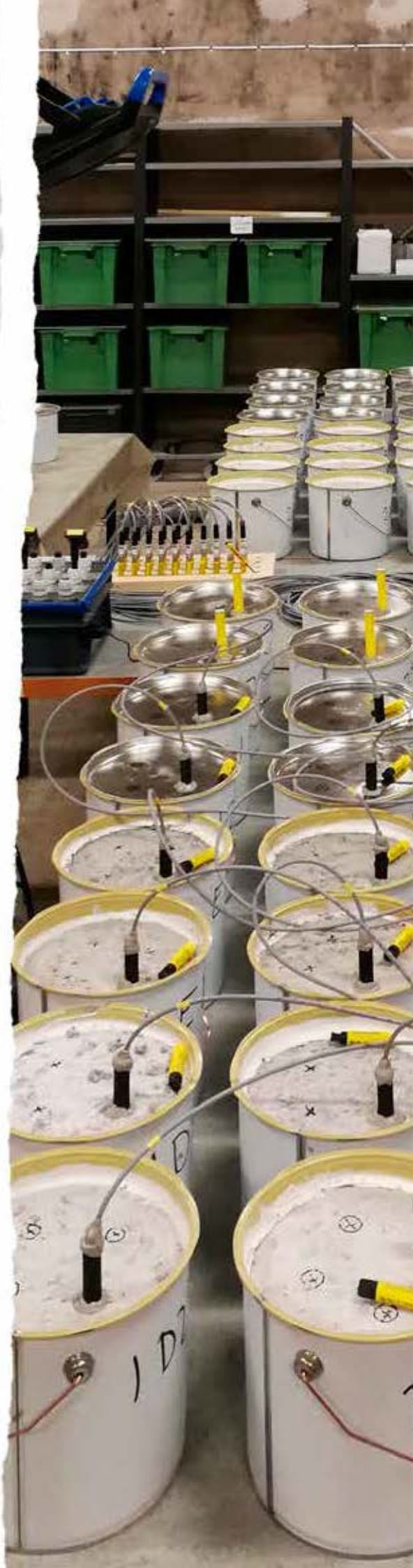
EN FUKTIG RÖRA SOM BEHÖVER REDAS UT

Forskare söker oftare efter skillnader än likheter och kan påvisade skillnader dessutom kopplas till problem blir det extra intressant. Fuktfrågan i betong är inget undantag men **ibland behöver vi faktiskt fokusera mer på likheter än på skillnader för att komma framåt** skriver Anders Selander och Mikael Westerholm, båda verksamma på Cementas avdelning för forskning och utveckling.

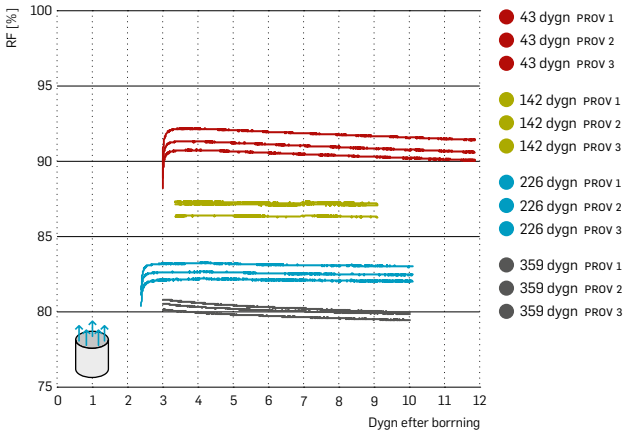
TEXT ANDERS SELANDER & MIKAEL WESTERHOLM

Under de senaste åren har förändrade materialegenskaper diskuterats flitigt samtidigt som jämförande studier oftast lyst med sin frånvaro. Från Cementas sida är det och har alltid varit viktigt att följa upp och se om något förändras vid introduktionen av nya produkter, till exempel Bascement. En liten spoiler kommer redan här. Skillnaderna är inte särskilt stora mellan cementen som undersökts och i den mån skillnader finns avtar dom dessutom med tiden efter gjutning. Om du som läsare är på jakt efter revolutionerade resultat så ödsla inte mer tid på denna artikel. Vill du däremot få ökad förståelse för vad som inte påverkar relativ fuktighet (RF) i betong så fortsätt gärna läsa.

