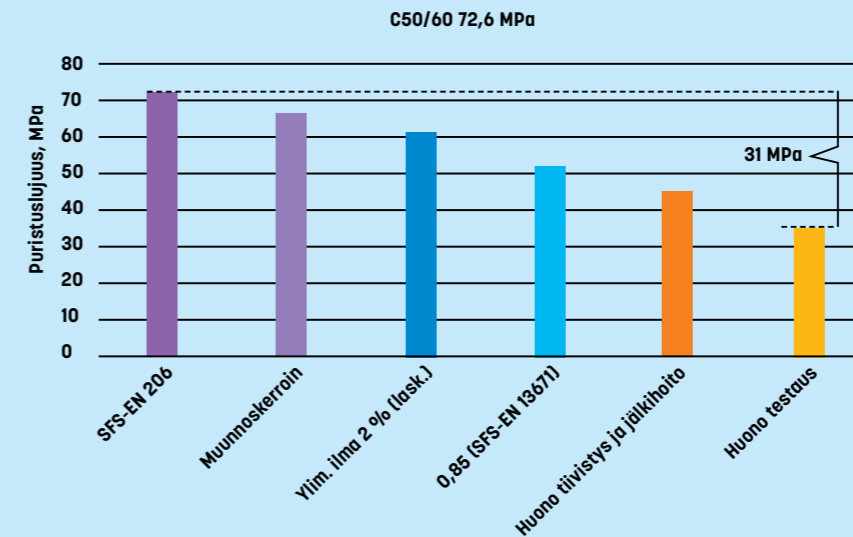
Kokeellisesti päätettiin lähteä selvittämään, mitä betonille tapahtuu, miten sen lujuus muuttuu, kun se käy läpi prosessin betoniasemalta työmaan rakenteisiin. Selvitys käynnistettiin seurauksena vuosien 2016–2017 aikana havaituista lujuusalituksesta työmailla poratuissa koekappaleissa sekä havaintoja seuranneesta vilkkaasta keskustelusta siitä, oliko betoni lähtökohdaisesti huonoa vai oliko sitä käsitelty vä-

rin, kun se ei vastannut työmaastandardin vaatimuksia.

– Tutkimuksessa selvitettiin, miten eri tekijät, kuten tiivistys ja jälkihoito, vaikuttavat lujuuteen, kertoo vuosi sitten valmistunutta tutkimusta johtanut TKT **Anna Kronlöf** Eurofins Expert Service Oy:stä.

JÄRKEVIÄ JA YLLÄTTÄVIÄ TULOKSIA

Kokeita varten tehtiin betoniasemalla luonnollisissa olosuhteissa SFS EN 206 -standardin mukaisesti yksi massa, josta



valvottuna valettiin kaikki testattavat kappaleet. Poikkeuksellisen tutkimuksesta teki yhden ja saman betonierän käyttäminen kaikkiin mittauksiin. Valun jälkeen kappaleet tuotiin noin yhden vuorokauden iässä jälkihoitoon VTT Eurofins Expert Servicen tiloihin, jossa ne myös testattiin.

Mittauksissa tutkittiin lieriöihin valettuja muotteja sekä työmaata edustavia seinämuottikappaleita, joista tutkittiin poranäytteitä.

Koejärjestelyissä luotiin kuusi työmaata, joissa olosuhteet olivat kolmenlaiset. Jokaisessa niistä testattiin elementit, jotka olivat sekä hyvin tiivistetty että huonosti tiivistetty, jälkihoidettu hyvin (lämpimät olosuhteet ja 100-prosenttinen kosteus) ja jälkihoidettu huonosti (viileät olosuhteet ja ilman kierto) sekä näistä risteävät tapaukset. Näiden tekijöiden lisäksi selvitettiin laskennallisesti myös ylimääräisen ilman ja kokeellisesti testaamisen laadun vaikutus lujuuden määritymiseen.

– Yksittäiset tulokset olivat järkeviä, teorioiden ja odotusten mukaisia, mutta se, miten suuria eri tekijöiden yhteisvaikutukset olivat, oli yllättävää. Esimerkiksi jos valussa on syystä tai toisesta viisi prosenttia enemmän ilmaa kuin on tarkoitettu, ja jos se tiivistetään, jälkihoidetaan ja testataan huonosti, voivat tulokset olla dramaattisen alhaiset, kertoo Kronlöf.

– Voimakkaammin kuin etukäteen ajateltiin, lujuuteen vaikuttaa betonin käsittely eli tiivistys ja jälkihoito, hän sanoo.

ALALLE POHDITTAVAA

– Ajatus standardeissa on selkeä, mutta se on alkanut hämärtyä. Jos ohjeita ei noudateta, alenee lujuus enemmän. Se taas on johtanut siihen, että on alettu valmistaa lujempaa betonia. Kun ylilujuutta tehdään, se saattaa huonontaa betonin muita ominaisuuksia, lisätä kutistumia ja ympäristövaikutuksia.

Silloin kun tiivistys ja jälkihoito tehdään ohjeistuksen mukaisesti, päästään suunnilleen 0,85:n työmaakertoimeen.

