

Betologi-ohjelma betonien lujuuden- ja lämmönkehityksen arviointiin

Anna Kronlöf, TkT, kemian tekniikka, betonitekniikka

anna.kronlof@gmail.com

Klaus Kronlöf, TkL, informaatiotekniikka, teknillinen fysiikka

Betologi-ohjelma arvioi betonien lujuuden- ja lämmönkehitystä rakenteissa. Ohjelman rakenne mahdollistaa monipuolisen betonireseptien suunnittelun.

Tarve vähentää betonin hiilijalanjälkeä edellyttää betonireseptien muokkaamista vähähiilisempään suuntaa. Uusien seostettujen betonilaatujen käyttäytyminen poikkeaa perinteisistä sekä lämmön- että lujuudenkehityksen ja myös lämpötilaherkkyden suhteen.

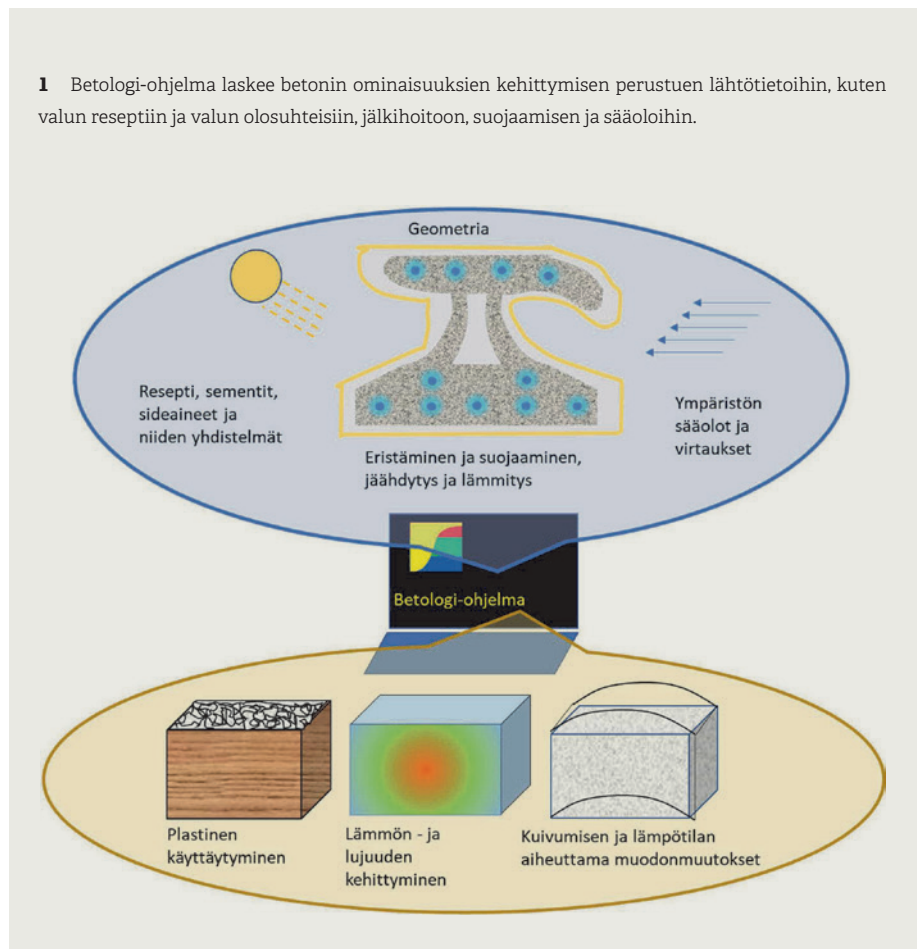
Betonien käyttäytymiseen voidaan vaikuttaa jäähtäyksellä, lämmityksellä sekä suojaamisella mukaan lukien toimenpiteiden ajoittaminen ja jaksottamisen. Rakenteiden geometria vaikuttaa myös betonin käyttäytymiseen, joten kunnianhimoinen arkkitehtuuri tuo omat haasteensa betonitöiden suunnitteluun.

Monimutkaisten vuorovaikutusten huomioon ottaminen suunnitteluvaiheessa ei onnistu nomogrammeilla eikä taskulaskimella. Nyt kehitetty Betologi-ohjelma on laskentatyökalu, joka on kehitetty tulevaisuuden tarpeisiin. Sen ominaisuudet ovat monipuolisuus, joustavuus, havainnollisuus, helppokäyttöisyys ja vuorovaikutteisuus.

Betologi-ohjelma arvioi betonien lujuuden- ja lämmönkehitystä rakenteissa. Ohjelman rakenne mahdollistaa monipuolisen reseptien suunnittelun, jossa esimerkiksi erilaisten sementtien ja seosaineiden kuten kuonan, silikan, lentotuhkan sekä myös kalkkikiven yhteisvaikutus betonin käyttäytymiseen voidaan ottaa huomioon. Uusia sementtejä ja sideaineita voidaan liittää joustavasti ohjelmaan, kun niiden käyttäytyminen tunnetaan laboratoriomittausten avulla.

