Betonirakentamisen laatuketju kuntoon

Tapani Mäkikyrö, diplomi-insinööri,
Rakennusteollisuus RT ry:n kutsuma selvitysmies
Tiivistelmä selvitysmiehen loppuraportista ja toimenpidesuosituksista 14.11.2017
www.rakennusteollisuus.fi/betoniselvitys

Betonirakentamisessa paikoin havaittujen laatupuutteiden johdosta Rakennusteollisuus RT kutsui Tapani Mäkikyrön selvittämään ongelmien syitä ja tarvittavia korjaavia toimia. Selvitys toi esille tarpeen parantaa toiminnan laatua betonirakentamisen koko ketjussa: tilaajan tehtävissä, betonin valmistuksessa ja työmaan toiminnoissa. Puutteita on esiintynyt lähinnä vaativissa rakenteissa, joissa on käytetty voimakkaasti notkistettua pakkasen ja suolan kestävää erikoisbetonia.

Vuonna 2016 todettiin vakavia laatuongelmia muutamissa merkittävissä betonirakennuskohteissa. Kemijärvellä jouduttiin purkamaan jo valettu ratasilta ja TYKS:n T3-sairaalatyömaalla purettiin niin ikään merkittävä määrä rata- ja tiealueen päälle rakennettavan sairaalan perustuksia. Ongelmat vaikuttivat keskittyvän vaativiin infrarakenteisiin, joissa tavoitellaan erityisen korkeaa laatua.

Havaittujen laatuongelmien johdosta Rakennusteollisuus RT kutsui keväällä 2017 selvitysmiehen arvioimaan, millaiset kehittämistoimet ovat tarpeen, jotta vastaavat ongelmat voidaan välttää jatkossa. Selvitystyö tehtiin 15.3.–31.8.2017, ja raportti on koottu syksyn aikana.

Selvitystyö on perustunut rakennusalan ja sen sidosryhmiin kuuluvien toimijoiden laajaan kuulemiseen. Selvitystyössä on pyritty muodostamaan kokonaiskuva betonirakentamisen laatuun liittyvistä ongelmista ja kehittämistarpeista Suomessa.

Selvitystyössä tukena on ollut taustaryhmä, johon ovat kuuluneet edustajat seuraavista organisaatioista: valtionhallinnosta Liikennevirasto, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes ja ympäristöministeriö, tarkastuslaitoksista Kiwa Inspecta, yliopistokentästä Aalto-yliopisto, rakennusalan järjestökentästä Rakennustarkastusyhdistys RTY ry, RAKLI ry, SKOL ry ja Suomen Betoniyhdistys ry sekä Rakennusteollisuus RT ry:stä Talonrakennusteollisuus ry, INFRA ry, Rakennustuoteteollisuus RTT ry ja Betoniteollisuus ry.

Selvitys ei ota kantaa missään yksittäisessä kohteessa esiintyneisiin ongelmiin. Se tarkastelee betonirakentamisen laatua ja siihen liittyviä kehitystarpeita kattavasti alkaen alan viranomaistoiminnoista ja rakennushankkeeseen ryhtyvästä päätyen betonirakentamisen koko tuotantoketjuun.

Selvityksessä esiin tulleet laatuun epäedullisesti vaikuttavat seikat eivät koske samalla lailla kaikkia toimijoita, toimintoja tai kohteita eivätkä reagointitarpeetkaan siten ole yhtäläisiä. Tästä huolimatta rakentamisen laadunvarmistusmenettelyjen tulee olla sellaisia, että ainakin vakavat laatu- ja lujuusongelmat saadaan torjuttua kaikissa tapauksissa. Tarvittavat kehitystoimet ehkäisevät myös vähäisempiä laadunvaihteluita ja hyödyttävät koko alaa.