– Mutta standardi ei paljoa anna anteeksi ohjeistuksesta poikkeamista, toteaa Kronlöf.

Mitä sitten pitäisi tehdä, jotta SFS EN 206 ja työmaastandardi SFS EN 13791 olisivat yhteensopivia?

Tutkimuksensa tuloksiin perustuen Kronlöf listaa:

– Valurutiineja pitäisi kehittää niin, että päästäisiin 0,85:een työmaakertoimeen. Jos tiedossa on, ettei siihen päästä, on tilattava suunnitellusti ylilujuutta, eikä olettaa, että jotenkin se lujuus kehittyi käsittelystä riippumatta. Korkeampi lujuus luonnollisesti myös maksaa enemmän.

1. Muunnettu lujuus SFS EN 206 mukaisesti. 150 mm kuutio. Kuvan vertailutaso.
2. Muunnoskerroimesta johtuvan vaikutus.
3. Muunnoskerroimen + 2 % ylimääräisen ilman yhteisvaikutus.
4. Muunnoskerroimen + 2 % ylimääräisen ilman + työmaakerroimen 0,85 yhteisvaikutus.
5. Muunnoskerroimen + 2 % ylimääräisen ilman + huonon tiivistyksen ja jälkihoidon (työmaakerroin 0,68) yhteisvaikutus.
6. Muunnoskerroimen + 2 % ylimääräisen ilman + työmaakerroimen 0,68 + huonon testauksen yhteisvaikutus.

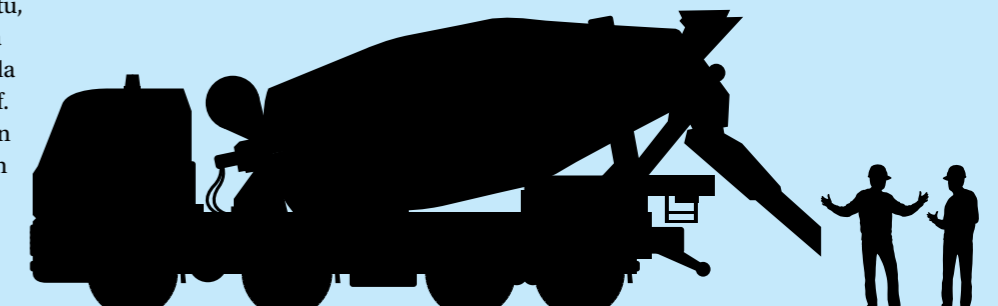
Valurutiineja pitäisi kehittää niin, että päästäisiin 0,85:een työmaakertoimeen.

ANNA KRONLÖF
Eurofins Expert Service Oy

Ilmapitoisuusongelmiin pitää kiinnittää huomiota. Olisi mietittävä, miten ongelmasta päästään eroon ja sitä, missä kohdin ilmapitoisuus mitataan. Ja vielä se, että lujuusmääritykset täytyy tehdä huolellisesti.

– Näitä asioita alalla olisi yhteisesti pohdittava, toteaa Kronlöf ja muistuttaa:

– Lujuus ei ole lopullinen siinä vaiheessa, kun betoni on valmistettu betoniasemalla. Siitä lujuus lähtee kehittymään ja siihen vaikuttaa se, miten betonia käsitellään. Lujuus ei myöskään ole riippuvainen vain yhdestä osapuolesta vaan kaikista, jotka osallistuvat betonin käsittelyyn. **S**



YHTEISEN ASIAN puolesta

Finnsementti haluaa olla työturvallisuudessa Suomen paras rakennusteollisuuden toimija. Tavoitetta tukevat myös johdon ja työntekijöiden yhteiset turvallisuuskeskustelut.

TEKSTI MATTI VÄLIMÄKI KUVAT VESA-MATTI VÄÄRÄ

Tuotantojohtaja **Jussi Puustinen**, työnjohtaja **Timo Rantanen**, pakkauskoneiden hoitaja **Ville Viitanen** sekä satamatyöntekijä **Kari Kärkkäinen** ovat kokoon-tuneet Paraisten sementtitehtaan pakkaamoon. Käynnistymässä on SLI-turvallisuuskeskustelu. Lyhenne tulee sanoista Safety Leadership Interaction.

Tänään on tarkoitus pohtia, mitä Suomessa voitaisiin oppia Ranskassa sattuneesta traagisesta työtapaturmasta.

- Ranskalaisella tehtaalla sementin yläsekoittajaa puhdistanut työntekijä oli kaikkien sääntöjen vastaisesti lukinnut

itsensä koneen vaara-alueelle. Turvalukitut ovet olivat sääntöjen vastaisesti suljetuina ja avaimet olivat sääntöjen vastaisesti turvalukoissa..., Puustinen aloittaa.

VUOROVAIKUTUSTA JA OSALLISTAMISTA SLI-keskusteluissa johtajat keskustelevat ajankohtaisista työturvallisuuteen liittyvistä asioista työntekijöiden kanssa.

Ideana on jalkautua aitoon ympäristöön, työntekijöiden arjen työtehtävien äärelle.

