

# Betooni mahukahanemise dilemma

Mõned tähelepanekud betooni mahukahanemise kohta ning selle tagajärjed betoonpõrandate ehitusele.

## MATI LAURSON

EPMÜ doktorant, tehnikamagister

On hulk tegureid, mida tuleb jälgida betoonisegu koostamisel, paigaldamisel ja hooldamisel, kuid paljudi võib juhtuda ka juba kivistunud betooniga. Vaatluse all on betooni kuivamiskahanemisest tingitud probleemid, sealhulgas purunemised täidetud vuukide kohal, betoonplaatide kõverdumine ja ülemääraste pragude tekkimine.

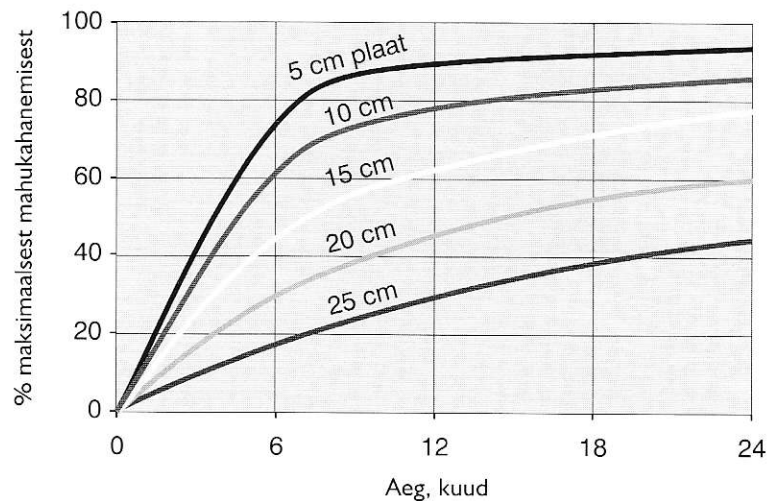
Enamik betoonkonstruktsioonide projekteerijaid teavad, et betooni kuivades toimub mahukahanemine, kuid tihti peale ei arvesta nad seda oma töödes. Ja isegi kui kahanemise protsess on arvesse võetud, esineb konflikteid arvamusi parima tee leidmisel mahukahanemise kahjulike mõjude piiramiseks. Kahjuks ei ole ka katsetulemused nende konfliktsete arvamuste kinnitamiseks või kummutamiseks alati kättesaadavad, nagu näitavad allpool toodud näited.

### Vuukide lagunemine

Betooni mahukahanemise laboratoorsesel uurimistel on selgunud, et ainult 34% 38-kuulisel kuivamisperioodil toimunud mahukahanemisest toimus esimesel kuul, ja 90% alles pärast 11 kuud kuivamist. Erinevalt põrandatest said katsekehad laborites kuivada kõigis neljas suunas.

**Joonisel 1** on toodud erineva paksusega betoonplaatide kuivamiskahanemise sõltuvus ajast. Jooniselt selgub, et 15 cm paksune betoonpõrand, mis kuivab ühes suunas, saavutab pärast 12 kuud kestnud kuivamisprotsessi ainult 60% kogu mahukahanemisest. Sellel võivad olla praktiliskas soovimatud tagajärjed.

Eestis levinud praktika järgi täidetakse betoonpõrandate vuugid valdavalt umbes üks kuu pärast põrandate valu. Paljude maade põrandate paigaldusjuhendites on nõue: vuuke ei tohi täita enne 90 päeva möödumist betooni paigaldamisest. Kuid vaadake nimetatud 15cm paksust



Joonis 1. Betooni kuivamiskahanemise sõltuvus ajast erinevate betoonplaatide paksuste korral.

betoonplaati joonisel 1. Kolm kuu pärast õhu käes kuivamist on betoonplaat kahanenud 30% võrra ning 1 kuu möödudes ainult 10-15% võrra kogu mahukahanemise lõplikust suurusest.