Sedan 2018 har Cementa gjort omfattande uppföljningar vid Lunds tekniska högskola, LTH. Målet har varit att förstå vad som har orsakat de förändringar som noterats på byggarbetsplatserna gällande uppmätt RF och längre torktider. Störst fokus har hela tiden legat på materialet även om det i takt med att frågetecken rätats ut delvis förskjutits mot mättekniken. I denna artikel ligger dock fokus på just bindemedlet samt inverkan av temperatur och fuktbelastning i tidig ålder.



Figur 1a. RF-mätning med givare Vaisala HMP40S monterad i provkropp under pågående försök. Givarnas placering vid påföljande tre mättillfällen har markerats på betongens yta med inringade kryss. Anslutning mellan plåthinkens mantelyta och betongen förseglades.



Figur 1b. Jämförelse av resultat från RF-mätningar för fyra härdningsåldrar (mätomgång 1–4) inom en provserie. För varje härdningsålder genomfördes mätning på tre hinkar (markerade 1–3) här lagrade i 20°C med öppna lock.

På den svenska marknaden erbjuder Cementa huvudsakligen tre cement för husbyggnation. Dessa är Bascement från Slite, Byggcement från Skövde samt Velox som tillverkas vid båda fabrikerna. Byggcement och Bascement har båda beteckningen CEM II/A-LL idag medan Velox har beteckningen CEM I. I dessa försök är det däremot gamla Bascement CEM II/A-V med flygaska som använts. Velox är ett traditionellt ordinärt portlandcement som är snarlikt gamla Std P så som det såg ut på 90-talet och i dessa försök är det Velox-cement från Slite som använts. Byggcement från Skövde har sett ungefär likadant ut sedan det introducerades vid sekelskiftet och gamla Bascement introducerades under första halvan av 10-talet. Sammantaget utgör dessa tre cement en form av tidsdokument och ger en bra bild av hur bindemedlet utvecklats under den period vi ägnat oss åt att mäta RF i betong. Betongen som undersökts har gjutits och konditionerats vid Cementa Research i Slite.

METOD

Fuktmätningarna har genomförts av LTH med loggade Vaisalagivare. Vid varje mättillfälle har nya borrhål tagits och varje mätvärde som presenteras är ett medelvärde från tre 5L-hinkar. I figur 1 visas exempel på en provkropp med öppet lock samt ett exempel på insvängningsförloppet för givare monterade i prov vid fyra olika härdningsåldrar (efter 43, 142, 226 och 359 dygn). I exemplet monterades RF-givarna ca tre dygn efter borrning. Mätresultaten från samtliga tre prov med härdningsålder 43 dygn visade stabilt sjunkande RF under hela mätperioden, det vill säga 9 dygn räknat från tidpunkten då givarna monterades. Detta är troligtvis en korrekt RF-sänkning då mätningen skedde vid ung ålder. För de högre härdningsåldrarna fås stabila värden under intervallet 6-10 dygn efter borrning.

