

Terveys- ja ympäristöriskejä ei tunneta

Betonin pimeä

■ Modernien betonimateriaalien sääntelyssä ja tuntemuksessa on suuria aukkoja. Rakennusteollisuus upottaa asuinympäristöömme materiaaleja, joiden valmistuksessa on hyödynnetty teollisuuden sivuvirtoja ja haitallisia kemikaaleja. Lopputuotteiden terveys- ja ympäristöriskejä ei tunneta eikä kosteuskäyttäytymistä osata ennakoita.

Katja Pulkkinen

Betoni on veden jälkeen maailman käytetyin materiaali. Professori **Vesa Penttala** Aalto-yliopiston rakennustekniikan laitoksesta on laskenut, että maailman betonituotannolla voitaisiin rakentaa kolme metriä leveä ja kolme metriä korkea silta maasta kuuhun joka vuosi.

Rakennusteknisesti betoni on kehittänyt vuosien varrella huimasti. Samalla betonin koostumus on muuttunut radikaalisti.

Betonin perusainesosa sementti tehdään pääosin kalkkikivestä. Runkoaineena käytettiin ennen luonnonainetta, soraa tai kalliomurskettä.

Nykyään betoniin lisätään seosaineiksi teollisuuden sivuvirtoja, esimerkiksi raudan ja teräksen tuotannossa syntyvää masuunikuonaa ja kivihiilen poltosta jäävää lentotuhkaa. Seosaineiden osuus betonista on kymmeniä prosentteja.

Betonin ominaisuuksia, kuten työstettävyyttä, on muunneltu lisäaineiden avulla niin, että nykybetoni on materiaalina pitkälti toisenlainen kuin edeltäjänsä. Lisäaineiden käyttö on yleistynyt 1960-luvulta lähtien. Tätä nykyä lähes kaikki betoni sisältää lisäaineita.

Nykybetonin vaikutukset sisäilmaan ja materiaalin elinkaaren loppupäässä myös ympäristöön saattavat olla suuret. Betonikemikaalien käyttöä ei ole rajoitettu mitenkään.

Johtava tutkija **Anna Kronlöf** VTT:stä sanoo, että sadan vuoden kokemukseräisellä tiedolla betoni sopii vaikkapa kaivoveden säilyttämiseen.

”Kun nykyisten betonien koostumusta muutetaan esimerkiksi uusilla lisä- ja seosaineilla, terveys- ja ympäristövaikutukset tulee selvittää ta-pauskohtaisesti.”

Valmistajat eivät kerro, kemikaaliasetus ei rajoita

Betonin lisäaineiden koostumukset ovat tuotesalaisuuksia, eivätkä ne ole edes viranomaisten tiedossa. Modernin kiven koko koostumuksesta, sen kosteusteknisestä käyttäytymisestä ja seosaineiden terveysvaikutuksista on hankala saada tietoa.

Puutteellinen tietämys kävi ilmi, kun *Kemia*-lehti kysyi laajasti viranomaisilta, tutkijoilta ja teollisuuden edustajilta tietoja siitä, millaisia aineita betonissa tarkkaan ottaen on, miten ne reagoivat keskenään ja millaiset niiden terveysvaikutukset ovat.

Euroopan kemikaaliviraston

puoli

”Betoni on nykyään enemmän kemialla kuin hiekkaa.”

Echan tiedossa ei ole yhdenkään betonin lisäaineen tarkkaa koostumusta, sillä kyseessä ovat seokset, joiden sääntely ei kuulu EU:n Reach-kemikaaliasetuksen piiriin.

Jos haluaa valmistaa tai maahan tuoda betonin lisäaineen, joka sisältää vaikkapa metakrylaattihappoa, 1,4-dioksaania, etyleenioksidia, arseenia ja bisfenoli A:ta, tälle ei Echan mukaan ole estettä.