Kui vuugitäide paigaldatakse ühe kuu möödudes betoonivalust, tekivad mahukahanemisest tingitud vuukide täiendava laienemise tõttu tõenäoliselt probleemid juba enne aasta möödumist. Sõltuvalt täitematerjali tüübist võib pragunemine tekkida kas vuugitäites, betoonis või vuugitäite ja betooni liitekohal. Kui töövõtja siiski ootab ja täidab vuugid alles siis, kui pinda juba koormatakse, võivad vuukide servad enne täitmist mureneda liikluse tõttu betoonpinnal.

Praktilist lahendust probleemile pole veel esitatud. Ilmselt on parim lähene mine nõuda töövõtjalt vuukide täitmist nii hilja kui võimalik ning täita hiljem täiendavalt alad, kus täitematerjal on pragunenud või betooni küljest eraldunud.

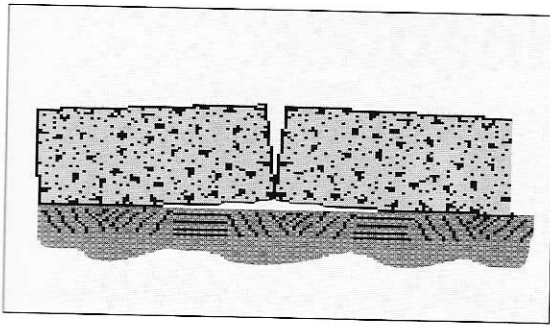
### Betoonplaatide kõverdumine

Betoonplaatide kõverdumine on kuivamise ajal toimuva mahukahanemise üks tagajärgedest. Betoonplaadiks

loetakse siin vuukidega piiratud pinda. Kõverdumine toimub tänu niiskussisalduse ja temperatuuri erinevustele betoonplaadi üla- ja alapinna vahel. Kõverdumine põhjustab betoonplaadi servade tõusmise ülespoole, nagu on näidatud **joonisel 2**. Tõus on suurim plaadi nurkades, kuna nurkades liitub plaadi ristuvate servade mahukahanemisest tingitud kõverdumine. Kuna betoonplaadi servad ei puuduta aluspinda, põhjustab betooni kaal plaadi äärtel üleslükkevava jõu ka betoonplaadi keskel. **Joonis 3** näitab kontaktpinda betoonplaadi ja aluspinna vahel.

Ringikujuline ala betoonpinna keskosas on küll alusega kontaktis, kuid tänu üles kerkinud konsoolsete servade kaalule avaldab alusele väga väikest survet.

Betoonplaadi paksus mõjutab märkimisväärselt tekkiva kõverdumise määra. Kuigi soovitatakse kõverdumise vähendamiseks kasutada suuremat betoonplaadi paksust, tuleneb teoreetilistest arvutustest siiski, et plaadi paksuse tõustes suureneb ka kõverdumise määr. Üheseid katsetulemusi tõestamaks või kummutamaks teoreetiliste kalkulatsioonide tulemusi hetkel veel ei eksisteeri.

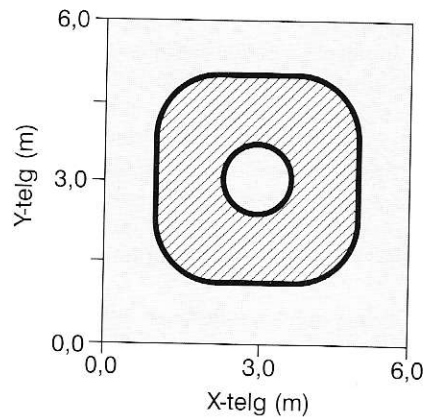


Joonis 2. Kuivamis-  
kahanemise tulemusena  
tekkiv betoonplaadi  
servade tõus

### Liigne pragunemine. Takistatud kahanemine kuivamisel.

Betoonplaadide kõverdumisel tekkivad sisepinged põhjustavad betooni pragunemist tänu plaadiservade tõusmisele ning aluse toe kadumisele. Kuid pragunemist võivad põhjustada ka kõikvõimalikud takistused betoonplaadi vabale kahanemisele. Iga betoonplaat toetub alusele (vähemalt need plaadi osad, mis ei ole kõverdumise tõttu üles tõusnud). Kui betoonplaat püüab kuivades lüheneda, osutab aluspind sellisele liikumisele vastupanu. Selle vastutöötamise ulatus on proportsionaalne aluse ja betoonplaadi vahelise hõõrdeteguriga.