BINDEMEDLETS BETYDELSE

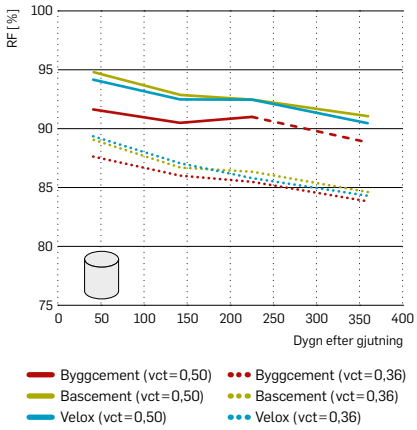
Hur beter sig då dessa tre ovan nämnda cement i en jämförande studie? I figur 2 visas en uppföljning under ett år där betong med två olika vattencementtal (vct) jämförs i ett försök med förseglade hinkar som stått i 20 grader. Det som fångas upp är med andra ord endast den RF-sänkning som fås genom cementets kemi. I figuren framgår det tydligt att det framför allt är vct som avgör i vilken takt RF-sänkningen sker. Skövde Byggcement är något snabbare än de båda Slitecementen i tidig ålder och skillnaden kvarstår över tid för vct=0,50 medan den försvinner för vct=0,36 i detta försök. Ett litet frågetecken bör dock sättas för Skövde Byggcement (sista mätpunkten, vct=0,50) då den avviker 1-2 % nedåt jämfört med i övrigt noterat mönster i denna studie. Givet den mätosäkerhet som finns framförallt i fält men även i labb. och den variation som fås mellan olika gjutningar får nog cementen anses likvärdiga när det kommer till den kemiska delen av RF-sänkningen.

TEMPERATURENS BETYDELSE

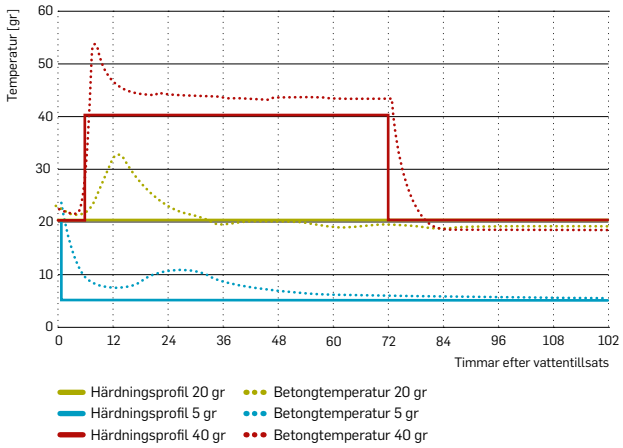
Temperaturhistoriken är en intressant fråga när det kommer till RF i betong. Alla som har använt något av de på marknaden tillgängliga prognosverktygen vet att det finns en inbyggd temperatureffekt som slår lite olika beroende på vilket program som används. Gemensamt är dock att låg temperatur under gjutningen generellt ger lägre RF i prognosen. Det är också väl känt att temperaturen under framförallt tidig ålder påverkar både strukturutveckling och hållfasthet så hur ligger det då till när denna parameter undersöks med dagens mätteknik av RF?

För att undersöka temperaturberoendet skapades tre olika sc enarier. I samtliga fall användes förseglade 5L-hinkar med lock:

1. Vintergjutningen som innebar 28 dygn i ett 5-gradigt vattenbad, därefter 20 grader i klimatrum.
2. Labbgjutning som innebar konstant 20 grader i klimatrum, dvs. samma som i figur 2.
3. Sommargjutning med snabb värmeutveckling och hög maxtemperatur som innebar ett 40 gradigt vattenbad från



Figur 2. RF-sänkning i hinkar med lock för vct=0,50 respektive vct=0,36 som illustrerar hur avgörande betongens vattencementtal är.



Figur 3. Härdningsprofiler och registrerade temperaturer för en betong med vct=0,36

timme 6 till timme 72, därefter 20 grader i klimatrum.

I figur 3 visas ett exempel på hur detta kunde se ut och vilka temperaturer som registrerades i hinkarna. Temperaturtoppen på mellan 50 och 60 grader i vårt sommargjutningsexempel får nog anses fullt möjlig vid gjutning av en lite tjockare platta om än med en lite för snabb värmeutveckling. Efter 28 dygn fraktades proverna till LTH för fuktmätning där det vid första mätning registrerades en ganska kraftig effekt för framförallt Skövde Byggcement vilket kan ses i figur 4a. Samma effekt noterades för båda Slitecementen men där var skillnaden mellan 5 graders och 40 graders-scenariot betydligt mindre, se figur 4b-c. Så långt verkade kopplingen mellan temperaturhistoriken och RF gälla. Men det intressantaste är vad som händer därefter. Temperatureffekten avtar relativt fort och för vct=0,36 är den borta helt efter ett år. Det är lång tid att vänta för en mattläggning i många fall men ur ett fuktsäkerhetsperspektiv är det faktiskt viktigast att veta vad som händer efter ytskiktet appliceras. Följer din betong ett 40 graders-scenario eller ett 5 graders?