Havaitut kehittämistä vaativat ongelmat

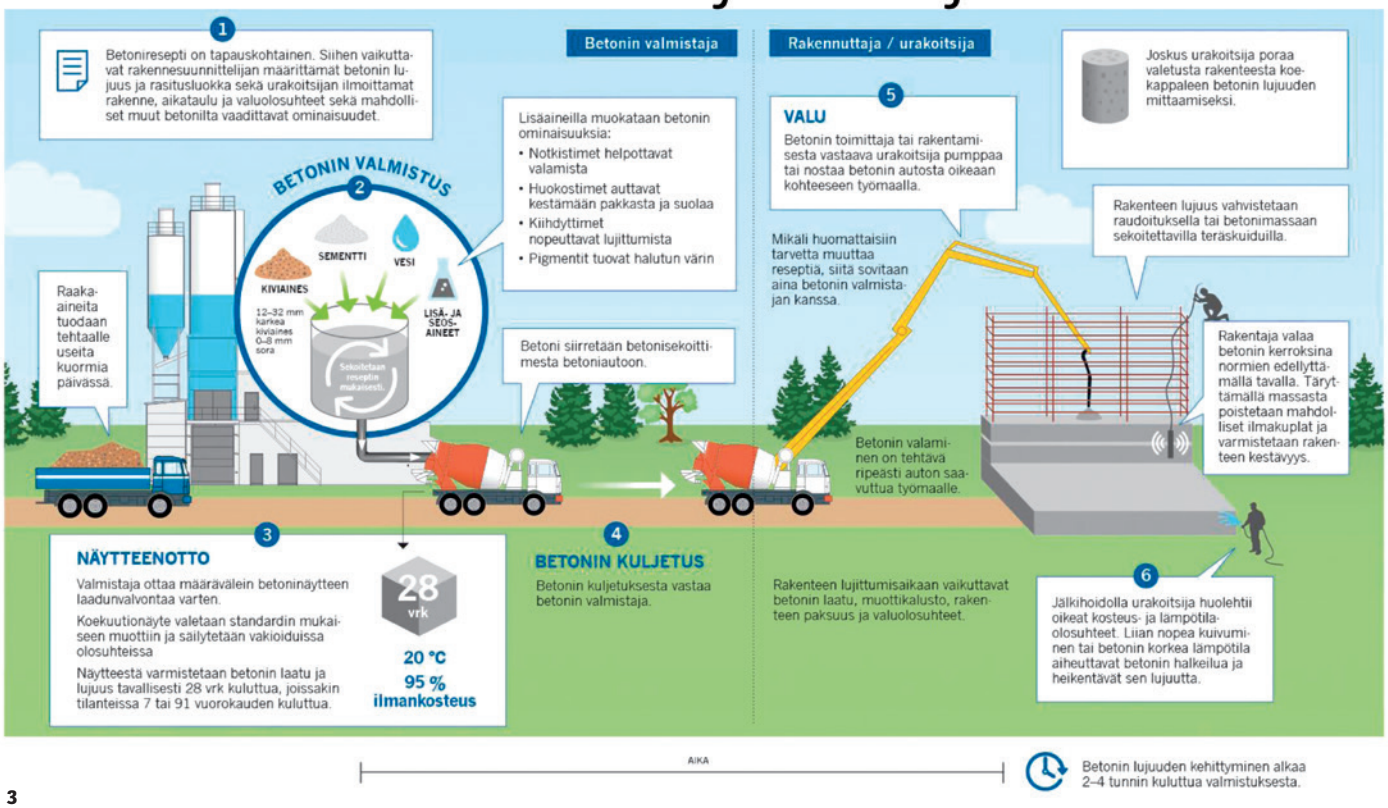
Laatupuutteiden hallintaan saamiseksi betonirakentamiseen liittyy tarvetta toimintojen parantamiseen prosessin kaikissa päävaiheissa: tilaajan toiminnassa, betonin valmistuksessa ja työmaan työnsuunnittelussa ja betonoinnissa. Tilaajan toimintoihin luetaan tässä myös rakennuttaminen, suunnittelu ja työmaan valvontatehtävät. Ongelmat ja toimenpidesuositukset voivat koskea sekä teknisiä ja taloudellisia seikkoja että vuorovaikutusta, avoimuutta ja verkostoitumista.

1 Tiivistelmä selvitysmiehen loppuraportista ja toimenpidesuosituksista 14.11.2017 on luettavissa www.rakennusteollisuus.fi/betoniselvitys

2 Selvitys ei ota kantaa missään yksittäisessä kohteessa esiintyneisiin ongelmiin. Se tarkastelee betonirakentamisen laatua ja siihen liittyviä kehitystarpeita kattavasti.

