

INVENTERING: UTTORKNING AV BETONGGOLV

Betong med mineraliska tillsatsmaterial

Sammanställd av Charlotte Svensson Tengberg

2018-02-14

FÖRORD

Detta projekt har genomförts branschgemensamt med en arbetsgrupp bestående av Charlotte S Tengberg (projektledare), Hans Hedlund, Mikael Afflekt, Skanska Sverige, Fredrik Gränne, NCC, Masis Sarkisian, Peab Sverige, Ted Rapp, Sveriges Byggindustrier samt Peter Brander, AK-konsult. Referensgruppen utgjordes av Staffan Carlström, Swerock och Peter Johansson, LTH.

Projektgruppen vill rikta ett stort tack till SBUF för finansiellt stöd, vilket möjliggjort genomförandet av denna branschgemensamma undersökning. Ett tack också till deltagande företag för engagemang och delfinansiering och sist men inte minst tack till alla som tagit sig tid till att bidra med erfarenheter från byggprojekt i enkät och intervjuer.

Göteborg i februari 2018

SAMMANFATTNING

I samband med Fuktcentrums infodag 2016 och information till branschen från RBK (RBK 2016) om förändrade egenskaper hos betong sågs vikten av en inventering av eventuella uttorkningsproblem och dess omfattning i byggprojekten. I teoretiska studier visades att uttorkningsegenskaper och fukttransport i dagens betong med mineraliska tillsatsmaterial, som exempelvis flygaska eller granulerad masugnsslagg, inte överensstämmer med tidigare erfarenheter av betong (Fuktcentrums infodag 2016). Dessutom indikerades att hantering enligt praxis kan skapa uttorkningsproblem vid gjutning av betongplattor eller valv där traditionell härdningsteknologi – vattenhärdning – tillämpas, eller då betongen utsätts för nederbörd/fritt vatten i tidigt skede (RBK 2016). Slutsatserna baserades på observationer som gjorts i laboratorium, men det fanns indikationer på byggprojekt som till synes oförklarligt har uppmätt oväntat hög fuktighet i betongen under produktionstiden.

För att öka kunskapen initierades denna förstudies med syfte att undersöka i vilken omfattning de observationer som gjorts i labbmiljö också kan ses i verkliga projekt.

Baserat på projektdeltagarnas kunskap och en omvärldsbevakning upprättades en enkät som skickades ut till framförallt linjepersonal i entreprenörsföretag. Enkätsvaren analyserades och kompletterades i vissa fall med intervjuer. På ett slutseminarium med projektets arbetsgrupp och referensgrupp fastställdes slutsatserna från denna förstudie.

Totalt skickades enkäten ut till över 1000 personer i linjen med ansvar för husprojekt varav drygt 25 % svarade. Av de svarande uppgav nästan 30 % att de upplevt problem med uttorkning av bjälklag eller bottenplattor under de senaste tre åren. Problemen definierades som att betongen inte torkat ut i tid enligt prognos eller erfarenhet.

Projekt med uttorkningsproblem förekom i hela landet, i olika typer av byggnader (bostäder men även skolor, kommersiella lokaler och vårdlokaler) och både bottenplatta och mellanbjälklag fanns representerade. Konstruktionerna var relativt tjocka, median 200 mm, och med relativt låg vct, median 0,38. I cirka 70 % av konstruktionerna hade betongen mineraliska tillsatsmaterial.

För att hantera den fördröjda uttorkningen vidtogs åtgärder med mål att forcera uttorkningen till ursprunglig målnivå (torkinsatser, förlängd torktid) eller med mål att möjliggöra applicering av ytskikt på fuktigare underlag än ursprungligt målvärde (spärrskikt, byte av material, omfördelningsberäkning). Ofta vidtogs fler än en åtgärd. I de fall spärrskikt använts har detta ofta föregåtts av andra åtgärder.

Slutsatser från arbetet:

- Inventeringen visar att produktionsledningen ofta upplever en allmän oro kring uttorkning och betong, samt kring fuktmätningar.
- Fördröjd uttorkning med risk för försenad mattläggning förekommer regelbundet i byggprojekt, nästan 30 % av de svarande upplevde fördröjd uttorkning i förhållande till prognos/förväntat. En stor del av byggprojekten i inventeringen som upplever fördröjd uttorkning har använt cement/betong med mineraliska tillsatsmaterial.
- Fördröjd uttorkning förekommer i alla typer av byggprojekt, både med platta på mark och bjälklag.

- Fördröjd uttorkning (i förhållande till förväntat) är vanligt förekommande, även för projekt med låga vattencementtal.
- Verifierande mätningar visar högre RF än prognostiserat/förväntat värde i byggprojekt som rapporterat uttorkningsproblem.
- Det finns en osäkerhet kring användandet av prognosverktyg, vilket ger en ökad risk för prognosfel.
- Fördröjd uttorkning leder alltid till högre kostnader i form av åtgärder. Ofta har inte forcerad uttorkning räckt för att lösa uttorkningsproblemet, utan ytterligare kostnader tillkommer (ex. försening och/eller byte av golvsystem/spärnskikt).
- Produktionsledningen saknar ofta detaljerad information om betongen de använt. De saknar också upparbetade rutiner för vilken information de ska begära in.
- Produktionsledningen upplever ofta uttorkningstider som orimligt långa, jämfört med vald konstruktion (tjocklek på konstruktion och kritisk fuktnivå/täthet på ytskikt) och tillgänglig byggtid. Dessa förutsättningar bestäms ofta utanför produktionsledningens kontroll.
- I vissa projekt finns negativa samverkande faktorer som bidrar till den fördröjda uttorkningen, men detta förklarar inte alla identifierade problem.