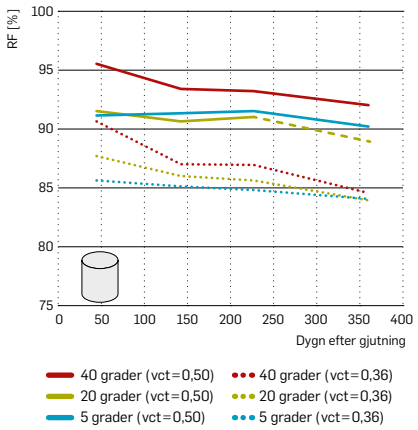
För vct=0,50 syns samma mönster men precis som i figur 2 så är det samma sista mätpunkt för Skövde byggcement som bryter mönstret och gör att det inte riktigt går att avgöra om temperatureffekten kommer försvinna helt eller inte. Kanske hänger effekten kvar lite längre när det inte finns lika mycket oreagerad cement kvar.

FUKTBELASTNINGENS BETYDELSE

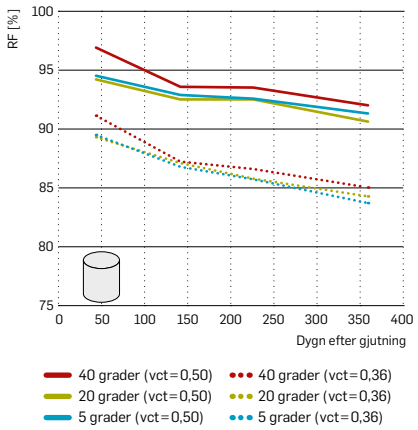
Skall betong skyddas från nederbörd eller inte? Vi pratar här om ett tvåkomponentslim bestående av cement och vatten. Vill du ha ett starkt lim så är det ganska dumt att ta bort den ena komponenten. När betongen får så mycket vatten som den vill ha får vi också starka och hållbara konstruktioner. Tyvärr är det inte betongens önskan som får styra i den här frågan utan de ovanpå liggande golvmaterialen. Då blir det höga cementhalter, lite vatten och låga RF på ekvivalent mätdjup istället. Men är det verkligen motiverat att dessutom väderskydda betongen?

Vi provade att fuktbelasta några låg-vct-betonger i upp till tre månader direkt efter gjutning. Riktigt så illa skall det inte behöva vara på byggarbetsplatsen men det är bäst att veta hur det ligger till med denna fråga när betongens täthet kommer på tal. Figur 5a-c visar hur vattenbelastningar på två månader (cyklisk) respektive tre månader (stående) påverkar RF-sänkningen därefter. I försöken är det alltså hinkar som stått i klimatrum (20 grader och 60 % RF) utan lock men med vattenbelastning samt hinkar som stått utan lock och utan vattenbelastning. Mätpunkterna sitter i samtliga fall på ekvivalent mätdjup i den 17 centimeter tjocka betongen. Uppenbarligen har fuktbelastningen en negativ effekt på uttorkningsförloppet. Den är inte så stor som vi kanske hade förväntat oss men när kravet är 85 % RF så är varje procent väldigt viktig. Det bör tilläggas att betongen med Byggcement fick lite överhållfasthet och Velox något för låg jämfört med riktvärdena så betongerna är inte direkt jämförbara i denna studie utan att detta beaktas.