Rakennusteollisuus RT / Tommi Ahlberg

Betonirakentamisen laatu syntyy monen toimijan ketjussa



3

Tilaajan toiminta

Tilaajan tulee mahdollistaa toimillaan laadun tuottaminen koko tuotantoketjun matkalla. Rakennushankkeeseen ryhtyvillä tilaajilla on taipumusta ohjata rakennushankkeita kustannuslähtöisesti siten, että lopputuloksen laatuun ja elinkaarikustannuksiin ei välttämättä kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Tämä koskee varsinaisen rakentamisen lisäksi myös hankkeisiin kytkettävää rakennuttamispalvelua, suunnittelua ja sen ohjausta sekä työn valvontaa, mikä voi vaikuttaa epäedullisesti rakentamisen koko prosessiin. Liika kustannuskireys hankinnoissa altistaa betonirakenteidenkin tuotantoa ongelmille.

Monet betonirakentamiseen liittyvän suunnittelun ja toteutuksen ammattilaiset kokevat, että betonirakentamisen laadunmääritys on monimutkaista. Erilaisia kirjain- ja numerokoodeja on niin paljon, että niiden merkitys hämärtyy, eikä määritysten sisältöä ja vaikutusta lopputulokseen aina tunnisteta. Sekaannuksia on omiaan lisäämään myös se, että ympäristöministeriön hallinnonalan (talorakenteet) ja Liikenneviraston ohjeiden mukaan toteutettavien rakenteiden vaatimukset poikkeavat toisistaan ilman helposti avautuvaa perustetta.

Rakentamisessa ovat yleistyneet hyvin tiheästi raudoitetut rakenteet, joissa joudutaan käyttämään erityisen notkeaa ja hienorakeista betonia. Tällainen betonilaatu on monesti herkkää muun muassa halkeilulle, erottumiselle ja ilmamäärän kasvamiselle, jotka voivat heikentää betonin lujuutta ja säilyvyyttä. Valaminen saattaa olla erittäin hankalaa, jos raudoitukseen ja/tai muottiin ei ole suunniteltu riittäviä valuja tiivistysaukkoja.

Betoninvalmistus

Betonin valmistus tehtaassa on varsin normitettua ja sertifioitua sekä omavalvonnan lisäksi myös ulkopuolisen tahon, kuten Inspectan, määräajoin varmentamaa. Betonitehtailla tapahtuva laadunvalvonta näyttäisikin olevan pääosin kunnossa. Siitä huolimatta betonin valmistuksen laadunvalvonta ei ole kyennyt aina varmistamaan sitä, että työmaalle toimitetaan tilauksen mukaista betonia.

Laadun mittaaminen betonitehtaalla on osin jälkijättöistä ja joissain tapauksissa tarkkuudeltaan puutteellista. Työmaiden kanssa on joissain tapauksissa voitu yhteisestä sopimuksesta tinkiä mittauksista säästö- ja aikataulusyistä vastoin rakennuttajan sopimuksia ja vaatimuksia.

Valmisbetonintoimittajat eivät ole hallinneet betonin säänkestävyyteen vaikuttavien lisäaineiden toimintaa riittävän hyvin. Jotkut lisäaineyhdistelmät yhdistettynä betonin muuhun suhteitukseen ja liian lyhyeksi tai tehottomaksi jääneeseen sekoittamiseen ovat johtaneet betonin ilmamäärän merkittävään kohoamiseen vielä kuljetuksen ja mahdollisesti myös valutyön aikana. Ilmamäärän hallitsematon kasvaminen on aiheuttanut lujuuden jäämisen vaadittua alemmaksi.

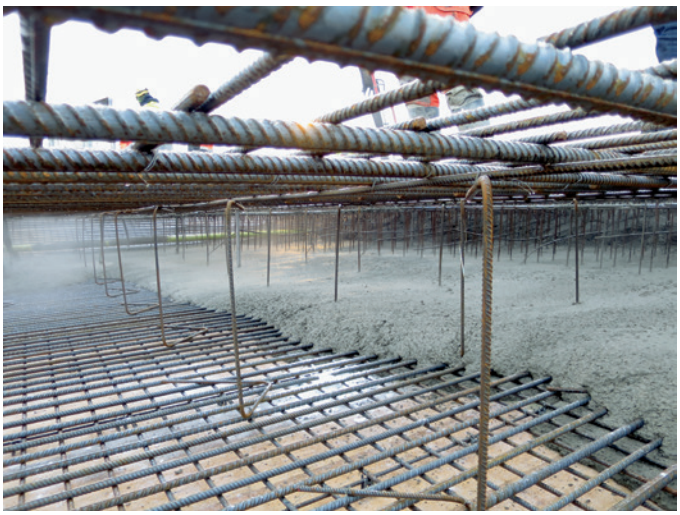
Työmailla tehdyistä ilmamittauksista huolimatta liian ilmapitoista betonia on valettu rakenteeseen. Syinä tähän ovat voineet olla muun muassa viallisen mittarin käyttäminen, virheellisesti tehdyt mittaukset tai ilmapitoisemman massan erottuminen valettaessa rakenteen yläpintaan.

