

En resa i borrhålens förlovade värld



Den viktigaste siffran vid fuktsäkerhetsbedömningen av ett betonggolv är ett procenttal från en RBK-mätning. Ligger detta procenttal under det önskade gränsvärdet hör du aldrig talas om det, **men ligger det över kan det ställa till med en duktig cirkus och involvera en hel uppsjö projektledare, entreprenörer, konsulter, materialleverantörer och självutnämnda experter.** Bli det dessutom något efterspel så lägg till jurister och var så säker, den där siffran i protokollet kommer sättas under lupp.

TEXT ANDERS SELANDER & KENT BERGSTRÖM

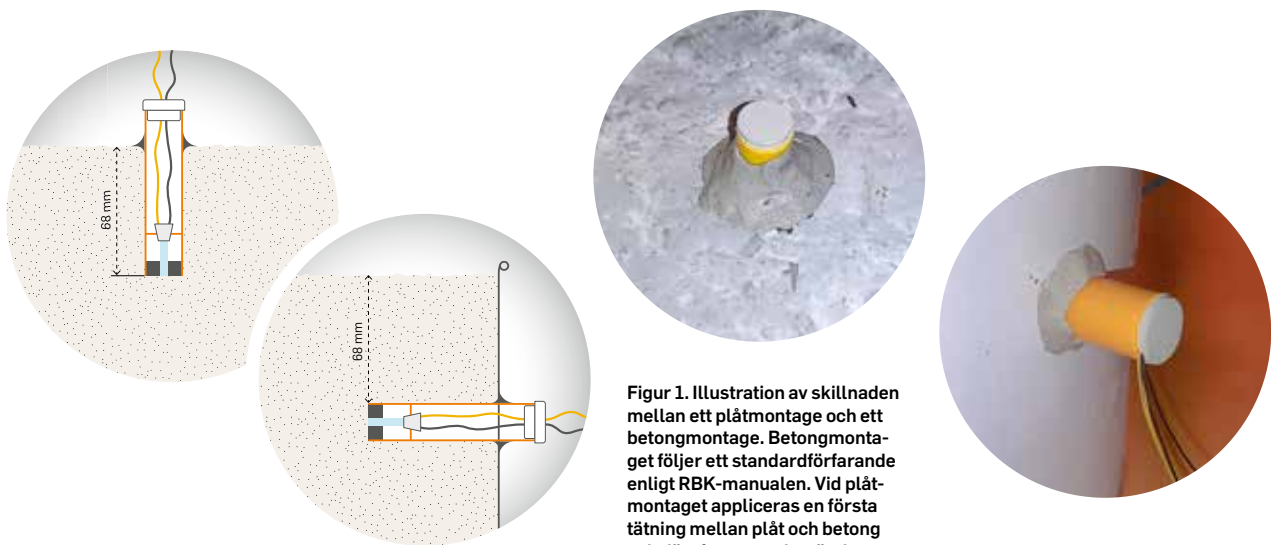
dag bestäms procenttalet med en så kallad borrhålsmätning. Det innebär i all enkelhet att eventuell avjämning tas bort från golvet, ett hål borras i betongen, ett foderrör förs ned i hålet och slutligen placeras givaren i foderröret. Beroende på val av givare varierar tidsintervalen mellan de olika momenten och även behovet av tätning. Avläsning skall ske i ett

givet tidsspänn efter montage. I foderröret finns nu en liten luftvolym som står i kontakt med betongen i botten av borrhålet. Vi mäter aldrig Relativ fuktighet (RF) i betong utan det är i luftvolymen, vilken förutsätts vara i jämvikt med betongen, som mätningen sker. I Husbyggaren nr 2, 2017 fick vi lära oss den ädla konsten att förstå ”läckande mätthål” och begreppet mätrabatt introducerades. Ingen tätning blir perfekt

utan det kommer alltid vara en flödesjämvikt i den ovan nämnda luftvolymen plus en viss tröghet i givaren. Men i den bästa av världar är mätrabatten försumbar och det är faktiskt ett för betongen representativt RF som registreras av givaren.