Osäkerheten kring uttorkning kring betong som upplevs i husbyggnadsbranschen, skulle behöva mötas med utbildning i alla led i branschen samt uppdaterad materialdata, verktyg och arbetssätt.

INNEHÅLL

INLEDNING	5
BAKGRUND	5
GENOMFÖRANDE	5
AVGRÄNSNINGAR	5
KUNSKAPSLÄGE	6
BETONG MED MINERALISKA TILLSATSMATERIAL	6
INDIKATIONER PÅ FÖRÄNDRADE UTTORKNINGSEGENSKAPER	6
MÄTNINGSFÖRFARANDE	7
PROGNOSTISERING	7
NORDISK UTBLICK	7
ENKÄTEN	8
ENKÄTUTFORMNING	8
ENKÄTUTSKICK	8
RESULTAT	8
ENKÄTSVAR	8
<i>Kort om projekten</i>	9
<i>Golvkonstruktioner</i>	10
<i>Betong i golvkonstruktioner</i>	12
<i>Produktion av golvkonstruktioner</i>	13
<i>Åtgärder vid fördröjd uttorkning</i>	14
<i>Mätning och prognostisering</i>	15
DISKUSSION	15
SLUTSEMINARIUM	17
SLUTSATSER	17
BEHOV AV FORTSATT UTREDNING	18
LITTERATURFÖRTECKNING	18
APPENDIX A: ENKÄT	

INLEDNING

Bakgrund

I samband med Fuktcentrums infodag 2016 och information till branschen från RBK (RBK 2016) om förändrade egenskaper hos betong sågs vikten av en inventering av eventuella uttorkningsproblem och dess omfattning i byggprojekten. I teoretiska studier visades att uttorkningsegenskaper och fukttransport i dagens betong med mineraliska tillsatsmaterial, som exempelvis flygaska eller granulerad masugnsslagg, inte överensstämmer med tidigare erfarenheter av betong (Fuktcentrums infodag 2016). Dessutom indikerades att hantering enligt praxis kan skapa ett uttorkningsproblem vid gjutning av betongplattor eller valv där traditionell härdningsteknologi – vattenhärdning – tillämpas, eller då betongen utsätts för nederbörd/fritt vatten i tidigt skede (RBK 2016).

Slutsatserna baserades på observationer som gjorts i laboratorium, men det fanns indikationer på byggprojekt som till synes oförklarligt har uppmätt oväntat hög fuktighet i betongen under produktionstiden.

Denna förstudies syfte var att undersöka i vilken omfattning de observationer som gjorts i labbmiljö också kan ses i verkliga projekt. Intressanta parametrar för denna studie är exempelvis:

- Typ av betong
- Förhållanden vid gjutning och utförande
- Mätmetod/resultat
- Mätning utförd enligt RBKs rutiner för fuktmätning i betong

Genomförande

Genomförandet bestod av en inledande del med omvärldsbevakning i form av diskussion med andra relevanta SBUF projekt inom området samt litteraturstudier för att skapa en bakgrundsförståelse för problemställningen.

Baserat på projektdeltagarnas kunskap och genomförd omvärldsbevakning upprättades sedan en enkät som skickades ut till framförallt linjepersonal i entreprenörsföretag.

De inkomna enkätsvaren kompletterades i vissa fall med intervjuer. Även beräkningar med TorkaS genomfördes i ett fåtal projekt för att jämföra mätvärden med prognosvärden.

Slutligen genomfördes ett slutseminarium där resultaten från inventering och slutsatser fastställdes och fortsatt hantering av uttorkning av betonggolv diskuterades.

Avgränsningar

Undersökningen begränsas till byggprojekt som de ingående företagen är eller har varit involverade i. Inventering och analys baseras på underlag från respektive byggprojekt, dock med undantag från ett fåtal kompletterande prognosberäkningar, som gjorts i efterhand. Mätningar har inte genomförts inom SBUF-projektet.

Arbetsgruppen identifierade tidigt att fokus för inventeringen borde vara på avvikelser, där dessa definieras som avvikelse från förväntad RF enligt prognos (beräknad eller erfarenhetsvärde) eller uppkommen skada i färdigställda projekt. Dock utformades enkäten enbart till att fråga efter fördröjd uttorkning i projekt. Detta gjordes med hänsyn till att vald primär målgrupp för enkäten (linjepersonal i entreprenadföretag) sällan följer projekt i driftskedet. Följaktligen innehåller slutmaterialet från inventeringen inga fall med uppkomna skador efter färdigställande.