Betonimassaan liittyvät laatuongelmat näyttävät keskittyvän lähinnä voimakkaasti notkistettuihin säänkestäviin betoneihin ja erityisesti pakkas- ja suolarasitusta kestäviin niin sanottuihin P-lukubetoneihin. Näitä käytetään esimerkiksi siltarakenteissa ja pysäköintihalleissa.

P-lukubetonien laatuvaatimukset on kuvattu niitä koskevissa ohjeissa monimutkaisesti. Ne myös ohjaavat jopa tarpeettoman korkean ilmapitoisuuden omaavan betonin valmistamiseen. Säänkestävälle betonille monesti asetettavan niin sanotun huokosjakovaatimuksen täyttäminen saattaa myös johtaa toimittamaan betonia,

Valokuvat: Liikennevirasto

4



5

6

7

8

3 Betonirakentamisen laatu syntyy monen toimijan ketjussa.

4 Betoniasemalta lähtevä betonin kuljetus.

5-8 Betonityön valussa on monta työvaihetta.
5 Siltakannen raudoitus valmiina ja betonin pumppausvalu käynnissä.
6 Betonin pumppaus käynnissä.
7 Betonivalun levitys.
8 Koneellinen pinnan hierto.

9

9 Lujuuden testaus.

10 Betonin pumppaus ja vibraus käynnissä siltatyömaalla.

11 Valmista siltarakennetta.

jonka ilmamäärä on jo valmiiksi tehtaalla säädetty aivan sallitulle ylärajalle. Sinänsä säänkeston tuottaminen korkean ilmapitoisuuden kautta on kustannustehokasta ja toimivaa, jos tiukka säänkestotavoite vain jättää tehtaalle yhtään valinnanvaraa suhteituksen valintojen osalta. Suhteituksella tarkoitetaan betonin osa-aineiden seossuhteiden määrittämistä, siten että tuore betonimassa ja kovettunut betoni saavuttavat vaaditut ominaisuudet.

Tiukimpien säilyvyysvaatimusten mukaiset betonit saattavat olla olosuhdemuutoksille herkkiä ja vaikeasti työstettäviä, mikä vaikeuttaa valun onnistumista ja johtaa käyttämään liian suurta betonin notkeutta erityisesti tiheästi raudoitetuissa tai muuten hankalasti valettavissa rakenteissa. Sekä betonin laatuvajeet, kuten lujuuden menetys liian korkeaksi nousevan ilmapitoisuuden vuoksi, että betonoinnin virheet, esimerkiksi rakenteen sisään jäävät harvavalut, voivat kumpikin yksinäänkin johtaa kantavan rakenteen vakaviin lujuuspuutteisiin.

Työmaan toiminta

Betonointityöhön suhtaudutaan työmailla paikoin niin, että valamista ja tiivistämistä pidetään työnä, jossa ei tarvita erityistä osaamista. Valutyö saatetaan tehdä tavoitellen lähinnä nopeaa työsuoritusta. Tällöin betonia saatetaan siirtää muottiin siten, että se altistuu erottumiselle. Samoin betonin tiivistäminen saattaa jäädä vajavaiseksi. Nämä molemmat vaikuttavat epäedullisesti betonin lujuuteen massan mahdollisen erottumisen, ilmapitoisuuden nousun ja harvavalun vuoksi.

Jälkihoitoon ja lujuudenkehityksen seurantaan kiinnitetään työmailla paikoin riittämättömästi huomiota. Tämän johdosta betonirakenne saattaa päästä epäedullisissa olosuhteissa joko ylilämpiämään tai jäähtymään niin, että syntyy lujuuskatoa ja halkeilua tai lujuudenkehitys jää kesken.