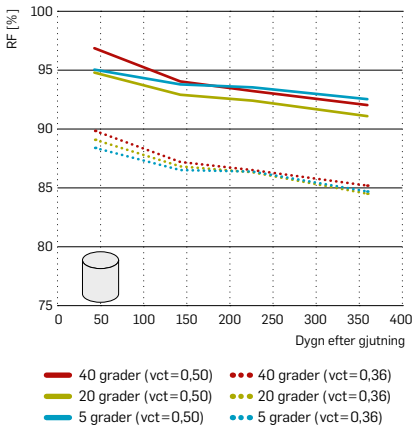
Den observante läsaren noterar kanske direkt att lutningen för de två vattenbelastningsfallen är ganska lik den för hinkarna som stått utan fuktbelastning. Det bör rim-



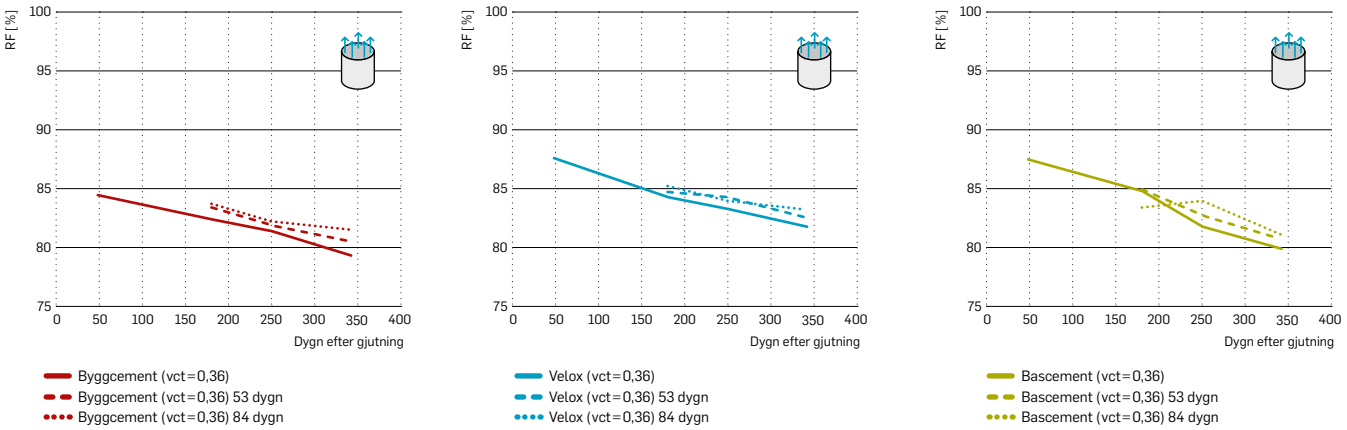
Figur 4a. Inverkan av olika temperaturhistorik enligt scenario 1–3, här kallade för 5, 20 resp. 40 grader. Betongen är tillverkad med Skövde Byggcement (vct=0,36 resp. vct=0,50).



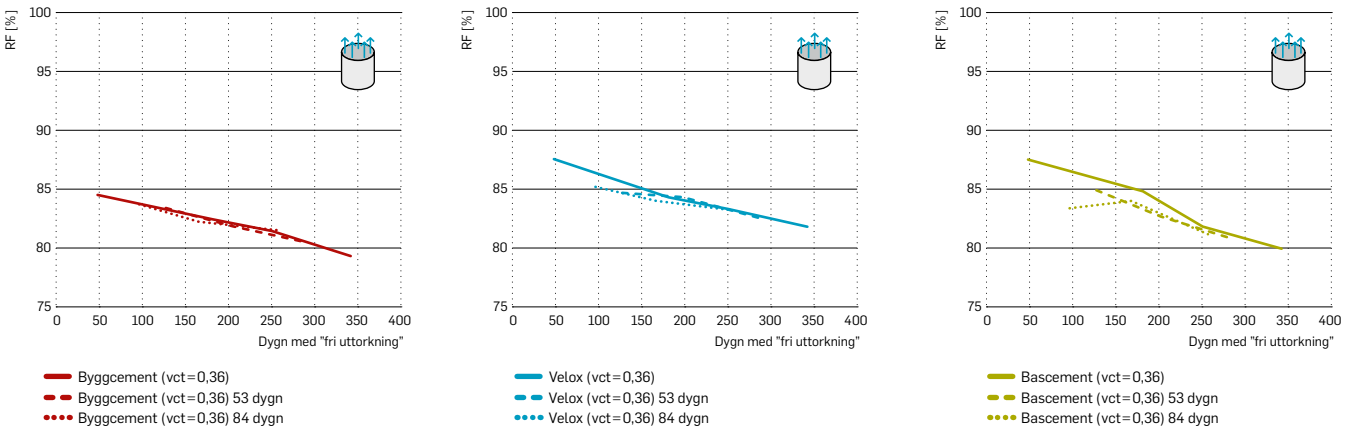
Figur 4b. Inverkan av olika temperaturhistorik enligt scenario 1–3, här kallade för 5, 20 resp. 40 grader. Betongen är tillverkad med Slite Velox (vct=0,36 resp. vct=0,50).



