

BETONEERIMINE KUUMA ILMAGA

Ideaalseteks betoneerimise tingimusteks on keskkonna temperatuurid vahemikus 15...20 °C, kõrge suhteline õhuniiskus, soovitatavalt mitte alla 70%, ja tuulevaikne päikeseta ilm. Suvekuude – juuni kuni august – keskmine statistiline temperatuur langeb just sellesse piirkonda, olles 14...18 °C, kuid temperatuuride maksimumid Eestimaal on ulatunud kuni 33...35 °C. Tartus on täheldatud 25-kraadise temperatuuriga päevi kuuel kuul aastas, aprillist septembrini. Päikeselisi päevi on põhjamaalase jaoks ehk liialt vähe, kuid sageli küllaldaselt selleks, et käsitleda neid kui negatiivset faktorit betoneerimise seisukohalt.

Temperatuuri tõusu, suhtelise õhuniiskuse languse ja tuule kiiruse kasvuga hakkavad sagenema reklaamtasoonid betoonisegu ja paigaldatud betooni kvaliteedile, tekib niinimetatud kuuma ilma sündroom. Ameerika betooniinstituut (ACI) on kuuma ilma defineerinud betooni seisukohalt kui kombinatsiooni temperatuuri tõusust, madalast õhuniiskusest ja tuulekiirusest, mis võib kahjustada betoonisegu ja kivilenud betooni omadusi.

Kuuma ilmaga betoneerimise edukuse võtmeks on üldjuhul betoonisegu ja betooni omadusi mõjutavate faktorite hea tundmine ning betoonile negatiivselt toimivate faktorite mõju vähendamise planeerimine. Enamik kuuma ilmaga betoneerimise probleemidest on seotud tsemendi hüdratatsioonikiiruse kasvu ning vee suurenenud aurumisega värske betoonisegu pinnalt.

Kuuma ilmaga betoneerimisel tekkivad probleemid võib jaotada ajaliselt kahte järku:

- esiteks need, mis leiavad aset betoonisegus enne betoonivalu või vahetult betoonivalu ajal;
- teiseks need, mis leiavad aset kivilenud betoonis pärast betoonivalu.

Probleemid, mis võivad üles kerkida seoses värske betooniseguga, on:

- betoonisegu veevajaduse

suurenemine (vt joonis 1 ja 2);

- töödeldavuse kiire halvenemine ning raskendatud paigaldamine ja viimistlemine;
- betoonisegu kiire tardumine;
- õhusisalduse mittestabiilsus külmumiskindluse nõudega betoonidel;
- töödeldavuse kiire kao kompenseerimiseks täiendava koguse vee lisamine segusse ehitusplatsil;
- külmvuukide tekke oht, kui betoonisegu valatakse eelnevalt valatud betoonile, mis on olude tõttu jõudnud hakata juba tarduma või kivilenema;
- plastilisest ja kuivamiskah-

nemisest tingitud pragumiste rohkenemine.

Betooni veevajaduse muutust sõltuvalt keskkonna temperatuurist iseloomustab joonis 1. Joonisel 2 on esitatud betoonisegu töödeldavuse sõltuvus temperatuurist sama vee koguse juures segus.

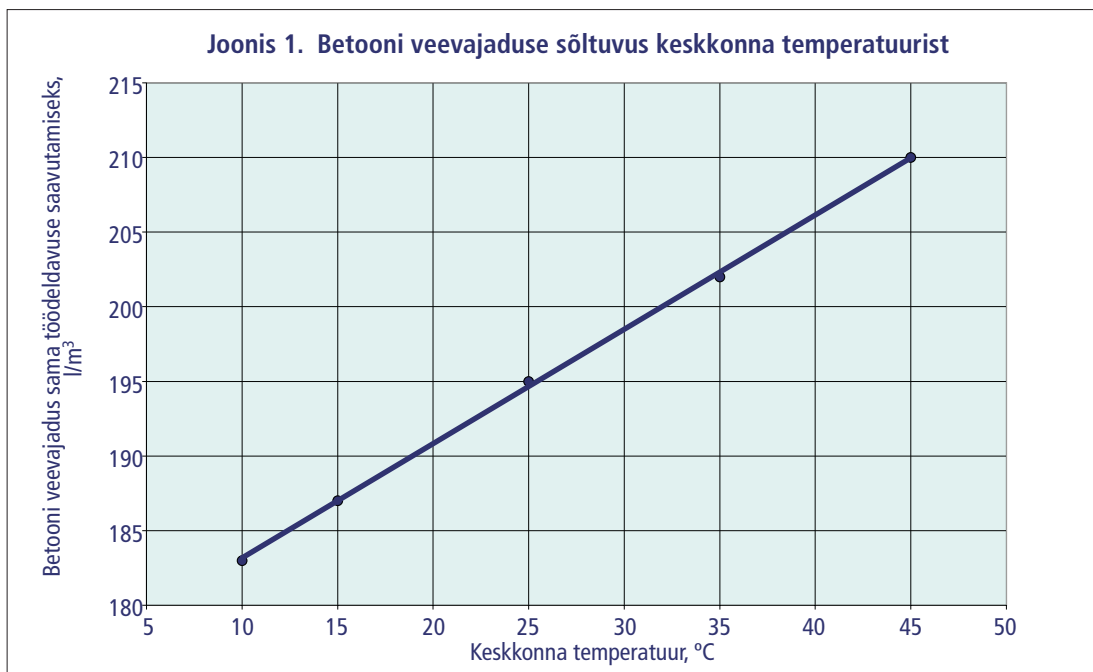
Kuumade päikesepaisteliste ilmadega on täitematerjalid sageli ülikuivad ja osakeste pinnal absorbeerunud niiskuskile praktiliselt puudub. Seetõttu on betoonisegude veevajadus kuumal ajal alati mõnevõrra kõrgem kui niiskete ja jahedate ilmade korral.