Betonirakentamisen laadunvarmistus työmaalla perustuu pitkälti työn suorittajan omaan valvontaan ja lisäksi talonrakennustyössä rakennusluvan edellyttämään vastaavan työnjohtajan rooliin. Kyseiset valvontatehtävät voivat olla saman tahon suorittamia tehtäviä. Kiireessä laadunmittaus saattaa jäädä minimaaliseksi. Myös laadunvarmistusdokumentit saatetaan laatia jälkijättöisesti. Tämä johtuu osin siitä, että betonirakenteiden valmistusta koskevia määräyksiä ja standardeja tunnetaan työmailla vielä keskimäärin huonosti.

Ei riitä, että betonin laatua valvotaan betonitehtaalla. Laadunvalvontaa tarvitaan myös kuljetuksen ja valutyön yhteydessä. Työmailla on saatettu notkistaa esimerkiksi pitkään autossa seisonutta betonia määräysten vastaisesti hallitsemattomasti jopa vedellä. Tämä nostaa suoraan massan vesisementtisuhdetta ja alentaa betonin lujuutta.

Betonirakentamisessa vallitsee erittäin tiukka kilpailu. Käytännössä kaikki valmisbetonitehtaat toimittavat samoja tuotteita. Tällöin betonitoimittajan valinta saatetaan tehdä vain hinnan perusteella. Voimakas hintapainotteisuus saattaa myös johtaa vääräntyyppisen betonin käyttämiseen, koska työmaiden kyky tunnistaa kuhunkin käyttökohteeseen parhaiten soveltuvan betonin vaatimuksia on osin

Yhteenveto riskitekijöistä

Ongelmatilanteissa on tunnistettu etenkin seuraavia riskitekijöitä:

- voimakas kustannuskeskeisyys vaikuttaen betonin valmistukseen, betonointiin ja valvontaan
- vähäinen vuorovaikutus ketjussa suunnittelu-tehdas-työmaa
- suunnitelmissa erityisen tiheä raudoitus sekä valu- ja tiivistysaukkojen vähäisyys tai puute
- huokostettu ja notkistettu säänkestävä betoni, erityisesti pakkas-suolakestävä P-lukubetoni
- hyvin notkea ja hienorakeinen, erottumisherkkä betonilaatu
- pitkä kuljetusmatka ja/tai odotusaika työmaalla
- virheellinen valutekniikka (pudottaminen korkealta, massan siirtäminen täryttämällä)
- puutteelliseksi jäänyt tiivistys eli tärytys
- puutteelliseksi jäänyt jälkihoito, esimerkiksi lämpötilan valvonta
- laadunvarmistuksen ja dokumentoinnin puutteet

10

11

heikko. Tämä koskee erityisesti hankalissa valuolosuhteissa tarvittavia betoneita.

Taustalla on myös betonitoimittajien ja työmaiden välinen paikoin vähäinen keskusteluyhteys. Kiireestä johtuen aloituskokouksia ei ennätetä pitää, jolloin työmaan tarpeet ja erityisolosuhteet eivät välity betonintoimittajan tietoon. Samoin työmaan ja rakennesuunnittelun vuorovaikutus asiassa voi olla paikoin vähäistä.

Suositellut korjaavat toimet

Hankkeen tilaajan tulee olla aidosti kiinnostunut rakentamisen lopputuloksen laadusta. Tilaajan tulee asettaa selvät laatutavoitteet ja luoda edellytykset laadun tuottamiselle. Tämä tarkoittaa riittäviä resursseja suunnitteluun ja sen ohjaukseen, laatukeskeisyyttä materiaalien ja rakentamispalveluiden hankintaan sekä tilaajan tekemää työn valvontaa. Tilaajan tulee varmistaa, että asetetut laatuvaatimukset myös vaaditaan täytettäväksi ja täytetään.

Paikallavalurakenteiden suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota rakenteen muotoihin ja mittoihin sekä raudoituksen suunnitteluun valu- ja tiivistysaukkoineen niin, että betoni on mahdollista valaa ja tiivistää ilman, että joudutaan käyttämään liiallisen hienorakeisia ja notkeita massoja.