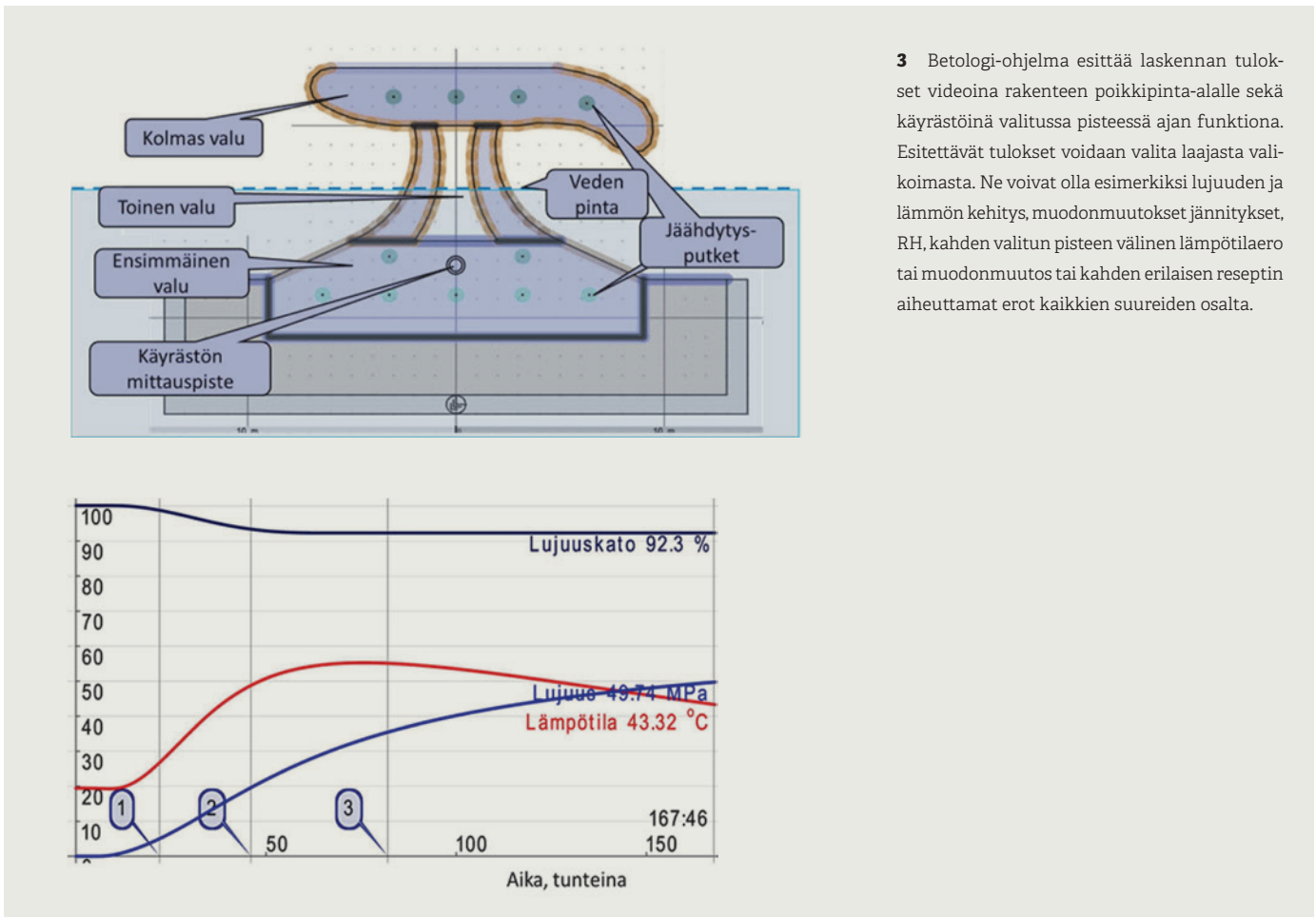
Ohjelmalla laskettava rakenne voi sisältää useampia valuja (kerrosvalut), ei-reagoivia kap-

2 Kruunuvuoren sillan betonitöiden suunnittelussa on käytetty Betologi-ohjelmaa.



Artikkelin kuvat: Anna Kronlöf. Valokuvat mainittu erikseen





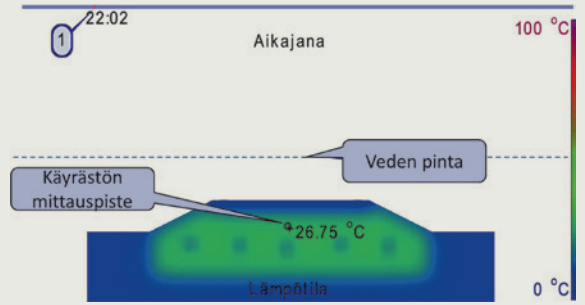
3 Betologi-ohjelma esittää laskennan tulokset videoina rakenteen poikkipinta-alalle sekä käyrästöinä valitussa pisteessä ajan funktiona. Esitettävät tulokset voidaan valita laajasta valikoimasta. Ne voivat olla esimerkiksi lujuuden ja lämmön kehitys, muodonmuutokset jännitykset, RH, kahden valitun pisteen välinen lämpötilaero tai muodonmuutos tai kahden erilaisen reseptin aiheuttamat erot kaikkien suureiden osalta.