LÄCKANDE MÄTHÅL

Låt oss börja med tätning av mätthål och låt oss direkt konstatera att alla mäter fel om



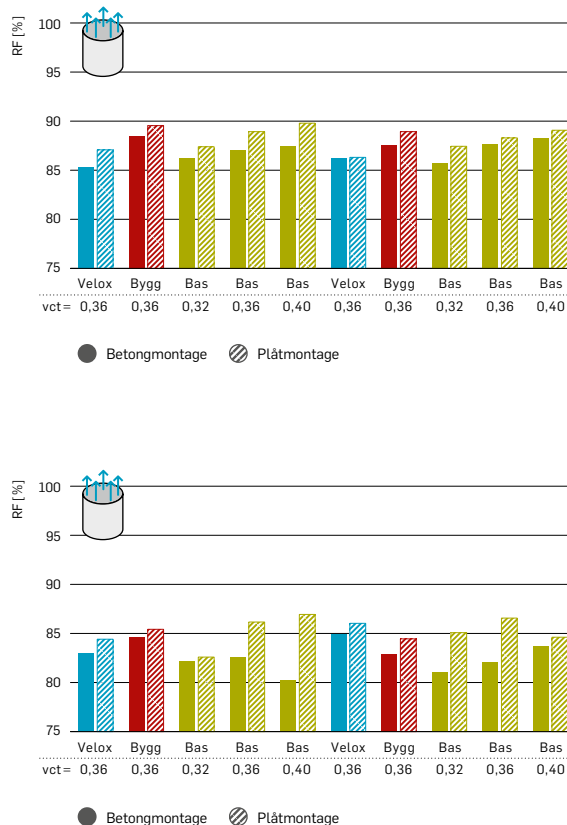
Figur 1. Illustration av skillnaden mellan ett plåtmontage och ett betongmontage. Betongmontaget följer ett standardförfarande enligt RBK-manualen. Vid plåtmontaget appliceras en första tätning mellan plåt och betong och därefter en andra tätning mellan foderrör och plåt.

den omgivande luften inte har exakt samma RF som luftvolymen i foderröret. Detta är på intet sätt nytt eller okänt utan ett av skälen till att kvarsitande givare inte längre används. Inte heller återmontage i gamla hål används numera för annat än trendmätningar. Men faktum kvarstår att vi trots dessa förändringar oftast mäter för lågt på grund av den ovan nämnda mätbatten. Det är dessutom väldigt lätt att visa. Vi väljer här att illustrera med tio 5L-hinkar. En HumiGuard-givare monteras ovanifrån med tätning mot betong enligt konstens alla regler samtidigt som en likadan givare sätts från sidan genom plåten, se Figur 1. Det omgivande inomhusklimatet håller ett lägre RF än betongen i hinken. Skillnaden/mätbatten blir inte större än att den rymms inom mätosäkerheten i detta fall men den är systematisk vilket kan ses i Figur 2. Låter vi givarna sitta kvar och läser av igen fyra månader senare blir effekten tydligare. Figur 3 visar att i några fall kvarstår skillnaden medan den växer markant i andra. Här måste det poängteras att inte heller ett montage mot plåt är perfekt men det blir bättre än mot betong och med all säkerhet betydligt bättre än flertalet montage i fält. En viss RF-sänkning har så klart skett då betongen stått i kontakt med inomhusklimat i ytterligare fyra månader men vi kan inte dra några slutsatser om hur mycket. Skall vi gå på djupet i vad som händer i borrhålen måste vi acceptera att ett läckage finns men i labbförsök kan vi välja att täta mot plåt för att minimera det. Genom att välja HumiGuard, den enda givaren i RBK-systemet som tillåts monteras direkt efter borring, kan vi också följa händelseförloppet direkt efter borring. Med dessa förutsättningar kommer vi nog så nära sanningen vi kan idag med tillgänglig teknik.