”Näistä kemikaaleista minkään käyttöä betonissa ei valvota tai ole rajoitettu. Ainoastaan arseeni, jos se esiintyy arseenihapon muodossa, on lisätty erityistä huolta aiheuttavien aineiden ehdokasluetteloon”, virastosta vastattiin lehden kyselyyn. Arseeniakin saa silti käyttää.

Arseenia päätyy betoniin lähinnä sen seosaineesta lentotuhkasta. Muita aineita, jotka sisältyvät Echalle lähetettyyn tiedusteluun, käytetään betonin lisäaineiden valmistuksessa.

1,4-dioksaani on ihmiselle myrkyllinen, hajoaa hitaasti luonnossa, ja sen on todettu paikoin saastuttaneen pohjavesiä.

Etyleenioksidi voi aiheuttaa astmaa, lyhytaikaisempi altistus hen-

genahdistusta, huonoa oloa ja väsymystä. Se on luokiteltu syöpää aiheuttavaksi ja mahdollisesti myös mutageeniseksi yhdisteeksi.

Bisfenoli A on todettu karsinogeeniseksi, ja se käyttäytyy todennäköisesti elimistössä hormonin tavoin.

Betonin valmistuksessa on jo luovuttu eräiden haitallisten aineiden käytöstä. Melamiini-formaldehydi-, naftaleeni- ja lignosulfonaattipohjaiset notkistimet ovat korvautuneet pääasiassa uudemmilla polykarboksylaattipohjaisilla kampamaisilla polymeereillä.

”Eihän näitä mitenkään mitata”

Moni asiantuntija arveli, että betonissa on lisäaineita niin pieniä määriä, ettei niillä ole merkitystä. He luottivat lisäksi siihen, että aineet

pysyvät betonin sisässä eivätkä pääse sieltä sisäilmaan. Varmuutta ei kuitenkaan ole kenelläkään.

Lisäaineita kehittävän kemianyritys BASF:n **Jan Klügge** kertoo, että kuutiometrissä betonia on tavallisesti 1–15 kilogrammaa lisäaineita.

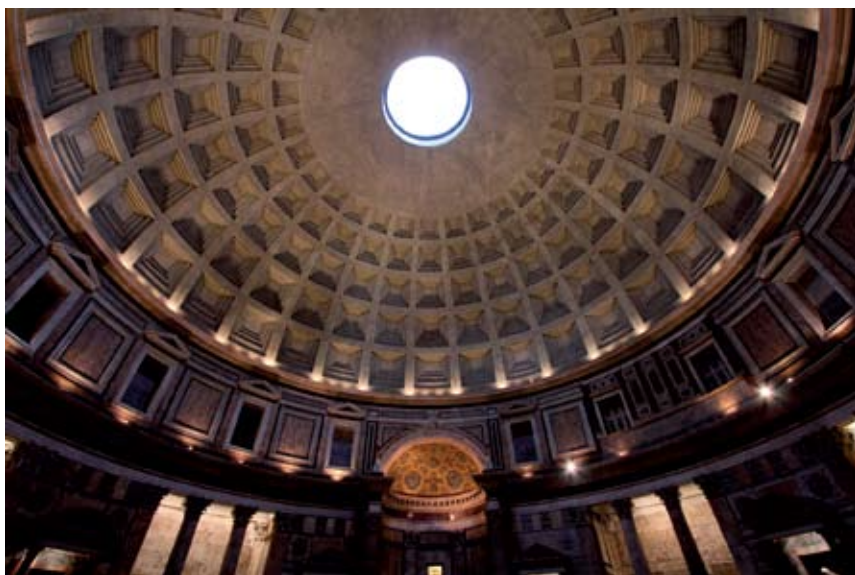
”Eihän näitä aineita mitenkään mitata sisäilmasta”, sanoo kosteus- ja hometalkoiden ohjelmapäällikkö **Juhani Pirinen** ympäristöministeriöstä ja harmittelee tutkitun tiedon puutetta. Hän ei usko lisäaineiden aukottomaan pysymiseen betonissa.