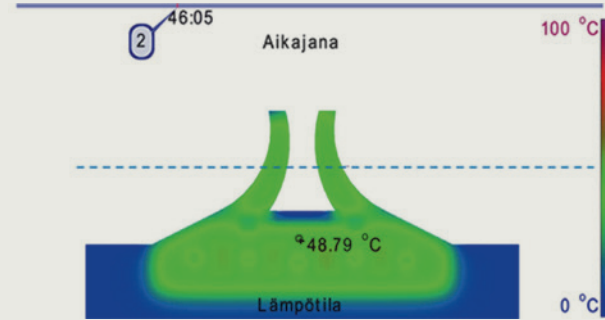
Kruunusillat-hanke

5 Esimerkkivalu on osittain vedenalainen, sen koko on noin 8 m × 8 m. Se valetaan kolmessa vaiheessa erilaisilla massoilla. Mittauspiste sijaitsee ensimmäisen valun yläosassa.

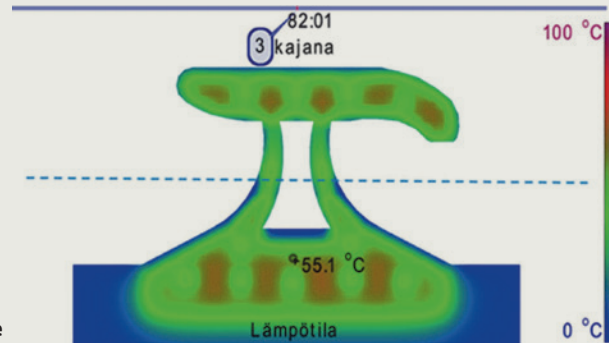
Valun I vaihe



Valun II vaihe



Valun III vaihe



4 Kruunuvuoren sillan välitukien valu käynnissä. Näiden peruslaatat valetaan kuivatyönä kasuunin sisällä.

paleita, muotteja, eristeitä, lämmityskaapeleita ja jäähdytysputkia. Laskennassa huomioidaan erilaiset säätilat sekä myös vedenalainen valu lämpötila- ja virtausvaikutuksineen. Näiden ajoitus ja jaksotus otetaan laskennassa huomioon. Ohjelma laskee myös lämpötilan vaihtelusta ja kuivumisesta johtuvat muodonmuutokset ja jännitykset halkeiluriskin arviointia varten. Tulos ilmaistaan käyrinä, värikarttoina ja animaatioina. Aiemmin rakenteiden jäähdytystä ja haastavia muodonmuutosarvioita ei ole voitu laskea.

Ohjelman uusi ominaisuus tuoreen betonin käyttäytyminen plastisessa vaiheessa, kuten erityisesti lattiavalujen halkeiluriskin arvioimiseksi. Betonin koostumuksen ja ympäristöolosuhteiden lisäksi ohjelmalla voidaan arvioida tuoreen betonin käsittelyn kuten jälkihoitomenettelyjen ja hiertämisen vaikutus plastisen betonin käyttäytymiseen. Tulos ilmoitetaan esittämällä halkeilun muodostumisen ajankohta ja halkeiluverkoston rakenne. Betologi mahdollistaa betonimassan, ympäris-

töolojen ja jälkihoidon suunnittelun plastisen halkeilun estämiseksi.

Betologin pitkän ajan tavoite on helpottaa siirtymistä ympäristövaikutuksiltaan parempien, mutta käyttäytymiseltään huonommin tunnettujen betonien käyttöön. Samoin on tarkennettu monimutkaisten valukokonaisuuksien hallittua toteutusta, jotta rakenteiden käyttöikä on pitkä. Betologin avulla on mahdollista tutustua uusien betonien käyttäytymiseen virtuaalisesti.

Betologi-ohjelman kehitystyön tilaajana on ollut Ruskon Betoni Oy. Ohjelmaa on käytetty Kruunuvuoren sillan betonitöiden suunnittelussa. Ruskon Betonin uusi kehitystavoite on mahdollistaa ohjelman käyttöä ”netin yli” omalle asiakaskunnalle, jotta tulevaisuudessa mm. suunnittelijat ja työmaamestarit voivat käyttää sen ominaisuuksia suunnittelunsa tukena.

Lisätietoja: Anna Kronlöf, anna.kronlof@gmail.com