TEMPERATUREN I BORRHÅLET SPELAR ROLL

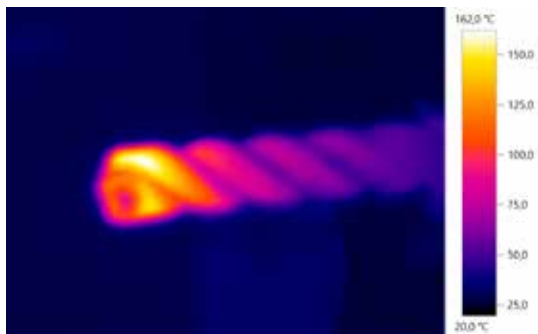
De allra flesta hål som används för fuktmätning borraras med ett traditionellt slagborr och alla som har kämpat sig ned i en betong med lågt vattencementtal (vct) vet att boret kan bli väldigt varmt. Ett äldre/slöare borrar ger högre temperatur än ett nytt. Denna värmeutveckling triggar en fuktrörelse vilket i sin tur påverkar det avlästa vär-

det på RF. Vi fördjupar oss inte i alla detaljer kring hur fukten omfördelas och betongen påverkas utan kastar oss i stället över hur det avlästa värdet förändras över tid. För att ha något att jämföra med borrhade vi även med ett så kallat ventilerat borrar eller dam-sugarbollar. Det primära syftet med ett sådant är förbättrad arbetsmiljö men som en bonus skapar luftflödet en kylande effekt

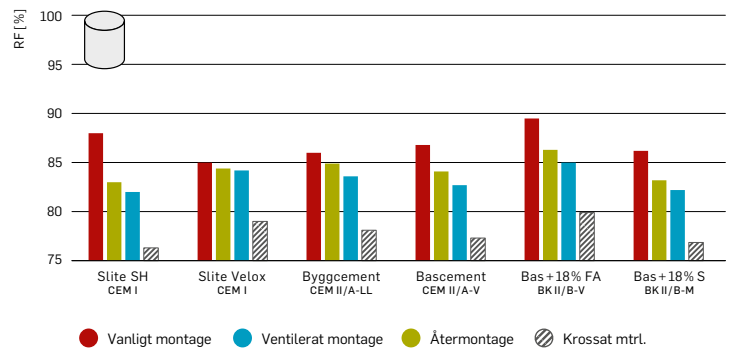


Figur 2. Betong vs. Plåtmontage. Betonghinkar som stått med öppet lock inomhus i 20 grader. Varje hink har två HumiGuard-givare. Den första har monterats ovanifrån och tätats mot betong medan den andra monterats från sidan och tätats mot plåt. Båda givarna sitter på ekvivalent mät djup räknat från betongytan. Vid montaget och avläsning av givarna är betongen drygt 2 månader gammal. Höjden på betongen är ca 17 cm. (Slite Velox CEM I, Skövde Byggcement CEM II/A-LL, Slite Bascement CEM II/A-V)

Figur 3. Betong vs. Plåtmontage. Samma betonghinkar som i Figur 2. Varje hink har två kvarsitande HumiGuard-givare. Den första har monterats ovanifrån och tätats mot betong medan den andra monterats från sidan och tätats mot plåt. Båda givarna sitter på ekvivalent mät djup räknat från betongytan. Vid montaget av givarna är betongen drygt 2 månader gammal och vid denna avläsning ett halvår. Höjden på betongen är ca 17 cm. (Slite Velox CEM I, Skövde Byggcement CEM II/A-LL, Slite Bascement CEM II/A-V)

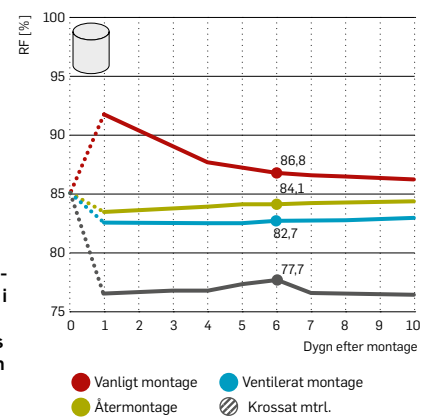


Figur 4. Temperaturen på borrets spets fångad med IR-kamera efter borrning av ett hål. Medan det traditionella borret drar iväg över 150 grader så stannar det ventilerade under 50.