Betoonpõrandate aluste hõõrdetegurid on enamasti vahemikus 0,5 kuni 3,5. Madal hõõrdetegur aluse ja betoonplaadi vahel võimaldab vuukide laienemist ilma pragunemise mahu suurenemiseta. Väikseim hõõrdetegur on polüetüleenkilil. Liiva väga madal hõõrdeteguri



Joonis 3. Kõverdumise tulemusena  
tekkiv pilt betoonplaadi ja aluse  
vahelisest kontaktpinnast

väärtus, peaaegu sama madal kui polüetüleenkilil, seletab projekteerijate suunda asendada killustikust või kruusast aluspind liivast aluspinnaga. Selline lähenemine ei ole aga õigustatud dünaa-

miliste koormuste ja niiskete aluste korral.

### Vuukide paiknemine

Ilmselt on betoonplaadide kuivamiskahanemise puhul kõige arvestatavam probleem mahukahanemisuukide asukoht ning nende vaheline kaugus. Vuukide vaheline kaugus, mis minimeerib kahanemisest tingitud pragunemise, sõltub samuti betoonplaadi paksusest. Praktikas tagab minimaalse pragunemise enamikel juhtudel kahanemisuukide vaheline kaugus ca 4,5 m. Kui on arvata, et valitud betoonisegu kahaneb rohkem kui tavaline betoon, peavad vuugid asetsema isegi üksteisele lähemal. Kui on alust arvata, et betoon kahaneb vähem, võivad vuugid asetseada ka üksteisest kaugemal.

Kuigi suurem vuukide arv (väiksem vuukide vaheline kaugus) vähendab pragunemist, on vuugid siiski betoonpõranda nõrgimad kohad, kust algavad tavaliselt probleemid. Seetõttu on tänapäeva praktikas suund vuukide arvu vähendamisele ja vuukide vahelise kauguse suurendamisele.

Kirjandus:

1. William F. Perenchio, "The Drying Shrinkage Dilemma", Concrete Construction, märts 1997.
2. R.F. Ytterberg, "Shrinkage and Curling of Slabs on Grade," Concrete International, juuni 1987
3. Heikki Siro, "Betonilattiat", Rakentajain Kalenteri 2000.

## 2.- 8. aprillini toimub Münchenis juba 26. rahvusvaheline ehitusmess **Bauma 2001**, mis oma mahult ja mõõtmetelt ületab kõik eelnenud messid.

Kui 1998. aastal mahtusid 1993 osavõtjat 37 riigist ära 435 000 ruutmetrile, millest sisepinda oli 140 000 ruutmeetrit (13 halli), siis nüüd, kolm aastat hiljem on olukord teine. Juba tänaseks on registreerunud üle 2100 osavõtja enam kui 40 riigist, sisepinda on suurendatud kolm korda ja ka külastajaid oodatakse sadatuhat enam kui 1998. aastal.

Bauma 2001 on suurim omalaadne. Esindatud on kõik ehitusega seonduv alates ehitusmaterjalidest kuni kõikvõimaliku ehitustehnikani. Messiga samaaegselt toimub kokku viis sümposiumi ja kongressi:

VI Rahvusvaheline Tunneliehituse Sümposium, V Rahvusvaheline Mikrotunneliehituse Sümposium, IV Rahvusvaheline Teedeehitussüsteemide ja Tehnikaalane Sümposium, Saksamaa Ehitustehnikaalane Kongress 2001 ja Rahvusvaheline Sümposium Automaatika ja Robotid Ehituses.

**bauma**  
**2001**

**Munich**  
**2 - 8 April**

**The World Fair**  
Construction Machinery  
Building Material Machines  
Construction Vehicles  
Construction Equipment

**New Munich Trade Fair Centre**