Kui täitematerjal on lisaks kuivusele ka poorne, nagu meie lubjakivid, siis hakkab ta

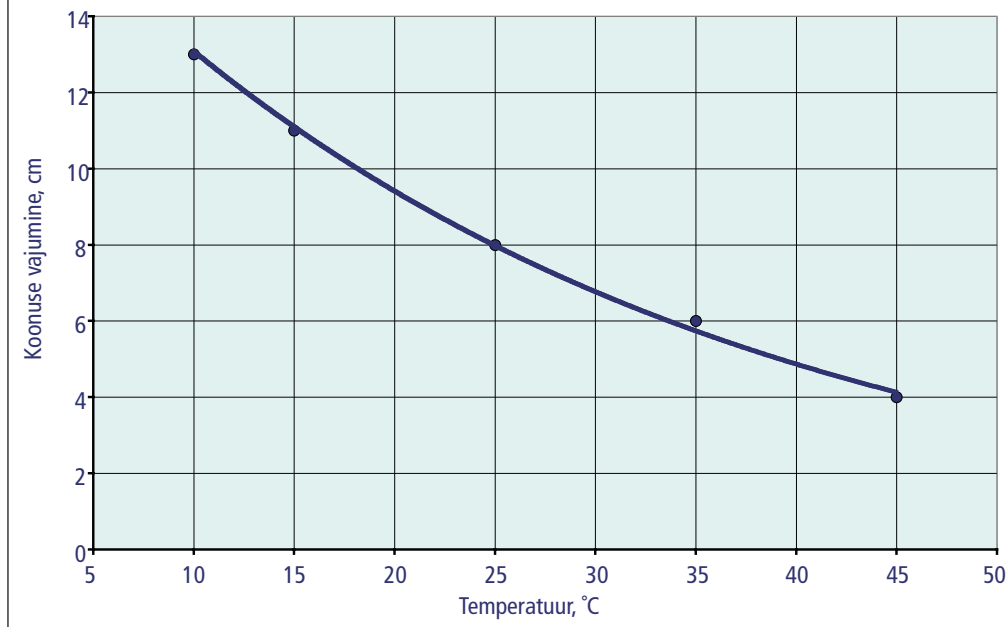
vastvalmistatud betoonisegust kohe endasse vett imama. Eri-nevate lademetete ja kihtide lubjakivide veemavus võib olla küllaltki erinev, kõikudes protsendiosast mõne protsendini.

Veeimavus on ajas vaibuv protsess, olles esimese tunni jooksul, mil toimub betoonisegu tarne, suhteliselt kiire. Kui palju vett imab killustik segust endasse, on raskesti prognoositav suurus – see sõltub ajast ja killustiku omadustest. Selles protsessis kaotab betoonisegu seesmiselt osa töödeldavuse tagamiseks vajalikust veest. Suvises kuivuses halveneb töödeldavus palju kiiremini kui teistel aastaaega-

Joonis 1. Betooni veevajaduse sõltuvus keskkonna temperatuurist



Joonis 2. Temperatuuri mõju betooni töödeldavusele



del. Tunnisel veeteel võib siseimavuse tõttu betoonisegu ühest kuupmeetrist kaduda ligemale 10 liitrit vett ja selle tagajärjel töödeldavus väheneda 3...5 cm. Tiheda graniitküllustiku korral halveneb töödeldavus aeglasemalt, sest siseimist veeimavust praktiliselt ei toimu.