Figur 5a. I stapeldiagrammet visas avläsningen efter sex dygn. Samtliga betonger har $vct/vbt=0,36$. (FA=flygaska, S=Slagg).

Figur 5b. RF-utvecklingen för tre olika varianter på en borrhålmätning samt ett uttaget prov för en betong med Basement. Hinkarna hade stått med lock i ett år vid provningstillfället. Från första montage av HumiGuard-givare tills hinken spräcks går det ca 4 veckor och därefter ytterligare två dygn innan en ny givare monteras i provröret.

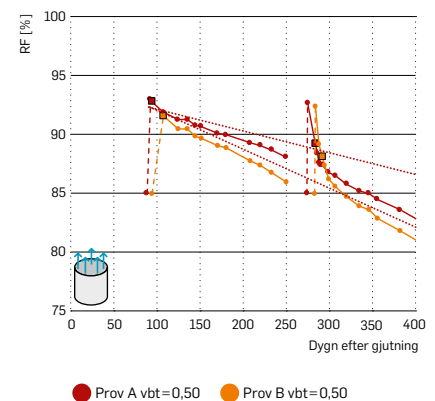
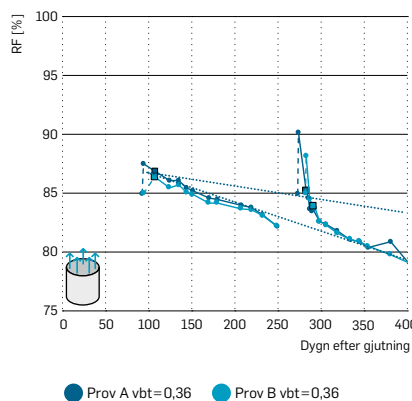


och värmeutvecklingen blir betydligt lägre vilket kan ses i Figur 4. För att ytterligare sätta resultaten i perspektiv återmonterades en givare i ett nio månader gammalt hål (foderröret lämnades kvar). När borrhålmätningen avslutats spräcktes hinken och krossat material placerades i provrör för en sista kontrollmätning. Resultatet från den sistnämnda ligger som väntat markant lägre. I Figur 5 visas ett exempel på hur en sådan sammanställning kan se ut för några olika bindemedel där givare av samma fabrikat använts. I det ”varma” hålet sker en kraftig uppfuktning tillskillnad från de övriga två. Genomförs avläsningen efter sex dygn, vilket är accepterat enligt RBK-manualen, så kan skillnaderna mellan de olika varianterna fortfarande vara ganska stora. I extremfallet, här med Slite SH-cement, ca 6%. Efter knappt två veckor har skillnaderna mellan de tre borrhålsvarianterna i princip försvunnit. Är detta bra, dåligt eller mitt emellan? Det är klart att skillnader på flera procent är problematiskt men egentligen visar försöken något mycket viktigare. Om kurvan planat ut spelar tillverkningen av hålet liten roll. Det är dock viktigt att följa RF-kurvan tills den gjort så innan slutavläsningen görs. Att förlita sig på ett enskilt värde utan att följa utvecklingen kan bli väldigt missvisande.