- Kyseessä ei ole auditointi- tai arviointitilaisuus. Tavoitteena on vuorovai-
kituksen lisääminen, välittäminen ja osal-

listaminen, Puustinen selvittää hieman ennen tämänkertaisen keskustelun alkua.

- Samalla pohditaan myös esimerkiksi sitä, että olisiko joitain totuttuja toimintatapoja syytä kehittää.

JOHDON AKTIIVISUUTTA MITATAAN

Puustinen kertoo, että SLI-keskustelut ovat myös mittari, jolla mitataan johdon aktiivisuutta turvallisuuskulttuurin kehittämisessä.

SLI-keskusteluja järjestetään vuosittain noin 50. Yksi keskustelu kestää tavallisesti 15-20 minuuttia. Tuotantojohtajan lisäksi keskusteluja vetävät kaikki johtoryhmän jäsenet.

FINNSEMENTTI PANOSTAA TYÖTURVALLISUUTEEN

Finnsementti haluaa olla työturvallisuudessa Suomen paras rakennusteollisuuden toimija. Tavoitteena on nolla tapaturmaa, mihin pyritään järjestelmällisellä työllä työturvallisuuden puolesta. Työtapaturmien ehkäisyssä tärkeässä asemassa ovat muun muassa turvallisuushavainnot ja turvallisuuskoulutus. Oman henkilökunnan lisäksi yritys kampanjoi myös urakoitsijoiden työturvallisuuden puolesta.

Keskusteluja on pidetty nyt parin vuoden ajan. Puustiselle tämä keskustelu on järjestykseltään numero 20.

ERÄÄN ONNETTOMUUDEN ANATOMIA

Vaan palataanpa Paraisten pakkaamoon ja keskusteluun Ranskan tapauksesta.

- Työntekijä asetti kätensä sekoittimeen poistaakseen letkuun jumiin jääneen betonin palasen. Samaan aikaan käyttöhenkilö käynnisti koneen uudelleen, ja potkuri alkoi pyöriä. Työntekijä menetti kätensä, Puustinen käy läpi karut faktat.

Ja kertauksen vuoksi, kuten tapauksesta kirjoitetussa tapahtumakuvauksessakin lukee:

Aidatulla vaara-alueella ei saa missään nimessä tehdä puhdistustöitä, jos konetta ei ole erotettu käyttövoimasta. Koneen sähköerotuksen voi tehdä vain käyttäen henkilökohtaisilla riippulukoilla lukittua pääkytkintä.

KIIRE EI ANNA LUPAA OIKAISTA

Paraisilla Ranskan tapaus herättää ihmetystä.

Viitanen pukee sanoiksi kaikkien mietteet, että työntekijöiden ammattitaito ja asenne eivät ole olleet kohdallaan.

Paraislaiset arvioivat, että tapauksen motiivina on ollut kiire ja halu oikaista.

- Olen kyllä vakuuttunut, että meillä kaikki ymmärtävät, että kiireessäkin asiat pitää tehdä ohjeiden mukaisesti, oikealla ja turvallisella tavalla, Rantanen pohtii.

Puustinen kysyy, että tietävätkö työntekijät aina, mikä on se oikea tapa.

- No, uskoisin, että ainakin vakituiset työntekijät kyllä tietävät hyvin. Koulutuksiakin on ollut paljon ja työtehtävistä on myös kirjalliset ohjeet, Kärkkäinen kertoo.

HYVÄÄ KOMMUNIKAATIOTA

Paraislaiset nostavat esiin myös esimerkiksi hyvän kommunikaation, perehdyttämi-

sen ja osaamisen varmistamisen merkityksen.

- Aina pitää kysyä, jos jokin asia on epäselvä. Perehdyttämisen jälkeen osaaminen pitää varmistaa, ihan vieressä seisten. Nämä asiat korostuvat tietenkin entisestään silloin, kun taloon tulee kesätyöntekijöitä, Viitanen pohtii.

Osallistujat ovat tyytyväisiä keskustelun antiin.

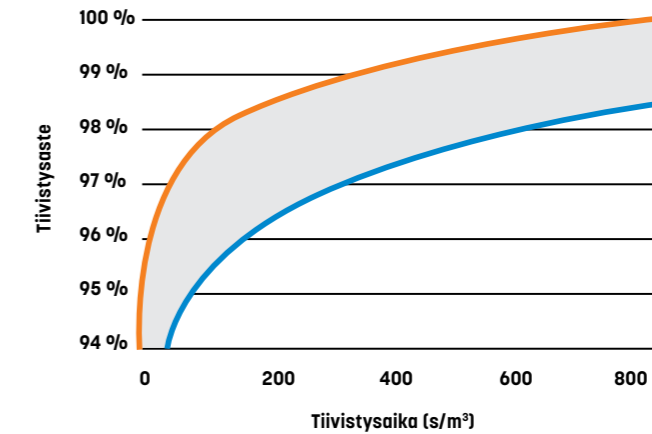
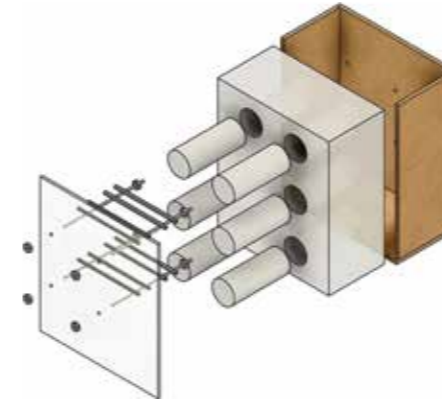
- Työnantajalle täytyy kyllä antaa tunnustusta siitä, että se on panostanut voimakkaasti turvallisuuskoulutuksiin ja turvavälineisiin. Turvallisuuskulttuuri on selvästi kohentunut takavuosiin verrattuna, Kärkkäinen pohtii.