Vesitsementteguri arvutamisel ei tule killustiku poolt segust ära imatud vee hulka põhimõtteliselt arvesse võtta. Imatud vee arvel betooni vesitsementsuhe väheneb ja betooni tugevus peaks seeläbi mõnevõrra tõusma. Kui killustiku hulk betoonisegu ühes kuupmeetris on 1000 kg, siis killustiku poolt seotud vee hulk võib ulatuda orienteervalt 10 liitrini. Kui betooni tsemendisaldus on 330 kg/m³, siis vesitsementteguri väheneimine betoonisese veeimavuse tõttu võib olla 0,03 ning eeldatav tugevuse tõus 2,5...3 MPa. Tiheda graniitküllustiku puhul betoonisene veeimavus puudub ja oodatavat tugevuse tõusu ei esine.

Siit selgub lubjakiviküllustiku kaks erinevat tahku:

- esiteks – kuiva killustiku veeimavus ja sellest tulenev kiirem töödeldavuse kadu;
- teiseks – siseimise veeima-

vuse positiivne mõju betooni survetugevusele.

Kõrge õhutemperatuur, eriti kui sellega kaasnevad madal õhuniiskus, tuul ja päikesekiirgus, soodustab vee aurumist betoonist. Vee aurumisega kaob osa töödeldavust tagavast veest ning tagajärjeks on betoonisegu töödeldavuse järkjärguline langus.

Keskkonna temperatuuri tõusuga betooni valmistamiseks kasutatavad materjalid soojenevad ning segatava betooni temperatuur kipub ulatuma üle tavapärase 15...20 °C. Betoonisegu temperatuuri kasvades kiirenevad vee ja tsemendi vahelised reaktsioonid, mille loomulikuks tulemiks on töödeldavust tagava vaba vee hulga vähenemine tavapärasest kiirem langus ning kiire tardumine. Eelpoolnimetatud mõjurite tulemid liituvad ja tulemus on seda tuntavam, mida pikem on aeg betooni valmistamisest selle paigaldamiseni.

Mida kõrgem on tsemendi hulk betoonis, seda kiiremini väheneb töödeldavus ja seda kiiremini segu tardub. See on seotud segu soojaeralduse kasvuga ning temperatuuri tõusuga.

Töödeldavuse kao selle osa

pidurdamiseks, mis on seotud tsemendi ja vee vahelise reaktsiooniga, võib efektiivselt kasutada tardumist aeglustavaid betoonilisandeid. Need ei aita aga vee aurustumise ega täitematerjali veeimavusest tingitud töödeldavuse halvenemise vastu.

Aeglustavate lisandite õiges

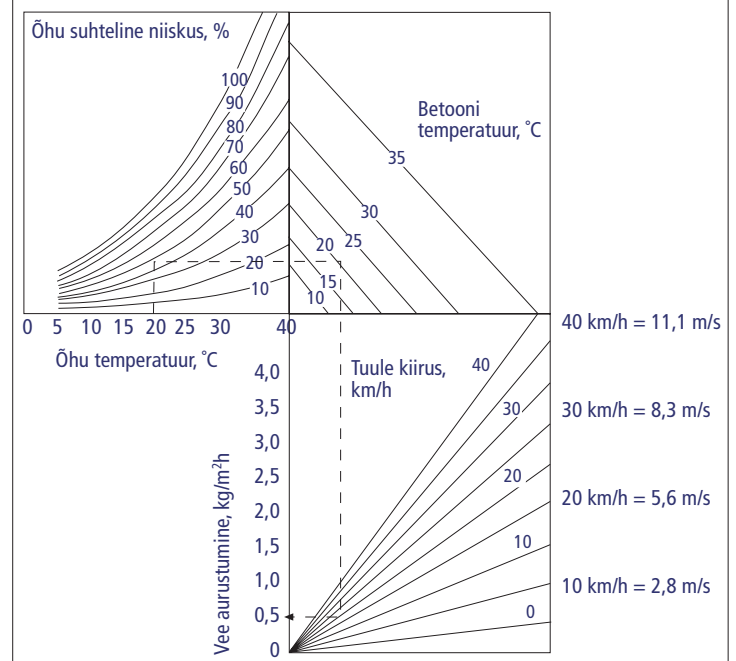
koguses kasutamine koos teiste töödeldavuse kadu soodustavate faktorite arvestamisega lubab ka kuumal ajal teha betoonisegusid, mis on töödeldavad ja paigaldatavad 4...8 tundi ja isegi kauem.