KUNSKAPSLÄGE

Betong med mineraliska tillsatsmaterial

Den betong byggbranschen använder idag innehåller ofta mineraliska tillsatsmaterial (flygaska eller slagg). Det finns dels några olika typer av cement som innehåller mineraliska tillsatsmaterial, dels tillsätts ibland, av betongtillverkaren, flygaska eller slagg direkt i betongen. Exempel på betong som kan levereras till husprojekt, och som också återfinns i studien, är enligt nedan (ungefärliga sammansättningar).

Betong med mineraliska tillsatsmaterial:

- Vanligast är Bascement (CEM II/A-V) som innehåller cirka 14 % flygaska (www.cementa.se)
- Cemex Komposit (CEM II/A-M) som innehåller cirka 9 % kalkfiller och 6 % slagg (www.cemex.se)
- Det förekommer även betong som baseras på Byggcement (CEM II/A-LL) med cirka 15 % kalkfiller eller rent Portlandcement (CEM I) där inblandning av flygaska eller slagg gjorts av betongtillverkaren.

Betong utan mineraliska tillsatsmaterial:

- Vanligast är Byggcement (CEM II/A-LL) med cirka 15 % kalkfiller
- Anläggningscement (CEM I SR3)
- SH-cement (CEM I R)

Vilken betong som används i olika husbyggnadsprojekt beror bl.a. på geografisk tillgänglighet av cementsort, användningsområde, projektspecifika krav, samt val gjorda av projektörer och betongleverantör.

Indikationer på förändrade uttorkningsegenskaper

Den betong som används idag, med mineraliska tillsatsmaterial (flygaska eller slagg), indikerar andra fuktbindnings- och uttorkningsegenskaper än tidigare använd betong med rent Portlandcement (Fuktcentrum 2016, Fuktcentrum 2017, www.rbk.nu, www.sbuf.se/ppb). Betongens uttorkningsegenskaper bestäms till stor del av vilken förmåga en betong har att transportera fukt, dvs. avge fukt till omgivningen (uttorkning). I princip kan en betong med ett högt vattencementtal (vct) avge fukt till omgivningen lättare än en betong med lågt vattencementtal till följd av dess täthet, dvs. hög täthet liten uttorkning. På samma sätt kan en betong med lägre täthet även transportera in fukt lättare än en betong med hög täthet.

För dagens betong med mineraliska tillsatsmaterial är betongens täthet lägre under den första tiden efter gjutning, men med tiden tilltar (ökar) tätheten. Detta innebär att vatten kan tränga in i betongen lättare i ett tidigt skede och skapa fuktrelaterade problem i och med den ökande tätheten och förändrade (minskande) fukttransporten. Efter att betongens täthet har ökat kommer det att vara mycket svårt att transportera ut vatten från betongkonstruktionen. Dock kan denna effekt vara gynnsam för att förhindra vatteninträngning i ett senare skede genom en hög täthet.

Under flera år har betong med mineraliska tillsatsmaterial uppfattats ha samma uttorkningsegenskaper som betong utan mineraliska tillsatsmaterial (ex. Cementa, 2017), där det anges att uttorkningsegenskaper inte påverkas av inblandningar under 20 %.

I november 2016 gick dock RBK (RBK 2016) ut med information om att betong med mineraliska tillsatsmaterial kan vara mer känslig för vatten i tidigt skede och därmed inte bör vattenhärdas. Detta har inte varit känt i branschen tidigare utan uppfattningen har varit att materialet kan hanteras på samma sätt som tidigare.

Mätningförfarande

Det finns många felkällor vid mätning av fukt i betong. Genom att anlita en RBK auktoriserad fuktkontrollant betong, säkerställs att mätningen är kvalitetssäkrad och den utförs enligt dagens kunskapsläge. Manualen för fuktmätning i betong (www.rbk.nu) lanserades 1999 och har uppdaterats vid flera tillfällen för att lyfta in ny kunskap. De viktigaste förändringarna som kan påverka mätresultaten i de inventerade projekten är:

- Uttaget prov utgår som mätmetod i början av 2015 då denna metod tenderade att systematiskt ge för låga värden. (Mätningar med uttaget prov bör inte ha utförts efter 2015-03-01.)
- Testo-givare har omfattats av restriktioner under perioden april 2016 till december 2016. Restriktionerna omfattade exempelvis extra avläsningar för att säkerställa att givare och betong var i fuktjämvikt. Efter en modifiering av mätförfarandet avseende Testo-givaren återinfördes den i RBK-systemet som godkänd mätmetod i januari 2017.
- Vid borrhålmätning är mätområdet förbrukat efter en mätning och användningen av mätområdet är begränsat till tio dygn. Detta medför att om en ny mätning ska utföras vid ett senare tillfälle, på samma plats, så måste ett nytt mätområde borraras. Ett tidigare borrarat mätområde får således inte återanvändas. Även för givare av fabrikat HumiGuard är mätområdets livslängd begränsad till tio dygn. (Detta gäller fr.o.m. 2017-10-09.)
- För Vaisala-givare gäller att Vaisala HMP40S förses med o-ring vid mätning från 2017-10-09. Vaisala HMP44, som är på väg att fasas ut ur RBK-systemet, får fortsatt användas utan o-ring.
- HumiGuard får inte längre användas som kvarstående givare om mätningen ska vara en RBK-mätning. Det troliga är att de som mäter ändå kommer att låta dem sitta kvar för att använda för en trendmätning.