Figur 4c. Inverkan av olika temperaturhistorik enligt scenario 1–3 som, här kallade för 5, 20 resp. 40 grader. Betongen är tillverkad med Slite Bascement (vct=0,36 resp. vct=0,50).



Figur 5a–c. Inverkan av långvarig fuktbelastning på den efterföljande RF-sänkningen. I 53 dygns-fallet handlar det om en cyklisk fuktbelastning där fyra dygn under vatten följts av tio dygn utan. Samtliga prover vattenhärdades de tre första dygnen.



Figur 6a-c. Inverkan av långvarig fuktbelastning på den efterföljande RF-sänkningen. I 53 dygns-fallet handlar det om en cyklisk fuktbelastning där fyra dygn under vatten följts av tio dygn utan. Samtliga prover vattenhärdades de tre första dygnen. På X-axeln anges dygn med fri uttorkning och inte ålder.

ligtvis innebära att det inte skett någon påtaglig förtätning som ändrar hastigheten för RF-sänkningen trots tre månaders fukthärdning och i Bascementets fall trots flygaskan.

I figur 6a-c görs en något ovetenskaplig förskjutning av kurvorna där tidsaxeln istället sätts till dygn med fri yta. Då framträder mönstret tydligare där fuktbelastningen i princip kan betraktas som ett lock och den enda tid som behöver beaktas är den med en fri betongyta i ett bra torkklimat. En i sammanhanget ganska värdefull insikt.

SAMMANFATTANDE DISKUSSION

Temperaturhistoriken kan ha en betydelse för hur snabbt RF-kravet nås. I fuktsäkerhetshänseende är det däremot viktigare att veta var betongen kommer hamna i ett lite längre tidsperspektiv. Då är det cementkemin som styr och temperaturhistoriken är underordnad.

Fuktbelasta eller inte? Ingen RF-sänkning kommer ske snabbare om betongen står under vatten därom råder inget tvivel men fuktbelastningen skall inte heller tillskrivas för stor betydelse vilket visats ovan. Dessa försök är gjorda på låg-vct-betong som per definition blir väldigt tät. När det inte finns något överskottsvatten som kan avdunsta bildas det egentligen inte något sammanhängande porsystem heller. Men och detta är ett viktigt men, med ett högre vct är det inte säkert att resultatet blir detsamma. Samtidigt är en hög-vct-betong övermättad på fukt från början vilket också är huvudorsaken till att ett sammanhängande porsystem kan bildas.

Har vi då rett ut den fuktiga röran med dessa resultat och tolkningar? Njä, kanske några frågor har fått svar men samtidigt väcks nya. Vi kan i alla fall konstatera att oavsett vilket husbyggnadscement som används så beter dom sig någorlunda lika i ett fukthänseende och de skillnader som finns ligger inom den mätosäkerhet som följer med metoden. ■

ANDERS SELANDER
Tekn Dr, Specialist betong
Cementa

MIKAEL WESTERHOLM
Cementa