Külmumistsüklitele vastu pidava betooni valmistamisel peab arvestama sellega, et kõrgemal temperatuuril on õhku siseseviiva lisandi vajalikud kogused mõnevõrra suuremad kui madalatel temperatuuridel.

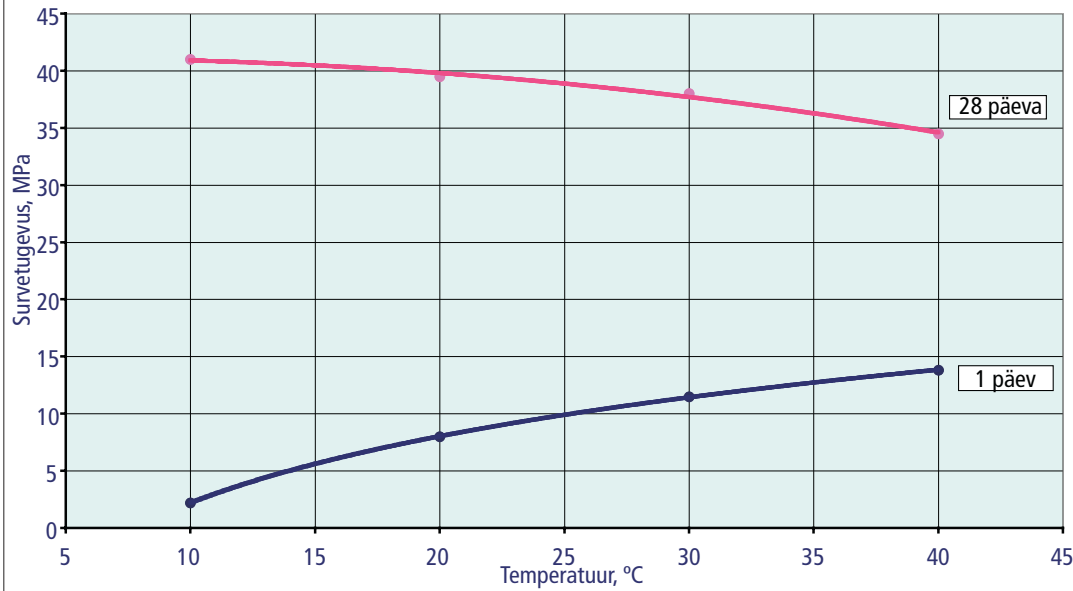
Töödeldavuse kao kompenseerimiseks kiputakse ehitusplatsil betoonisegusse pahatihti lisama vett. Selline tegevus on rangelt keelatud, sest betooni tugevus ja muud omadused sõltuvad otseselt vee ja tsemendi suhtest ning mitteadekvaatse vee lisamise tagajärjel võivad betooni omadused näitajad väljuda kontrolli alt.

Sisemise veeimavuse ja vee aurumise täpne kompenseerimine lisaveega ei vii vee ja tsemendi suhet paigast ning võiks põhimõtteliselt olla lubatav, kuid ... me ei oska kunagi ehitusobjektidel hinnata vajalikku vee hulka ja üle doseerides võime rikkuda be-

Joonis 3. ACI nomogramm betoonist aurustuva vee hulga leidmiseks sõltuvalt betooni temperatuurist, õhu suhtelisest niiskusest ning tuule kiirusest.



Joonis 4. Betooni tugevuse sõltuvus kivinemise temperatuurist



tooni kvaliteedi. Siit ka range vee lisamise keeld ehitusplatsil.

Segu töödeldavust tohib ehitusobjektidel korrigeerida vaid betoonisegu tootja poolt heakskiidetud plastifikaatori või superplastifikaatoriga. Seejuures tuleb hoolikalt järgida betooni tootja instruktsioone, et lisand ei tooks kaasa negatiivseid kõrvalnähte, nagu segu kihistumine, kivinemisprotsessi soovimatu aeglustumine, täiendav õhu siseseviimine vms, mis võivad aset leida lubatud doseeringute ületamisel.

Kui betoon on hakanud tarduma, ei ole töödeldavuse taastamine vee ega plastifikaatoriga lubatud. Selline segu kuulub tööst kõrvaldamisele.