Dessutom uppmanade RBK i november 2016 sina användare att vidta vaksamhet vid uttorkning av betong med mineraliskt tillsatsmaterial och att vattenhärdning inte bör utföras på betong med mineraliska tillsatsmaterial.

RBK-mätningar som utförts vid en specifik tidpunkt följer aktuell mätmetod vid mättillfället. Detta innebär att de mätvärden som angetts i byggprojekten troligen i många fall är lägre än om de varit uppmätta enligt dagens RBK-manual. Skillnaden är troligen större i tätare betong.

Prognostisering

Vanligen används TorkaS för prognostisering av uttorkningstider. I slutet av 1990-talet lanserades TorkaS (1). Denna byggde på en omfattande jämförelse mellan beräkningar och uppmätta torkförlopp för betong med Slite std-cement. Sedan dess har TorkaS uppdaterats två gånger, först till TorkaS 2.0 (2001) och sedan till TorkaS 3.0 (2012). Den version som alltså är aktuell för denna inventering är TorkaS 3 och mer specifikt TorkaS 3.2 med korrektionsterm för betong med låga vct som lanserades 2015. Korrektionstermen baserades på RF-mätningar i betong med lågt vct (SBUF 12656, 12706, 12941 samt 13085) utan direkt koppling till cement med mineraliska tillsatsmaterial.

Nordisk utblick

I våra grannländer Norge och Danmark används också betong med mineraliska tillsatsmaterial. Praxis vad gäller uppbyggnad av golvkonstruktion och fuktmätning verkar dock skilja sig något mellan länderna. Både i Norge och Danmark finns referensmaterial som indikerar att betong med mineraliska tillsatsmaterial har en annorlunda uttorkning, ex. anger Dansk Beton (Dansk Beton, 2013) att flygaska (eller kalkfyller) inte bör användas i självuttorkande betong då det är cementersättning vilket är ogynnsamt för uttorkningen och (Kvalvik, Geving, Lindgård, Skjølsvold,

2009) konstaterar att betong med norskt cement (CEM II/A-V) ger lägre grad av självuttorkning och det ger längre uttorkningstider jämfört med Byggcement. Den norska rapporten föranledde att tidigare (norska) uttorkningstider som byggde på svensk mätdata uppdaterades.

ENKÄTEN

För att inventera byggprojekt med avvikelser avseende uttorkning upprättades en enkät för att få in information från så många byggprojekt som möjligt.

Enkätutformning

En viktig parameter vid utformandet av enkäten var att få en enkel enkät för de svarande i syfte att få hög svarsfrekvens. Huvudmålgrupp för enkäten var personer i linjen med ansvar för husbyggnadsprojekt, dvs. platschefer och projektchefer/arbetschefer (terminologi beroende på företag). Enkätutformningen arbetades fram under några arbetsmöten i arbetsgruppen med stöd från referensgruppen.

Viktiga områden i enkäten bedömdes vara:

- Allmänna uppgifter om projektet
- Konstruktionsförutsättningar
- Gjutförhållanden
- Betongsammansättning
- Mätförfarande

Innehåll i enkät, både omfattning och detaljnivå på frågorna, diskuterades. Det slutliga resultatet var en kompromiss mellan relevant önskvärd information och en bedömning av vad som var rimligt att efterfråga med hänsyn till de svarandes arbetsituation och kunskap, och därmed sannolikheten för svar.

Utifrån en bruttolista med intressanta parametrar i kategorierna ovan fastställdes 24 frågor, se appendix A. Samtidigt med enkäten skickades en kortare introduktionstext till frågeställningen kring uttorkning av betong, även denna i appendix A.

För att sänka tröskeln till att svara på enkäten fanns ett alternativ att ange data ”anonymt”, dvs. mot löfte om att inte bli kontaktad av enkätavsändaren. I efterhand var detta olyckligt då det hade varit önskvärt att kunna följa upp samtliga projekt med kompletterande frågor och förtydliganden.

Enkätutskick

Enkäten skickades till personer i linjen med ansvar för husbyggnadsprojekt, dvs. platschefer och projektchefer/arbetschefer (terminologi beroende på företag). Enkäten skickades också ut till ett tjugotal RBK-auktoriserade personer i konsultbolag. Totalt skickades enkäten ut till drygt 1000 personer.

Utskicket väckte ett intresse hos en del av mottagarna. Mottagarna ville i många fall ha mer information om betong och uttorkning, då detta upplevdes som en viktig fråga för dem.

RESULTAT

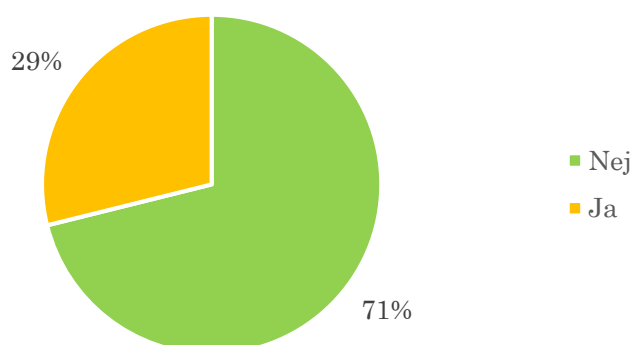
Enkät svar

Totalt inkom 277 enkät svar (svarsfrekvens drygt 25 %). Med hänsyn till det höga tryck som råder i byggbranschen upplevdes svarsfrekvensen som god. Enkätens huvudfråga var:

Har du under de senaste tre åren haft uttorkningsproblem i platsgjutna bjälklag eller bottenplattor som inte torkat ut i tid enligt prognosberäkning (ex. TorkaS) eller till förväntad RF enligt erfarenhet?