- Tämä oli arvokas kohtaaminen. Avoimuus ja hyvä vuorovaikutus ovat avainasemassa, kun luomme entistäkin turvallisempaa työympäristöä, Jussi Puustinen kiteyttää. **S**



Myös notkeat betonimassat vaativat huolellisen tiivistämisen

KUVA 1. Rakenne (500 x 600 x 250 mm³) valettiin kahdessa kerroksessa ja tiivistettiin kolmesta kohtaa valukerrosta kohden. Valut kuvattiin videokameroilla. Betonin tiivistymistä ja ilmakuplien nousunopeutta tarkkailtiin valun yläpuolelta sekä sivusta pleksilasin läpi.



KUVA 2. Koetulosten perusteella laadittu yksinkertaistettu malli betonin tiivistysasteelle tiivistysajan funktiona. Tiivistysaste = koerakenteen tiheys/laboratoriokappaleen tiheys (6 poralierion keskiarvo/3 laboratoriolierion keskiarvo)

Tuore tutkimusprojekti korostaa betonin tiivistämisen tärkeyttä, myös notkeiden betonien osalta. Huokostetuilla betoneilla liiallinen tiivistäminen voi aiheuttaa erottumista.

Aalto-yliopistossa valmistuneen Good-vibrations-tutkimusprojektin tavoitteena oli selvittää betonin koostumuksen vaikutusta betonin tiivistyvyyteen. Professori **Jouni Punkin** johdolla tehdyn tutkimuksen taustalla oli havainnot, että koerakenteista porattujen betonikoekappaleiden tiheydet ja lujuudet olivat laboratorioekappaleita alemmalla tasolla. Ongelma liittyi erityisesti betoneihin, joiden vesisementtisuhde oli luokkaa 0,40 ja notkistinannostukset suuria.

Kirjallisuustutkimuksen yhteydessä havaittiin, että uudempaa tutkimustietoa betonin tiivistämisestä on hyvin rajallisesti saatavilla, vaikka aihetta onkin aiemmin tutkittu paljon. Itsetiivistyvien betonien yleistymisen markkinoilla lienee synnä tutkimusinnon loppumiseen.

Kirjallisuustutkimuksen mukaan betonin riittävä tiivistäminen on tärkeä osa betonin valmistusprosessia. Betonille asetetut vaatimukset lujuuden, tiheyden, säilyvyyden, raudoituksen tartunnan sekä ulkonäön

suhteen voidaan saavuttaa ainoastaan tiivistämällä betoni hyvin.

TIIVISTÄMINEN PARANTAA LUJUUTTA

Muottiin valetussa tiivistämättömässä betonissa voi olla jopa 20 prosenttia tiivistysilmaa. Tiivistäminen parantaa siten merkittävästi betonin lujuutta poistamalla ylimääräisen ilman betonista. Jos tiivistyshuokosten määrä on 10 prosenttia, puristuslujuus voi jäädä puoleen hyvin tiivistettyyn betoniin verrattuna. Puutteellisen tiivistyksen vaikutus puristuslujuuteen voi olla vesi-sementtisuhteen vaikutusta suurempi.

Toisaalta tiivistämisajassa on otettava huomioon betonin täryttämiseen liittyvä erottumisriski, mikä johtuu massan osa-aineiden erilaisista tiheyksistä.

Tutkimuksen kokeellinen osuus koostui pääosin valmisbetoniaseman pihalla tehtävistä kokeista, joita täydennettiin työmaalla tehtävällä rakennekokeella. Koostumukseltaan ja notkeudeltaan erilaisia betoneita valettiin kevyesti raudoitettuun koemuottiin (kuva 1), ja betoni tiivistettiin käyttäen eri mittaisia tiivistysaikoja.

Mukana testeissä oli 19 erilaista betonia, jotka voidaan jakaa neljään pääluokkaan: P-lukubetoneihin, huokostamattomiin betoneihin, SR-sementistä valmistettuun betoniin ja itsetiivistyvään betoniin.

Valut kuvattiin videokameroilla. Betonin tiivistymistä ja ilmakuplien nousunopeutta tarkkailtiin valun yläpuolelta sekä sivusta pleksilasin läpi (kuva 1).