» » »

Scanstockphoto



Argentiinalainen Puente de la mujer -silta on esimerkki nykyajan vaikuttavasta betoniarkkitehtuurista.



Kuvat: Scanstockphoto

100-luvulla rakennetun roomalaisen Pantheonin temppelin kupoli on esimerkki antiikin ajan betoniosaamisesta. Temppeli on tehty hiekasta ja laavakivestä, jotka sidottiin yhteen kalkkikiven ja potsolaanin sekoituksella.



”Totta kai ne [lisäaineet] lähtevät liikkeelle siinä vaiheessa, kun betoni kii-
vuu, ja liukenevat osittain veteen. Vesihöyrymolekyylin mukana ilmaan todennäköisesti tulee näitä komponentteja, mutta en tiedä, miten paljon.”

Pirinen alleviivaa useasti, että ei tiedä. Kukaan muukaan ei tunnu tietävän, miten seos- ja lisäaineista tehty materiaali käyttäytyy kosteassa, toimiiko se esimerkiksi toksisten mikrobin kasvualustana ja millaiset yhteisvaikutukset sadoilla uusilla aineilla on.

Juhani Pirisen mukaan olennaista on se, osallistuvatko lisäaineet hydratoitumisreaktioon vai jäävätkö ne aineeseen kiinni, sekä se, ovatko aineet katalysaat-

torityyppisiä vai osallistuvatko ne sidoksen muodostamiseen.

Betonin elinkaaren loppupäässä aineet joka tapauksessa alkavat liueta ympäristöön.

”Tähän asiaan luonnonsuojelijat eivät ole vielä heränneet.”

Purkubetonista mitataan haitta-aineita sen määrittämiseksi, voidaanko betonimurskaa käyttää maarakentamiseen vai onko se kaatopaikkatuote. Haitta-ainelistat eivät kata kaikkia betonissa käytettyjä ainesosia, ja uusimmat kemikaalit puuttuvat listoilta kokonaan.

”Loppujen lopuksi kuluttajat päättävät”

Rakennustuoteteollisuuden ympäristö- ja energiaohtaja **Pekka Vuorinen** painot-

**Maailman
betonituotannolla
voitaisiin rakentaa
kolme metriä leveä ja
kolme metriä korkea
silta maasta kuuhan
joka vuosi.**

Betonitermejä

- **Betoni** on ihmisen valmistama keinotekoinen kivi. Se tehdään sementistä, runkoaineesta sekä seosaineista, ja lisäksi sen ominaisuuksia säädellään lisäaineilla.
- **Sementti** on betonin perusainesosa. Sementin pääainesosa on kalkkikivi. Sementin klinkkerimineraalit muodostavat reagoi-
dessaan kovan huokoisen kiven, joka sitoo betonin runkoaineet yhteen.
- **Lisäaineet** ovat kemikaaleja, joilla säädellään muun muassa betonin työstettävyyttä, pakka-
senkestoa ja kovettumisnopeutta. Osuus yleensä enintään prosentteja betonin massasta.
- **Seosaineet** ovat betonin runkoaineen (soran tai kalliomurskeen) tilalla nykyisin käytettäviä teollisuuskuonia ja tuhkia. Osuus kymmeniä prosentteja betonin massasta.

taa rakennuskemikaalien tarkoituksenmukaisuutta.

”Euroopassa on maita, kuten Ruotsi, joissa tunnutaan pyrittävän kemikaalittomaan yhteiskuntaan. Se tuntuu vähintään oudolta, kun huomioidaan esimerkiksi rakennuskemikaalien monet pitkäaikaiskestävyyttä ja turvallisuutta parantavat ominaisuudet.”

Vuorinen toimii Suomen edustajana betonistandardien laadinnassa Euroopan standardointikomiteassa CEN:ssä. Hänen mielestään ei ymmärretä, että kemikaaleilla on tuotteissa toiminnallinen funktio.