Vee kiire aurumine paigaldatud betoonisegu pinnalt kätkeb endas betoonisegu plastilise kahanemise ja pragunemise ohtu. Need leiavad tüüpiliselt aset esimeste tundide jooksul pärast betoonisegu paigaldamist. Plastilise kahanemise risk suureneb koos temperatuuri ja tuule kiiruse tõusu ning suhtelise õhuniiskuse vähenemisega. Kui betooni kuivamise kiirus eelpooltoodud faktoritest tingitu-

na ületab 1000 g/m²/h (vt joonis 3), on väga tõenäoline, et betooni pinnale tekivad sügavad plastse kahanemise praod ja betoon kahjustub tugevasti, avades tee betooni füüsilise lagunemisele ja armatuuri korrosioonile.

Kuuma ilmaga valatud betoonil võivad kivinenult ilmne da järgmised vead:

- tugevuse alasaavutamise vanemas eas (vt joonis 4);
- pragunemise kasv;
- veeläbilaskvuse suurenemine;
- armatuuri korrosiooni kiirenemine;
- betooni püsivuse alanemine;
- betooni pinnastruktuuri suurem varieeruvus.

Kuuma ilmaga tekkivaid betooni kahjustusi ei ole kahjuks võimalik alati täielikult vältida, kuid nende ulatust saab suuresti vähendada.

Kõige tõsisemad on tagajärjed siis, kui ehitajatel puuduvad kogemused ja teadmised betoonitöödeks kuuma ajal. Palava ilmaga betoneerimisel tuleb rakendada mitmeid ennetavaid abinõusid, nagu betooni koostise ja lisandite valik, betooniga varustamise

range planeerimine ja koordineerimine tagamaks ehitusplatsile saabunud betooni võimalikult kiire paigaldamine. Enne betoneerimist kuuma ilmaga tuleb kõik operatsioonid ja vajalike vahenditega varustamine hoolikalt läbi mõelda, olgu need betoonisegu teistamine, paigaldamine, temperatuuride jälgimine või järelehooldus.

Erilist tähelepanu peab pöörama plastilise ja kuivamiskahanemise minimeerimisele. Plastilise ja kuivamiskahanemise pragude kontrolli all hoidmiseks võiks kaaluda võimalusi kas vähendada betooni temperatuuri, rajada tuuletõkked, piirata tsemendi hulka või kasutada vee hulga vähendamiseks segus betoonilisandeid. Plastilise kahanemise pragude sulgemiseks tuleb betooni täiendavalt vibreerida.

Kuuma ilmaga betoneerimise probleeme on võimalik vähendada või vältida, kui:

- kasutada varem samades tingimustes õigustanud koostisega betooni;
- kasutada jahedat betooni (täitematerjale hoida varjus ja vett isoleeritud mahuti);

- kasutada sellise konsistent-siga betoonisegu, mis võimaldab kiiret paigaldamist ja tihendamist;
- vältitakse tööseisakuid (betoon ei jää enne paigaldamist seisma ja ei teki külmi vuuke erinevate betoonikihtide vahel). Kasuks tulevad tuuletõkked ning päikesevarjud.

Kuuma ilmaga betoneerimisel on soovitatav kasutada betooni, milles tsemendi hulk on võimalikult madal, kuid tsemel, mis tagab nõutud tugevuse ja püsivuse. Appi peaks võtma veevajadust alandavad ning tardumist aeglustavad lisandid, millega tasakaalustada kõrgemast temperatuurist tingitud suuremat veevajadust, kiiremat tardumist ja võimaliku tugevuse langust. Tardumist aeglustavad lisandid töstavad tavapäraselt pikaajalist tugevust.

Kuuma ilmaga betoneerimisel on lubatud segude kerge vee-eraldus, mis vähendab plastilise kahanemise pragude ohtu.

Paigaldamisjärgselt tuleb viivitusteta rakendada tõhusad betooni kuivamise (5...7 päeva jooksul) takistavad meetmed. Eriti rangelt peab hooldusreegleid järgima põrandate valamisel, kus ümbritsevale keskkonnale avatud pind on suur. Mitteküllaldane hooldus põhjustab suuri erinevusi põrandaplaatide niiskuses ja kahanemises plaadi vertikaallõikes. Kiirest vee aurustumisest tingitud kahanemisdeformatsioonid plaadi pealispinnas põhjustavad pahatihti põrandate pragunemist ja põrandaplaatide kõverdumist. Kvaliteetse põranda saab siiski ja hädamate ilmadega või öösel, kui riskifaktorid on väiksemad.

PHD ENN UUSTALU,
NCC INDUSTRI BALTIMAADA JA
VENEMAA KAUBABETOOINI-
TÖÖSTUSE R&D JUHT