EN TRENDMÄTNING BEHÖVER INTE VARA SÅ FEL

I Figur 5 framstår det som den återmonterade givaren är att föredra så varför inte låta den sitta kvar? Blev monterat bra från början och givaren är stabil så funkar det kanon. Problemet är att vi aldrig kan veta om vi inte sätter nya givare för att stämma av. Samtidigt måste den nya givaren läsas av vid rätt tillfälle så vi inte dömer ut den kvar-

sittande givaren på felaktiga grunder. Någonstans blir det ett moment 22 och vi måste sätta många givare innan vi vet vilket värde som går att lita på. Figur 6 visar exempel på hur mycket prognosen/extra-poleringen kan slå beroende på vilka val som görs. Om vi lutar på avläsningarna efter 6-10 dygn (markerad med svart fyrkant i Figur 6) pekar resultaten mot ett betydligt



Figur 6. Trendmätning under ett år för betong med två olika vct (0,36 resp. 0,50). Svart fyrkant markerar avläsning i intervallet 6-10 dygn. Prov A resp. prov B är två olika hinkar från samma gjutning. Som bindemedel användes Basement plus 18% extra flygaska (BK II/B-V). Givarna sitter på ekvivalent mätdjup räknat från betongytan och höjden på betongen är ca 17 cm. Betonghinkarna har stått med öppet lock inomhus i 20 grader.



När avjämningsmassan tagits bort monteras foderröret och tätas, littrnummer noteras.



Temperaturlogger monteras och givaren funktionsprovas.



Mätstationen skyddas med ett lock.

→ långsammare uttorkningsförlopp än om vi följer trendmätningen, dvs. den av givaren registrerade RF-sänkningen. Efter ett år är skillnaden mellan de två angreppssätten i storleksordningen 4-5%. Utifrån den aktuella figuren kan vi inte säkert säga vad som är rätt även om ni som läsare förmodligen drar slutsatsen att trendmätningen ligger närmast sanningen.

RBK HAR GJORT OSS BÄST I VÄRLDEN PÅ ATT MÄTA RF

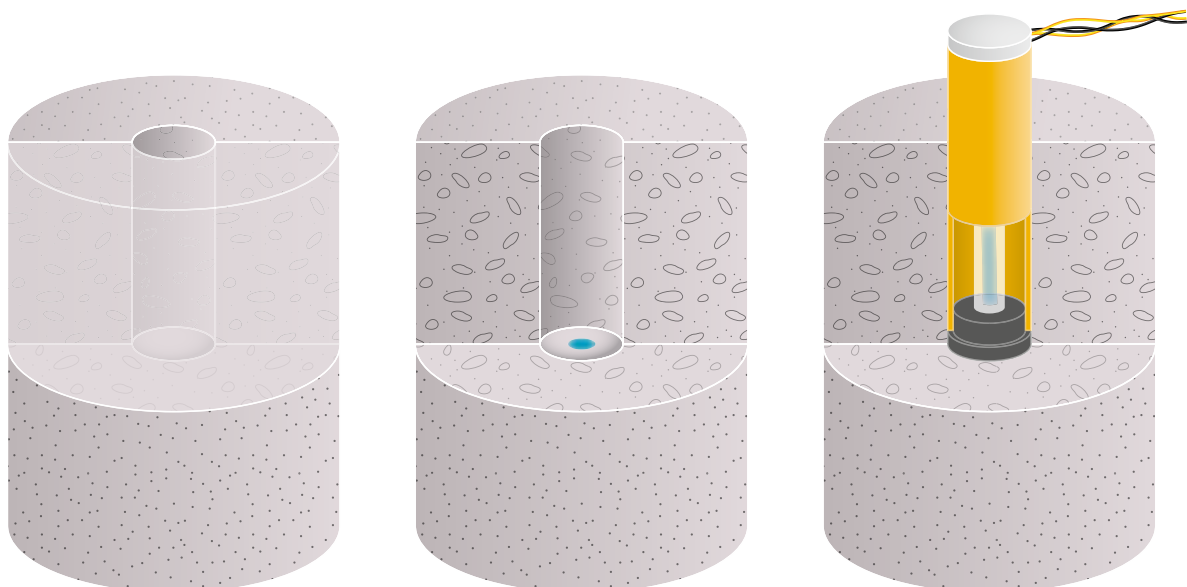
Vi är fantastiskt duktiga på att mäta RF i betong och det är tack vare ett genomarbetat system för hur mätningen skall utföras. Om alla mätningar genomförs på samma sätt kan vi också lita på resultaten. Med ett bra montage och en slutavläsning efter eventuella effekter från borrningen klingat av fås en hög tillförlitlighet med borrhålsmetoden. Det är också lätt att identifiera