”Joka tapauksessa niiden vaikutukset arvioidaan osana tuotteita, joissa niitä käytetään”, Vuorinen uskoo ja kertoo tuotevalmistajien antavan yhteismitallis-



Hopeasija hometestissä

Betonia mainostetaan lahoamattomana ja homehtumattomana materiaalina. Betoni kuitenkin toimii mikrobien kasvualustana kuin mikä tahansa materiaali – jopa paremmin.

Kun Tanskan teknillisen yliopiston systeemibiologian laitoksessa tutkittiin 18 rakennusmateriaalin homehtumisherkkyyttä, betoni sijoittui toiseksi.

”Betonia herkempi homehtumaan oli vain kipsilevy”, kertoo tutkimusta vetänyt apulaisprofessori **Birgitte Andersen**.

Andersenin mukaan mikrobikasvustoa löytyi etenkin vaakapinnoilta otetuista betonikappaleista sekä paljailta pinnoilta että tiilien ja puulattioiden alta.

”Toisin sanoen sieltä, minne pölyä ja kosteutta kertyy.”

Betoni oli hyvä kasvualusta etenkin *Chaetomium*- ja *Aspergillus*-mikrobeille, jotka ovat tyypillisiä kosteusvauriolajeja. Mikrobien erittämät VOC-päästöt on liitetty terveysriskeihin.

”Laboratoriotesteissä agar-alustoilla monet näistä mikrobilajeista voivat tuottaa mykotoksiineja ja muita biologisesti aktiivisia komponentteja. *Chaetomiumin* tuottamat aineenvaihduntatuotteet tunnistaa siitä, että ne haisevat vanhalle talolle tai märälle koiralle”, Andersen kuvailee.

Suomessa betonin mikrobikasvua on selvittänyt sisäilma-asiantuntija, diplomi-insinööri **Pirjo Prokkola**, jonka tulokset ovat samansuuntaisia kuin tanskalaistutkijoiden. Myös hän on löytänyt betonista vaarallisia mikrobikasvustoja

ja kosteusvaurioiden indikaattorilajeja, kuten sädesieniä.

Prokkola on huomannut, että esimerkiksi kevytbetonia markkinoidaan meillä homehtumattomana materiaalina.

”Sehän ei pidä paikkaansa. Hämmästelinkin, ettei rakennuslalla ole samallaista väitevalvontaa kuin esimerkiksi ravitsemuksellisista väitteistä on.”

Betonista sanottua

”Haihtuminen ja terveysvaikutukset ovat asia, joka pitää ottaa huomioon. Jos aineet on väärin valittu, niin ongelmia voi tulla. Valmistajat eivät kuitenkaan ole mitään pikkupajoja.”

Markku Leivo, johtava tutkija, VTT

”Jos betoniin todella laitetaan 20 litraa lisäainetta kuutiolle, en ihmettele yhtään, että sillä voisi olla terveysvaikutuksia.”

Juhani Pirinen, kosteus- ja home-talkoiden ohjelmapäällikkö, ympäristöministeriö

”Kyllä jotkin betonin lisäaineista voivat olla sellaisia, joita homeet voisivat käyttää.”

Vesa Penttala, professori, Aalto-yliopiston rakennustekniikan laitos

”Koti kannattaa rakentaa betonista. Se kun tuo lukuisten muiden ominaisuuksien mukana myös kosteusteknisen varmuuden.”

www.betonitalo.fi, Rakennustuoteteollisuus ry

”Betoni on nykyään enemmän kemiaa kuin hiekkaa, noin karkeana linjauksena.”

Johtava tutkija **Markku Leivo**, VTT

”Betonia herkempi homehtumaan oli vain kipsilevy.”



Yhdessä kerrostalossa voi olla jopa kymmeniä eri betonityyppejä: yhtä laatua rungossa, toista parvekkeissa, kolmatta lattioissa.