Av de svarande angav 80 personer (29 %) ja på denna fråga, se **Figur 1**. De som svarade ja enligt ovan fick ytterligare frågor för att beskriva projektet, konstruktionen, produktionen etc. De som svarade nej behövde inte svara på fler frågor.

Många av de som svarade ja angav att de hade haft uttorkningsproblem i fler än ett projekt, och sammantaget angav de svarande att de haft uttorkningsproblem i 149 projekt. Om endast entreprenörernas svar studeras har 27 % av de svarande erfarenhet av att konstruktioner inte torkat ut enligt prognos, sammanlagt gäller det 111 projekt. Resultatsammanställningen omfattar 78 projekt, eftersom det är dessa vi har fått data från.



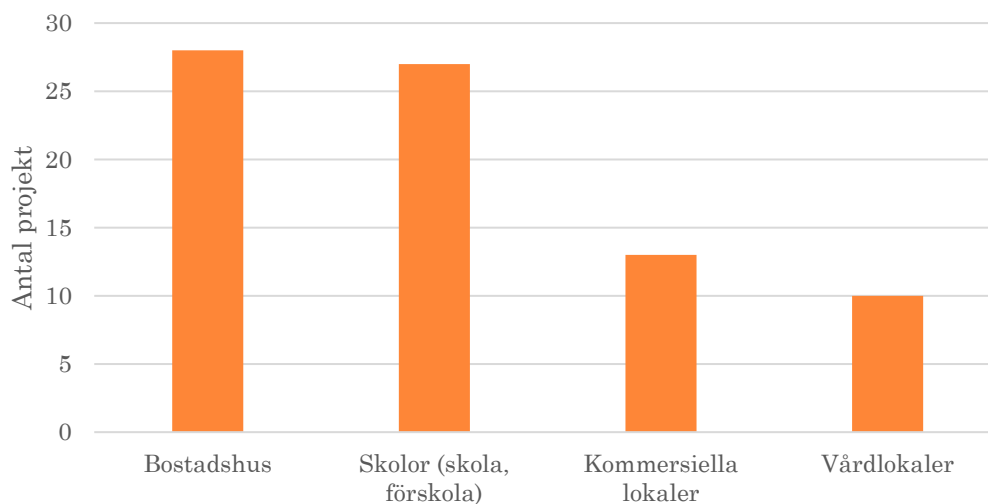
Figur 1: Svar på frågan: *Har du under de senaste tre åren haft uttorkningsproblem i platsgjutna bjälklag eller bottenplattor som inte torkat ut i tid enligt prognosberäkning (ex. TorkaS) eller till förväntad RF enligt erfarenhet?*

Kort om projekten

Byggprojekten i inventeringen som angett problem med uttorkningen finns runt om i landet, se ungefärlig placering i **Figur 2**. De vanligast förekommande byggnadstyperna i materialet är bostadshus och skolor, men även kommersiella lokaler och olika typer av vårdlokaler förekommer, se **Figur 3**.



Figur 2: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat över landet. Storleken på markeringarna avser antal projekt på orten.



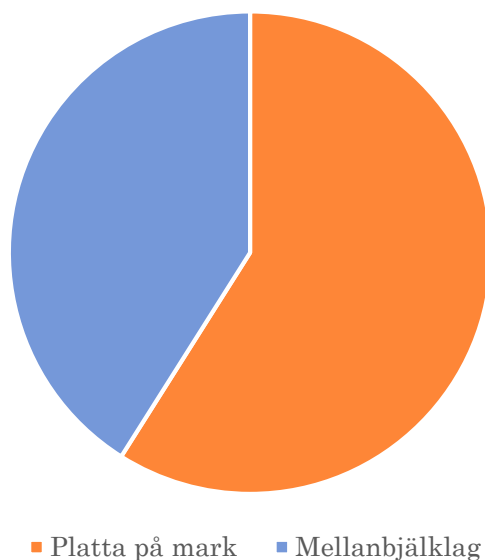
Figur 3: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat på byggnadstyper