Koerakenteiden tiheys- ja lujuusanalyseissa vertailuarvona käytettiin laboratorioekappaleista mitattua tiheyttä ja puristuslujuutta. Laboratoriossa tehtyjen koelieriöiden ja rakennekoekappaleiden lujuudet muutettiin vastaamaan by65:n mukaisia kuutiolujuuksia.

Kokeissa todettiin, että tiivistyksen avulla muotti saadaan helposti täyttymään. Sen sijaan kaiken tiivis-

tysilman poistaminen betonista on haasteellista. Kokeissa rakenteeseen jäi normaaleilla tiivistysajoilla 1–4 prosenttia enemmän ilmaa kuin laboratorioekappaleisiin. Tämän voidaan arvioida vähentävän lujuutta noin 5–20 prosenttia.

Huokostettujen betonien tiivisyaste jäi hieman alhaisemmaksi kuin huokostamattomien betonien. Betonien notkeudella, vesi-sementtisuhteella tai notkistinannostelulla ei ollut selvää vaikutusta tiivistysasteeseen (kuva 2).

Koska jäykempikin betoni täyttää muotin tiivistyksen avulla, voidaan rakenteeseen mahdollisesti jääneistä rotakoloista päätellä, ettei kyseistä kohtaa ole tärytetty tai betoni on alkanut sitoutua jo ennen tiivistämistä.

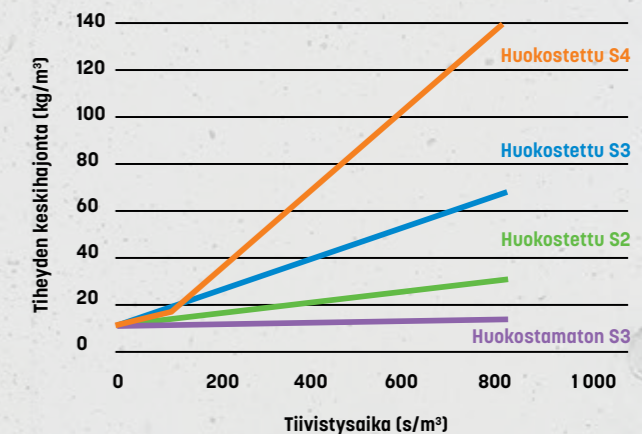
Jo projektin alussa havaittiin, että betonit voivat erottua tiivistettäessä. Tämä näkyi tiheyseroina koerakenteen ylä- ja alareunan välillä. Notkeilla (painumaluokka S4) ja huokostetuilla betoneilla erottumisriski on merkittävä, kun käytetään pidempiä tiivistysaikoja. Kuitenkin käytännön tärytysajoilla (≈ 200 s/m³) erottuminen jäi kohtuullisen pieneksi (kuva 3).

Hieman yllättävää oli, että erottumisen vaikutus betonin puristuslujuuteen oli pieni. Erottuminen on kuitenkin merkittävä ongelma betonille, koska muodonmuutosominaisuudet voivat heikentyä merkittävästi erottumisen seurauksena.

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että viime vuosina rakenteesta porattujen koekappaleiden tiheyksiä on osin tulkittu väärin. Alhaisen tiheyden on arvioitu johtuneen betonin kohonneesta ilmamäärästä, vaikka kyseessä on voinut olla myös erottumisesta aiheutunut tiheyden muutos.

Vaikka tiivistäminen todettiin projektissa varsin haastavaksi ja tutkittavaa vielä riittää, syntyi

projektin tuloksena ohjeistus betonin tiivistämisestä tärysauvalla. Ohjeistus voidaan kiteyttää näin: Betoni tulee tiivistää huolellisesti, myös notkeat massat (ei IT-betoni). Varo erityisesti notkistettujen, huokostettujen massojen erottumista. Valitse riittävän suuri tärysauva. Rajoita valukerroksen paksuus 300 mm huokostetuilla massoilla ja 400 mm:n huokostamattomilla. Pidä tiivistysväli tiheinä ja käytä lyhyitä tiivistysaikoja (max 6 s/kohta). Oikea tiivistysaika arvioidaan visuaalisesti. **S**



KUVA 3. Koetulosten perusteella tehty yksinkertaistettu malli betonin tiheyden keskihajonnalle tiivistysajan sekä betonin notkeusluokan funktiona.

LÄHDE JA LISÄÄ AIHEESTA:

- Teemu Ojala, Fahim Al-Neshawy, Jouni Punkki: Betonin koostumuksen vaikutus betonin tiivistyvyyteen. Raportti tilaustutkimusprojektista "Good vibrations", 2019
- Ohjeistuksesta tehty kooste löytyy verkkosivuiltamme www.finnsementti.fi.

LISÄAINEET

EDISTÄVÄT MODERNIA BETONIRAKENTAMISTA

Betonin käytön monipuolistuessa myös reseptit kehittyvät. Käyttökohteesta riippuen betonilla on omat erityisvaatimuksensa, joita pystytään muokkaamaan lisäaineilla. Lopputuloksena on teknisesti ja taloudellisesti parempi lopputuote.