Lisäaineet mullistivat betonialan

Lisäaineet ovat avanneet betonille uusia ulottuvuuksia. Esimerkiksi huokostimilla betoniin saadaan pieniä ilmakuplia, jotka parantavat materiaalin pakkaskestävyyttä. Rakennukset ovat niiden ansiosta aiempaa pitkäikäisempiä.

Seosaineilla ja lisäaineilla betonista on tehty pienirakeisempaa ja työstettävämpää, joten sitä voidaan pumpata työmaalle suoraan betoniasemalta saapuvasta säiliöautosta.

Lisäaineet ovat mahdollistaneet uudenlaisten työmenetelmien ja aineyhdistelmien käytön tavallisessa rakentamisessa, mutta ne ovat avanneet ovia myös erikoisrakenteille.

Merkittävimpiin lisäaineisiin kuuluvat vuosituhannen vaihteessa alalle tulleet tehonotkistimet, joilla betonista tehdään helppoaluisempaa.

Kemianjätti BASF kehitti notkistin-tekniikan avulla erityisen betoniseoksen, jonka avulla valmistettiin maailman korkein rakennus, Dubain Burj Khalifa.

”Seos voitiin pumpata 600 metrin korkeuteen yhdellä kertaa”, kertoo BASF:n Ready Mix -betoniseoksen markkinointipäällikkö Jan Klügge Saksasta.



Maailman korkeimmalla rakennuksella Burj Khalifalla on mittaa huimat 828 metriä.

Scanstockphoto



ta tietoa esimerkiksi rakennustuotteiden CE-merkinnöissä.

”Loppujen lopuksi kuluttajat päättävät siitä, mikä kemikaalien käytössä on hyvää ja mikä huonoa.”

”Jätteen turvallinen käyttö varmistettava”

Betonin lisäaineiden lisäksi mahdollisen ongelman muodostavat betonin seosaineet.

Teollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen betonissa on järkevää sekä taloudellisesti että ekologisesti ajateltuna. Jätevuoret pienentyvät, eikä neitseellistä

”Hämmästelen, ettei rakennusalalla ole väitevalvontaa.”

Päästöjätkäisestä hiilinieluksi

Betonin tuotanto kuluttaa huomattavasti energiaa. Noin viisi prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä on peräisin betonin valmistuksesta.

Toisaalta betoniteollisuus on näyttänyt muille mallia päästöjen vähentämisessä. Kun monilla aloilla päästötavoitteiden saavuttaminen tekee tiukkaa, betoniteollisuus on alittanut tavoitteet reilusti ja jopa etuajassa. Esimerkiksi suomalaisen Finnsementin hiilipäästöt laskivat vuodesta 1990 vuoteen 2012 yli 26 prosenttia sideainetonna kohden.

Betoni myös sitoo matkan varrella hiiltä takaisin itseensä. Kun talo puretaan ja murskataan takaisin hiekaksi, soraksi tai uuden betonin raaka-aineeksi, betonista tulee merkittävä hiilennieliä.

luonnonmateriaalia tarvita yhtä paljon kuin aiemmin.

Kuonien ja tuhkien raskasmetallipitoisuus voi kuitenkin olla korkea.

Esimerkiksi lentotuhkalle on annettu ympäristökelpoisuuden osalta raja-arvot silloin, kun sitä käytetään ns. MARA-asetuksen mukaisesti maarakentamisessa. Asetuksen mukaan maarakentamiseen käytettävästä tuhkasta on tutkittava haitta-aineet ja niiden liukoisuus.

Kun samaa tuhkaa lisätään rakennuksessa käytettävään betoniin, tilanne on

vielä tällä hetkellä toinen. Vastaavanlaiset ympäristökelpoisuusmenettelyt kuin maarakentamisessa ovat kuitenkin jo valmisteilla EU-tasolla.

Jätteen käyttö uusiutuotteina yleisyytyy, ja tämä koskee myös rakentamista. Lisäksi seosaineena on joissain Euroopan maissa alettu käyttää kierrätysbetonia, jota uusiokäytetään myös maarakentamisessa.