Golvkonstruktioner

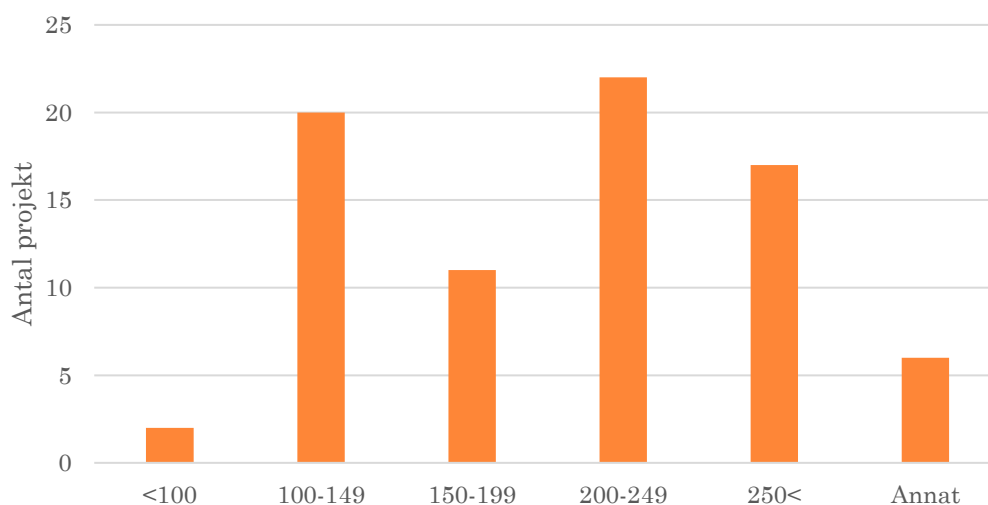
Uttorkningsproblem i denna inventering är inte isolerat till en enda typ av golvkonstruktion. Det förekommer uttorkningsproblem både för platta på mark och för olika typer av bjälklag, se **Figur 4**. Cirka 60 % är platta på mark. Förekommande bjälklag är jämt fördelade på HD/F, plattbärlag och platsgjutet mellanbjälklag.

Konstruktionerna har olika dimensioner, mediantjocklek är 200 mm, se **Figur 5**. En del av konstruktionerna har också voter eller liknande som är väsentligen tjockare, ofta runt 300-400 mm och upp till 800 mm. Uttorkning av så tjocka konstruktioner är förstås svårare. Här noterades en stor medvetenhet i många byggprojekt om att voter och foggjutningar är innebär lång uttorkningstid. De flesta projekten har använt lågt vct, median är 0,38, se **Figur 6**, men även konstruktioner med vct runt 0,5 förekommer. En notering är att i en väsentlig del av projekten är angiven hållfasthetsklass väsentligen lägre än vad som troligen har levererats med hänsyn till angiven vct.

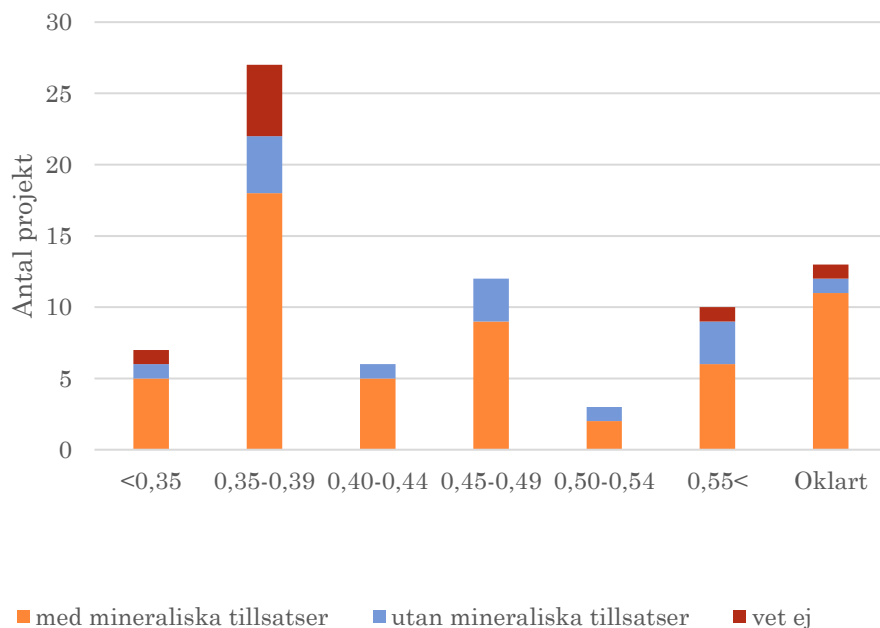
Från kompletterande intervjuer anges flera olika typer av golvmaterial, vanligast är plastmatta, men även badrumstätskikt, linoleum, gummimatta, parkett, textilmatta, limmat trägolv och parkett förekommer. Massagolv förekommer också, fast då som en åtgärd för att möjliggöra golvläggning på underlag med en RF-nivå på över 85 % RF. Där målvärde för uttorkningen anges är det i de flesta fall till 85 % RF, men även 90 % RF förekommer. Målvärdena bedöms generellt sett som rimliga med hänsyn till angivna golvmaterial.



Figur 4: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat på typ av golvkonstruktion



Figur 5: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat på golvkonstruktionens tjocklek i mm.