TEKSTI ARI RYTSY KUVAT JAAKKO LUKUMAA JA TERO IKÄHEIMONEN

Urakoitsijat ja rakennusliik-
keet ovat mukana monissa
rakennushankkeissa, joissa
korostetaan innovaatioita
ja uusia ratkaisuja. Samaa
odotetaan betonin val-
mistajilta, joiden vastaan-
ottama haaste välittyy myös raaka-aine-
toimittajalle. Betonin perusainesosien eli
sementin, kiviaineksen ja veden muodos-
tamasta yhdistelmästä saadaan enemmän
irti lisäaineiden avulla.

– Viime vuosina markkinoille on tullut
vahvasti tiettyihin yksittäisiin ominai-
suuksiin vaikuttavia lisäaineita, kuten
esimerkiksi betonin kuivumiskutistumaa
vähentävät SRA-aineet. Nousevana trendi-
nä näkyvät vesiliukoiset pintahidastimet,
joiden kehittämiseksi Finnsementissä
tehdään paljon töitä, kertoo Finnse-
mentin liiketoimintapäällikkö **Mikko
Marjalaakso**.

Finnsementin seosaineista
betonin lujuutta ja tiivyyttä pa-
rantavan Parmix-Silikan käyttö
on kasvussa. Syynä tähän
ovat viime vuosina tiukentu-
neet betonin lujuusluokkien
vaatimukset sekä korkean
rakentamisen ja sen myötä
ohuiden betonirakenteiden
lisääntyminen. Silikan käyttö
myös vesitiiviiden betonira-
kenteiden valmistamisessa on
selvästi lisääntymässä.

**YHTEENSOPIVUUS JA OIKEAT
OMINAISUUDET SAMASSA PAKETISSA**
Finnsementin lisäainevalikoiman päätuo-
teita ovat notkistimet, joilla optimoidaan
sementin käyttömäärän lisäksi sekä tuo-
reen että kovettuneen betonin ominai-
suuksia, sekä huokostimet, joita käytetään
säänkestävässä betonissa.



Mikko Marjalaakso

Valtaosa Finnsemen-
tin lisäaineista on oman
kehitystyön tulosta, joten
ne toimivat hyvin yhteen
yrityksen muiden tuotteiden
kanssa. Yksittäisten
tuoteominaisuuksien sijaan
painopisteen voidaan
sanoa olevan siinä, miten
eri lisäaineet toimivat osa-
na kokonaisuutta loppu-
käyttäjän päässä.

– Notkistimia käytetään pääasiallisesti
betonin notkeuden ja työstöajan sekä
vesimäärän optimoimiseen. Joskus on
tarve painottaa molempia ominaisuuksia,
mikä tarkoittaa kompromisseja. Sen sijaan
esimerkiksi nopeasti muottiin tehtävässä
elementtivalussa voidaan notkistimen
ominaisuuksissa korostaa enemmän
vedenvähennyskykyä. Tämä mahdollis-
taa hyvät lujoudenkehitysominaisuudet.

Elementtinoikistimissa tärkeää on myös
tuoreen massan työstettävyysominaisuu-
det, havainnollistaa Marjalaakso.

LUONNONKIVIAINEKSESTA ON PIAN PULAA

Betonirakentamisella on edessään teknisiä
haasteita luonnonkiviaineksen ehtymisen
myötä. Tämä tarkoittaa käyttörajoituksia
sekä siirtymistä ominaisuuksiltaan erilai-
sen kalliokiviaineksen käyttöön.

Koko Euroopan tasolla tunnistettu
haaste liittyy murskatun kalliokiviaineksen
jalostamiseen tasalaatuiseksi ja kustan-
nustehokkaaksi raaka-aineeksi.

– Kivituhkan osuus kalliokiviainek-
sessa vaihtelee, joten se on poistettava
tai saatava ainakin määrältään tasaiseksi.
Erityisesti kalliokiviainesten käyttöä aja-
tellen kehitetty Saitti-Parmix kestää hyvin
kiviaineksen hienopään vaihtelua ja on
tehokas notkistin murskattua kiviainesta

sisältävässä betonimassassa, opastaa
Marjalaakso.

OMA KEHITYSTYÖ TAKAA PARHAAT LOPPUTUOTTEET

Finnsementti tekee systemaattista kehi-
tystyötä tuotevalikoimansa parissa. Tämä
tarkoittaa valmiiden tuotteiden paranta-
mista sekä jatkuvaa uusien raaka-aineiden
kartoittamista. Tekemisen vahvuutena on
riittävä määrä luotettavia raaka-ainetoi-
mittajia, jolloin oma tuotanto ei ole yhden
kortin varassa.

Finnsementin tuotekehitys ei rajoitu
perinteisiin ratkaisuihin. Tällä hetkellä
yrityksessä selvitetään muun muassa
kokonaan uudentyypisen huokostustek-
niikan tarjoamia mahdollisuuksia.