Rakennus- ja purkujätteestä päätyy tätä nykyä kierrätykseen noin 70 prosenttia.

KOMMENTTI

Valvonnan musta aukko

Viranomaisvalvonnassa betoniriskien kohdalla näyttää olevan musta aukko.

Betonin valvonta on keskittynyt materiaalin rakennusteknisiin ominaisuuksiin, mutta terveysvaikutusten arviointi on käytännössä unohdettu, ja ympäristöarvioinnissakin on isoja aukkoja.

Juttua varten haastateltiin kymmeniä viranomaisia ja tutkijoita sekä asiantuntijoita betoni- ja rakennustuoteollisuudesta.

Ympäristöministeriöstä ei löytynyt henkilöä, joka olisi osannut kertoa betonin vaikutuksista terveyteen. Ministeriöstä neuvottiin kääntymään muun muassa Tukesin tai Betoniteollisuus ry:n puoleen.

Tukesissa asiaa pallolettiin, kunnes löytyi ihminen, jonka vastuulle betonin ja sen lisäaineiden terveysturvallisuus olisi periaatteessa kuulunut. Hänellä ei kuitenkaan ollut asiasta tietoja. Tukes myönsikin, että virastossa on tässä kohdin tietoaukko.

Asiaa selviteltyään Tukes palasi aiheeseen ja ilmoitti, että ainoa aine, jonka määrää betonissa on rajoitettu, on liukoinen kuusiarvoinen kromi. Virasto myös valvoo betonin kromirajaa.

Suomen ympäristökeskuksessa ei ollut ketään, joka olisi tuntenut aihepiiriä. Syke ohjasi osoittamaan kysymykset muun muassa VTT:hen.

VTT kertoi, että lisäaineiden valvonnasta ja niiden terveysvaikutuksista saa tietoa aineiden valmistajilta ja tuotteiden käyttöturvallisuustiedotteista. Tiedotteissa ei kuitenkaan ole lueteltu lisäaineiden ainesosia lukuun ottamatta muutamia vaaralliseksi listattuja yhdisteitä.

Jatkokyselyn jälkeen VTT:stä neuvottiin ottamaan yhteyttä betoniteollisuuteen.

Asiantuntijat luottivat ja -standardeihin turvallisuuden takeena. Euroopan standardointikomitean CEN:n laatimissa standardeissa ei kuitenkaan ole otettu huomioon terveysaspektia. Niissä ei aseteta betonin lisä- ja seosaineiden ainesosille käyttörajoituksia muutoin kuin rakennusteknisestä näkökulmasta.

Myöskään CE-merkintä ei rajoita seos- ja lisäaineiden haitta-aineiden käyttöä.

Uudenmaan ELY-keskuksesta vahvistettiin, että betoni tulee valvonnan piiriin vasta, kun siitä tulee purkujätettä. Ympäristölupa vaaditaan betonijätteelle, ei betonin asumisaikaiselle käytölle.

Katja Pulkkinen

”Jätteen hyödyntäminen on ensiarvoisen tärkeää, mutta toiminnan tulee olla tuotteenomaista ja jätteen turvallinen käyttö materiaalitoimittajan toimesta varmistettu ja osoitettu”, VTT:n erikoistutkija **Jutta Laine-Ylijoki** sanoo.

□

Kirjoittaja on vapaa toimittaja.
pulkkinen.katja@gmail.com

*Juttua varten ovat antaneet tietoja muun muassa johtava tutkija **Markku Leivo** VTT:stä, tekniikan tohtori **Risto Mannonen** Suomen betoniyhdistyksestä, Rudus Oy:n kehityspäällikkö, vihreän betonin asiantuntija **Vesa Anttila**, Aaro Kohonen Oy:n betoniteknologia-asiantuntija **Elina Paukku** ja professori **Vesa Penttala** Aalto-yliopiston rakennustekniikan laitoksesta.*