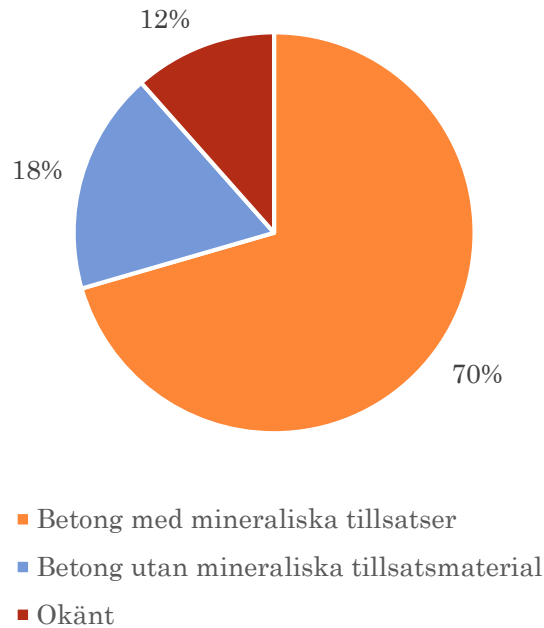
Figur 6: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat på angiven vct för betongen i golvkonstruktionen

Betong i golvkonstruktioner

Avseende den betong som använts i byggprojekten som angett uttorkningsproblem, har övervägande delen inblandning av mineraliska tillsatsmaterial, se **Figur 7**, antingen i form av cement med flygaska (vanligast), cement med slagg eller i form av flygaska eller slagg som tillsatsmaterial i betongen. Mängden tillsatt mineraliskt material är i samtliga fall under 20 % (CEM II/A), angiven mellan 5 och 16 % av cementvikten.

Uppgifter om betongens sammansättning, ex. om den innehåller mineraliska tillsatsmaterial saknades i flera fall i enkätsvaren, i flera fall angavs vaga beskrivningar som ex. standardcement. Därför har komplettering i efterhand varit nödvändig i flera projekt för att bedöma typ av cement/betong. Följesedlar har inte varit tillgängliga i några byggprojekt för denna analys. I dessa fall har andra källor använts för att kategorisera betongen där så varit möjligt.

De som svarat uppfattade ibland uppgifterna från betongtillverkarna om betongens sammansättning som otydliga.



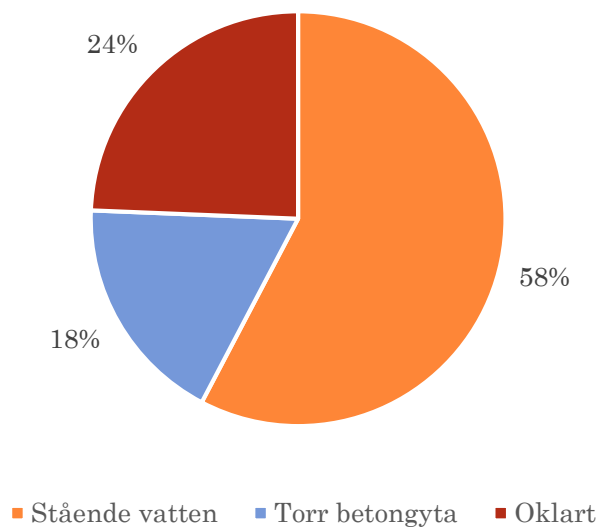
Figur 7: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat på betong med och utan mineraliska tillsatsmaterial. Komplettering av enkätmaterial har varit nödvändig. Följesedlar har inte varit tillgängliga i några byggprojekt för denna analys. I dessa fall har andra källor använts för att kategorisera betongen där så varit möjligt.

Produktion av golvkonstruktioner

Golvkonstruktionerna i undersökningen har producerats (gjutits) under årets alla månader förutom juli. Detta kan anses överensstämma med förväntat med hänsyn till semestrar och ledigheter. Endast i en tredjedel av projekten har temperaturen vid/efter gjutning varit över 10°C. Med hänsyn till medeltemperaturen utomhus kan detta vara något lägre än förväntat.

Vattenhärdning av betongytan har enligt uppgift gjorts i 15 % av projekten. Merparten av betonggolven, med en något högre andel för platta på mark, har haft stående vatten i någon utsträckning på betongytan under första veckan, **Figur 8**. Oavsett betongmaterial är fördelningen mellan torrt byggande och stående vatten första veckan densamma.

Byggprojekten poängterade i flera fall att det är väldigt svårt att skydda betongen från vatten under byggtiden. Det noterades också att det kunde gå lång tid mellan gjutning och tätt hus efter vilket ett bra torkklimat kunde skapas.