Betonitehtaiden tulee kehittää laadunhallintaansa siten, että toimitettavan betonin ominaisuudet ovat tilatut ja stabiilit. Betonin laadunmittauksia tehtaalla ja työmaalla tulee kehittää laatua tukevana kokonaisuutena. Nykyisten mittausohjeiden ja -menetelmien tarkistamisen jälkeen mittausten kehityksen painopiste tulisi olla tuoreen betonin automaattisessa jatkuvatoimisessa laadunohjauksessa ja -valvonnassa. Tavoitteena on betonin tasalaatuisuus ja koostumushäiriöiden nopea havaitseminen.

Säänkestäville ja erityisesti P-lukubetoneille tulee tehdä ennakkokokeet, joilla varmistetaan, että massan ominaisuudet pysyvät muuttumattomina myös kuljettamisen aikana ja mahdollisen työmaalla tapahtuvan notkistinlisäyksen seurauksena. Huomiota tulee kiinnittää siihen, että betonin suhteitus tukee ilmamäärän hallintaa ja että sekoitus on riittävä, jotta lisäaineet ehtivät toimia eikä ilmamäärä kohoa merkittävästi enää varsinaisen sekoituksen jälkeen.

Säänkestävien betonien laatuvaatimuksia tulee mahdollisuuksien mukaan kehittää niin, että ne eivät ohjaa betonin valmistajaa tavoittelemaan jo lähtökohtaisesti korkeaa ilmamäärää. Talo- ja infrakohteisiin käytettävien betoneiden laatuvaatimukset ja niiden määrittelymenettelyt tulisi mahdollisimman pitkälle yhtenäistää virhetulkintojen välttämiseksi.

Betonialan tulee tukea asiakkaidensa uudenlaisen laatutietoisuuden kehittymistä avaamalla betonin laatutekijät nykyistä avoimemmin suunnitteluun ja kaupantekoon esimerkiksi uusien erikoistuotteiden tai -ominaisuuksien muodossa.

Betonialan tulisi edelleen kehittää rakennusalan muiden toimijoiden kanssa ammattiosaamisen koulutukseen suuntaavia yhteistyöverkostojaan. Yhteistyötahoja ovat erityisesti ammatti- ja korkeakoulutus, rakennusteollisuus, eri suunnittelualat, rakennusalan järjestöt, kaupanala ja rakennusvalvonnat yhdistyksenä ja alueellisesti. Viimeksi mainitun tahon tukimahdollisuus ja verkostot ovat merkittäviä.

Betonirakenteiden toteuttajien tulee kiinnittää huomiota siihen, että jokainen valu valmistellaan ennakkoon myös työn laaturiskejä arvioiden. Valut tulee toteuttaa siten, että valukohteeseen tilataan asianmukaista betonia ja betoni siirretään muottiin, tiivistetään ja jälkihoidetaan dokumentoidusti normien ja suunnitelmien mukaan. Tätä varten tulee laatia nykyistä selkeämpiä toimintaohjeita ja opasmateriaalia sekä lisäkouluttaa työntekijöitä.

Turvallisuuden kannalta merkittävissä kohteissa (niin sanotut seuraamusluokat määritellään erikseen), erittäin vaativissa kohteissa tai kun käytetään valun kannalta vaativia betoneita, kuten P-lukubetonia, betonirakentamisen laatu tulee varmistaa kohdekohtaisesti laadittavan toteutuksen laatusuunnitelman mukaisesti työmaanäyttein osana betonointisuunnitelmaa ja betonitöiden laadunvarmistussuunnitelmaa.

Betonintoimittajien, rakenteiden toteuttajien ja rakennesuunnittelun välille tulee luoda nykyistä toimivampi vuoropuheluyhteys, jonka avulla osapuolien osaaminen voidaan täysimääräisesti hyödyntää, esimerkiksi betonivalmistajan osaaminen työmaan käyttöön. Vähintään vaativissa valuissa tulee ottaa käyttöön aloituskokoukset, joissa varmistetaan oikean betonilaadun valinta ja tarkistetaan, että myös muut edellytykset työn onnistumiselle ovat olemassa.

Lisätietoa:

Loppuraportti kokonaisuudessaan (51 sivua) ja sen lukuversio (alkusanat, tiivistelmä, yhteenveto ja toimenpidesuositukset, 12 sivua) löytyvät linkistä www.rakennusteollisuus.fi/betoniselvitys