– Lisäaineet ovat olleet osa Suomen
sementiteollisuuden valikoimaa viimeis-
tään 1980-luvulta lähtien. Sitä kautta myös
Finnsementin juuret lisäainetoimittajana

FINNSEMENTIN LISÄAINEIDEN VAHUUDET

Lisäaineosaaminen toiminnan
ytimessä jo 70-80-luvulta
• 80-luvulta valikoimassa
edelleen Jarru-Parmix

Oma tuotekehitys - vahva
toimittajaverkosto
• Yhteensopivuus sementtien
kanssa laadun takeena

Uusia tuotteita markkinoille
muuttuvien tarpeiden mukaan
• Notkistimet ja huokostimet
ydintuotteina

Betonitekninen osaaminen
ja asiakastuntemus
• Kehittyvien asiakastarpeiden
ymmärtäminen
• Pieni notkistinannostus ja
vesimäärä

**Lisäaineet ovat olleet
osa Suomen sementti-
teollisuuden valikoimaa
viimeistään 1980-luvulta
lähtien. Sitä kautta myös
Finnsementin juuret lisä-
ainetoimittajana ulottuvat
pitkälle historiaan.**

MIKKO MARJALAAKSO
Finnsementti

ulottuvat pitkälle historiaan. Haluamme
tänäkin päivänä ymmärtää paremmin
asiakkaidemme kehittyviä tarpeita, jotta
pystymme tarjoamaan heille sopivia tuot-
teita ja ratkaisuja betonitekniikan haastei-
den voittamiseen, sanoo Marjalaakso. **S**

KALLIOKIVIAINESTEN KÄYTÖN LISÄÄMINEN ONNISTUU SAITTI-PARMIXILLA

Finnsementin Saitti-Parmix kehitettiin toimimaan betoneissa, joissa käytetään hienoa murskattua kiviainesta. Sen vedenvähennyskyky on erittäin hyvä, ja tästä syystä se on taloudellinen ja tehokas notkistin kaikissa valmisbetonimassoissa.

Rakentaminen ja valmisbetonin käyttö keskittyy kasvukeskuksiin. Näiden lähellä luonnonkiviaineksen saatavuus on kuitenkin huono. Vanhat kiviainesvarat ovat vähenemässä ja uusien lupien saaminen luonnonkiviaineksen ottamiseen on entistä haastavampaa.

Soravarat ovat usein pohjavesialueilla ja pohjaveden suojele rajoittaa kiviaineksen ottoa ja sitä, kuinka syvältä soraa voidaan ottaa. Murskatun kalliokiviaineksen käyttö lisääntyy tästä syystä jatkuvasti.

Kiviaineksen tonnihinta on melko edullinen, joten kuljettamisen osuus betonikuution kiviainekustannuksissa on suuri. Kiviaineksen kuljettaminen aiheuttaa myös päästöjä. Niitä pystytään vähentämään käyttämällä esimerkiksi kalliokiviainesta, mitä on saatavilla lähellä betonin valmistusta.

Rakentamiseen käytetystä kiviaineksestä käytetään maarakentamiseen noin puolet. Betoniin ja asfalttiin käytetään kiviaineksestä kumpaankin noin 15 prosenttia. Maanrakentamisessa käytetään murskattua ja kiviaineksia.

KALLIOSTA MURSKATTU HIEKKA APUUN

Murskattua hiekkaa on mahdollisuus valmistaa eri jalostusastein käyttämällä prosessissa esimerkiksi keskipakomurskainta tai ilmaluokitinta.

Murskattua hiekkaa voidaan valmistaa ainoastaan murskaamalla ja seulomalla, jos kallion ominaisuudet ovat hyvät. Murskattu hiekka voi siis olla nollapohjaista hienoa kiviainesta tai koostekiviainesta. Nollapohjaista maksimiraekooltaan vähintään viiden millimetrin (0/5) kiviainesta sanotaan koostekiviainekseksi.



Murskattuja nollapohjaisia betonin kiviaineksia muodostuu karkeampien kiviainesten valmistamisen yhteydessä tai niitä voidaan valmistaa erikseen. Murskatu hiekka ei siis ole murskauksen sivutuotteen vaan betonin valmistamiseen tarkoitettu murskattu kiviaines.

Murskattua kiviainesta käytetään paljon betonissa karkeana kiviaineksena yleensä lajitteita 8/16 ja 16/32. Murskattu kiviaines on muodoltaan särmikästä ja aiheuttaa betoniin kitkaa enemmän kuin luonnonkiviaines.

Kiviaineksen murskauksessa muodostuu aina hyvin hienoa materiaalia, mikä on haaste hienon nollapohjaisen kiviaineksen käytössä betonissa. Hienoaineksen määrä riippuu hyvin paljon murskattavan kiven laadusta, sen mekaanista ominaisuuksista ja murskaustekniikasta.

Hienoainesta on mahdollista poistaa kiviaineksestä pesemällä tai luokittelemalla. Lisäkäsittely aiheuttaa kustan-

nuksia ja nostaa kiviaineksen hintaa. Myös luonnon lajittama kiviaines sisältää hyvin hienoa materiaalia. Määrä riippuu siitä, miten rapautunutta kiviaines on ja kuinka paljon siinä on esimerkiksi savimineraaleja.