avvikelser i fält när det finns labbresultat, till exempel hinkar med och utan lock, att jämföra med. Repeterbarheten ligger faktiskt på en sådan nivå att det finns goda skäl att fundera på vad som egentligen styr det uppmätta värdet. Kopplingen till fuktinnehållet är inte helt självklar.

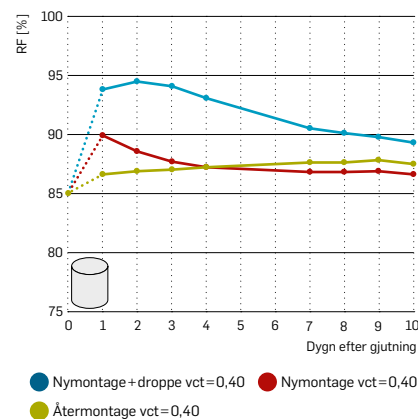
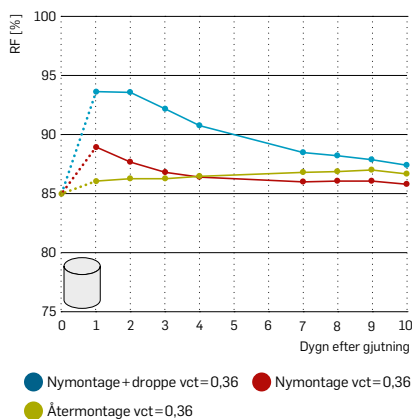
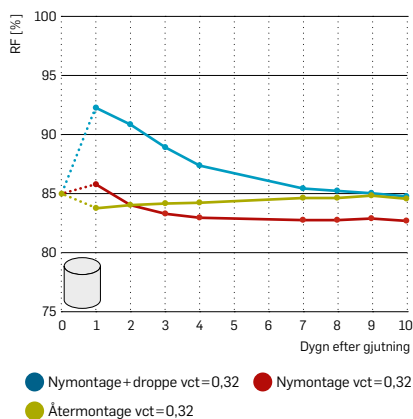
CEMENTKEMIN AVGÖR RF

Ibland låter det som att ett högt RF innebär att det finns en bortglömd simbassäng som är på väg uppåt. En simbassäng som endast kan stoppas av betongens täthet. Så är självklart inte fallet. I låg-vct-betong råder ingen brist på oreagerad cement så det kan inte vara ett överskott på fukt som styr vilket värde givaren visar. Det är något annat som avgör varför RF-sänkningen avstannar på en viss nivå och det är i första hand cementkemi. Även detta är väldigt enkelt att visa genom att spilla lite vatten i borrhålet innan

foderrör och givare placeras. Figur 7 visar hur ett sådant försök kan genomföras. Det finns så klart en övre gräns för hur mycket vatten betongen kan konsumera. Vi provade betong med tre olika vct tillverkad med gamla Bascement (CEM II/A-V) med flygaska. I varje hink monterades tre givare vid samma tillfälle. Den första sattes i ett gammalt foderrör, för den andra och tredje tillverkades nya hål. Innan givaren monterades i det tredje hålet placerades en droppe i botten. I Figur 8 kan vi se hur givarna/betongen reagerade på den externa fukttilförseln. I alla tre betongerna registreras en kraftig höjning av RF men inom ett par dagar börjar det sjunka. I betongen med lägst vct=0,32 och därmed störst mängd oreagerad cement går det relativt fort medan betongen med vct=0,40 behöver lite längre tid på sig. Ett logiskt och förväntat resultat. Efter ca två veckor är de uppfuk-



Figur 7. En principskiss av en sågad provkropp som visar hur droppen appliceras i borrhålet innan givaren monteras.



Figur 8. Försök med tillförd fukt som visar att det återstår en hel del oreagerad cement. Direkt efter montaget av givaren sker en kraftig uppfuktning av luftvolymen och därefter sjunker RF i takt med att fukten konsumeras.

Efter knappt två veckor når de uppfuktade hålen samma nivå som övriga i hinken. Hinkarna har stått med lock sedan gjutning och är 18 månader gamla. Betongen är gjuten med gamla Bascement.

tade hålen nere på samma nivå som de övriga men trots ett kraftigt överskott på oreagerad cement fortsätter inte RF sjunka. Uppenbarligen finns ett golv som är svårt komma under med en borrhålsmätning i en förseglad provkropp. Skall golvet forceras måste mätningen istället utföras på krossat material från samma hink, vilket visades i Figur 5.

DISKUSSION

Temperaturutvecklingen i borrhålet spelar en viktig roll för hur snabbt ett stabilt RF nås och en tidig avläsning kan ge ett relativt stort fel. Här spelar erfarenhet och kunskap kring hur betongen borde bete sig en avgörande roll i rimlighetsbedömningen av det uppmätta värdet.

Trendmätningar är ett bra verktyg men här är det om möjligt ännu viktigare kunna bedöma rimligheten. I artikeln Brf Viva ger oss nygamal kunskap (Husbyggaren nr 1, 2022) kunde vi se hur fint hinkar stämde överens med de uppmätta fuktprofilerna i fält. De loggade RF-värdena/trendmätningarna kunde enkelt sorteras bort vid en jämförelse. I Figur 6 är det däremot troligt att de kvarstående givarna visar rätt. RF sjunker i en förväntad hastighet för en BK II/B-V med ca 30% flygaska och hade vi satt ytterligare en givare efter ett år så hade den sannolikt gett oss det svaret.

Att spilla vatten i borrhål innan givaren monteras ingår inte i gängse praxis vid en RF-mätning. Det enkla försöket illustrerar dock ett viktigt fenomen. I en låg-vct-betong är hydratationsgraden (andel av cementet som reagerat) väldigt låg. Det innebär att två saker kan begränsa reaktionen. Antingen tar den tillgängliga fukten slut eller så får

reaktionsprodukterna inte plats. Försöket är lite för enkelt utformat för att svara på den frågan. Men det visar att det inte per automatik går att sätta likhetstecken mellan fukthinnehåll och RF i alla lägen.

VAD SPELAR DETTA EGENTLIGEN FÖR ROLL?

Bortsett från att betong är ett väldigt spännande material att arbeta med och försöka förstå, så är detta RF av stor betydelse vid valet av recept. I extrema fall kan gränsvärdet ensamt öka klimatbelastningen hos en platta på mark eller ett bjälklag med 20% eller mer. Varje RF-procent är viktig och om vi nu skall styra våra materialval på ett gränsvärde för RF måste vi:

- veta att vi mäter rätt
- förstå vad värdet betyder
- säkerställa att det är en relevant parameter att styra på.

Vi är väldigt duktiga på att mäta RF tack vare RBK och med en noggrann uppföljning på varje enskild givare så är tillförlitligheten hög. När det gäller punkt två och tre är det inte lika självklart var vi står idag. ■



Bortsett från att betong är ett väldigt spännande material att arbeta med och försöka förstå, så är detta RF av stor betydelse vid valet av recept. I extrema fall kan gränsvärdet ensamt öka klimatbelastningen hos en platta på mark eller ett bjälklag med 20% eller mer.

ANDERS SELANDER
Cementa



KENT BERGSTRÖM
Polygon