Hienoaineksen laatu riippuu muun muassa kiviaineksen sisältämän kiilteen määrässä. Luonnonkiviaineksen ja murskatun kiviaineksen hienoainespitoisuus voi olla kiven laadusta riippuen sama.

Kiviaineksen hienoaines lisää betonin vedentarvetta ja plastista viskositeettia eli tekee betonista sitkeämpää. Betonin vesimäärää ja työstettävyyttä voidaan säätää sopivalla notkistavalla lisäaineella. Finnsementin Saitti-Parmix on tällainen. Se kehitettiin toimimaan betoneissa, missä käytetään hienoa murskattua kiviainesta. Sen vedenvähennyskyky on erittäin hyvä, ja tästä syystä se on taloudellinen ja tehokas notkistin kaikissa valmisbetonimassoissa. **S**

Sementin positiivinen hiilikädenjälki tuulivoimassa

Tuulivoiman rakentamiseen tarvitaan betonia, minkä valmistamisen hiilidioksidijalanjäljestä suurin osa muodostuu sideaineista. Sementin ja kuonajauheen käytöllä on tuulivoiman tapauksessa positiivinen hiilikädenjälki, joka vähentää sähköntuotannon hiilijalanjälkeä. Tuulivoiman hiilidioksidivaikutukset ovat hyvin pienet, ja se vähentää muihin sähköntuotantomuotoihin verrattuna betonin sideaineiden hiilidioksidivaikutukset muutamassa päivässä.

Nykyään rakennettavien tuulivoimaloiden nimellisteho on 4 MW ja seuraavan sukupolven voimaloiden koko on 5 MW:n luokkaa. Tuulivoimat perustetaan joko maanvaraiselle gravitaatioperustukselle tai kalliopulttiperustukselle. Kalliopulttiperustusta käytetään, jos kallio on pinnassa ja perustus pystytään kiinnittämään kalliioon. Gravitaatioperustukseen käytetään noin 800 kuutiota betonia ja kalliopulttiperustukseen noin 200 kuutiota.

Tuulivoimaloiden perustukset ovat massiivisia rakenteita, ja niissä käytetään KJ400- masuuni-kuonajauhetta sideaineena, jotta perustuksen maksimilämpötilat ja -lämpötilaerot pystytään pitämään määrysten mukaisena. KJ400:n hiilidioksidivaikutus on pieni, koska se valmistetaan terästeollisuuden sivutuotteesta.

Finnsementin hiilijalanjälkilaskurilla laskettuna tuulivoimala länsirannikolla Kristiinankaupungissa näyttäisi seuraavalta: Sideaineen hiilidioksidijalanjälki olisi 132 kg/m³ betonia. Laskelmassa Plussementti on kuljetettu Paraisilta ja KJ400 Raahesta. Betonin sideainemäärä on keskimäärin 350 kg/m³ ja KJ400:n osuus 50 prosenttia kokonaissideainemäärästä. Gravitaatioperustuksessa betonissa käytetyn sideaineen hiilidioksidijalanjälki olisi siis 106 tonnia ja kalliopulttiperustuksessa 26 tonnia hiilidioksidia.

Tuulivoimalan huippukäyttöaika rannikolla on ollut 5 MW:n laitoksilla 2 780 h vuodessa. Tämä tarkoittaa laskennallista aikaa, minkä voimalan pitäisi käydä täydellä teholla tuottaakseen koko vuoden



*Tuulivoimalla
korvataan kalleinta
sähköntuotantomuotoa.*

sähköntuotannon. 5 MW:n laitos siis tuottaa vuodessa noin 14 000 MWh sähköä.

Suomen hiilidioksidipäästöistä 80 prosenttia on peräisin energiasektorista sisältäen liikenteen. Tuulivoimalla korvataan kalleinta sähköntuotantomuotoa, mikä nykyään on hiililauhdevoima. Silloin päästövähennys on 800-900 gCO₂/kWh. Jos tuulivoimalla korvattaisiin maakaasuvoimaa, on vähennys 300 gCO₂/kWh. Suomalaisen sähköntuotannon keskimääräinen hiilidioksidipäästö on noin 240 g CO₂/kWh. Tämä sisältää kaikki tuotantomuodot eli myös hiilineutraaleja tuotantomuotoja.

Jos lähtökohtana käytetään hiililauhdevoiman korvaamista tuulivoimalla, voimalan perustuksiin käytettävän betonin sideaineiden hiilidioksidivaikutus tulisi vähennettyä kolmessa vuorokaudessa ja kalliopulttiperustuksen yhdessä vuorokaudessa. Kaasuvoimaa korvattaessa vastaavat luvut olisivat yhdeksän ja kaksi vuorokautta. Tuulivoimalan käyttöikä on 20-25 vuotta.

ESA HEIKKILÄ
TUOTEKEHITYSPÄÄLLIKKÖ
FINNSEMENTTI OY

Lähteet: www.tuulivoimayhdistys.fi, www.ymparisto.fi, www.finnsementti.fi

Rakentamassa **kestävää Suomea**



FINNSEMENTTI
A CRH COMPANY