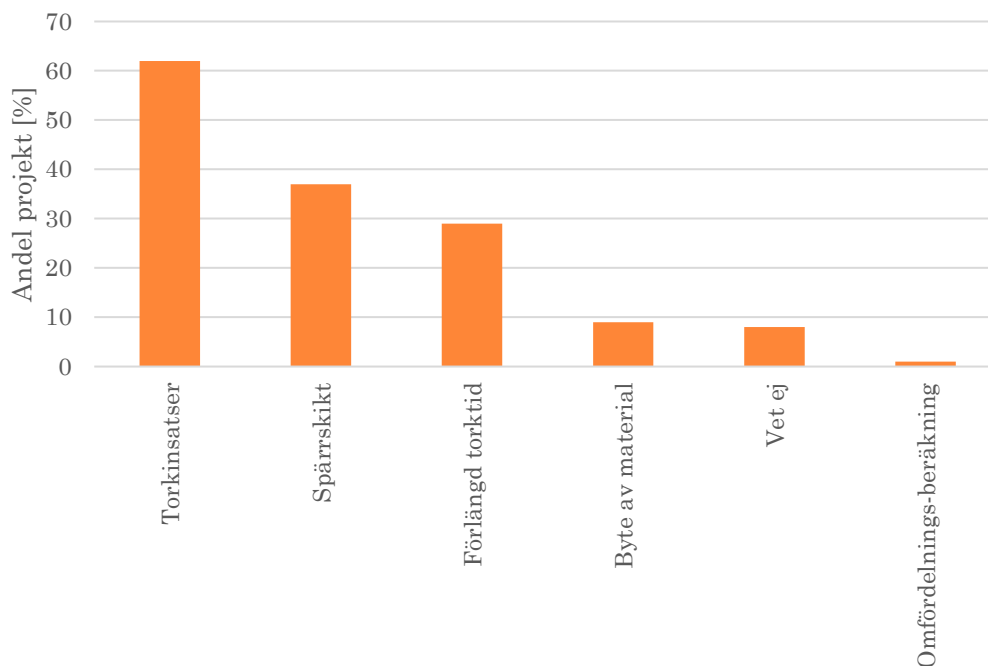


Figur 8: Projekt som upplevt uttorkningsproblem fördelat på förhållanden första veckan efter gjutning. Stående vatten på betongytan under första veckan efter gjutning avser både vattenhärdning och/eller stående vatten.

Åtgärder vid fördröjd uttorkning

Nästan alla projekt som angett uttorkningsproblem har angivit att en eller flera åtgärder är vidtagna, se **Figur 9**. Åtgärder genomförs antingen med mål att forcera uttorkningen till ursprungligt målvärde (torkinsatser, förlängd torktid) eller med mål att möjliggöra applicering av ytskikt på fuktigare underlag än ursprungligt målvärde (spärrskikt, byte av material, omfördelningsberäkning). I 40 % av projekten är fler än en åtgärd vidtagen. I de fall spärrskikt har använts har detta i två tredjedelar av fallen föregåtts av torkåtgärder och/eller förlängd torktid. Det finns ingen indikation i undersökningen på att användningen av spärrskikt har ökat under perioden. En förekommande kommentar från projekten är att spärrskikten är en nödlösning som tas till då andra åtgärder inte har hjälpt.

Kostnaden för de utförda åtgärderna har inte varit i fokus för detta projekt. Dock har enklare uppskattningar gjorts. Kostnaden för forcerande torkåtgärder är svårt att uppskatta då det beror på årstid, geometriska förutsättningar, hur många aggregat etc. Även kostnader för försening av mattläggning är starkt beroende av projektförutsättningar, men i något fall nämns kostnader på ett hundratal kronor per kvadratmeter per månad. I de fall uttorkningen ändå inte kommer ner till avsedd nivå har ofta spärrskikt använts. Kostnaden för spärrskikt har varit i storleksordningen runt trehundra kr per kvadratmeter. Till de direkta åtgärdskostnaderna tillkommer också konsultkostnader för utredning och åtgärdsförslag. Sammanfattningsvis kan kostnaderna för en försenad uttorkning bli mycket kännbara i ett projekt och överstiga kostnaden för golvläggningen.



Figur 9: Åtgärder som vidtagits i de projekt som upplevt uttorkningsproblem. Notera att flera olika åtgärder ofta har vidtagits i samma projekt.

Mätning och prognostisering

I alla projekt (utom ett) som angett uttorkningsproblem anges att mätning utförts i enlighet med RBK-systemet av en auktoriserad fuktkontrollant i betong. Enkätsvaren ger att mätning med kvarsittande givare är vanligare än mätning med ej kvarsittande givare. Några stickprovskontroller indikerar dock att platsledningen inte är bekant med termerna kvarsittande givare och ej kvarsittande givare och det kan därför finnas en viss överrapportering av kvarsittande givare.

Noterbart är att uttaget prov har använts i vart tionde projekt. Metoden har då använts som komplement till borrhålmätning. Med hänsyn till studerad tidsperiod är uttaget prov inte en RBK-godkänd metod.

En tredjedel av projekten har inte angett hur prognostiseringen av förväntad uttorkningstid har utförts, troligen för att detta överlåtits till betongleverantör eller konsult. Anmärkningsvärt är att TorkaS 2 och TorkaS 3 är lika frekvent förekommande i materialet, vilket är förvånande då TorkaS 2 inte borde använts alls, se avsnitt Prognostisering. I något enstaka fall har SBUFs lathund använts.

Noterbart är att vid mätning redovisas i stort sett aldrig förväntat värde enligt prognosberäkning. Prognosen ligger till grund för tidplanen men följs sällan upp vid mätning och därmed missas möjligheten till erfarenhetsåterföring. Dock ger flera av projekten kommentarer som visar på en misstro, både mot prognosverktygen och mätresultat.

DISKUSSION

Vid sammanställningen av enkäten konstateras att mer data kring de olika projekten hade varit intressant. Avväganden vid enkätutformningen, och prioriteringen att skapa en tillräckligt enkel enkät för att få en hög svarsfrekvens, begränsade antalet frågor och detaljeringsgraden av frågorna. Exempel på frågor i enkäten som i efterhand saknades var exempelvis målvärde för uttorkning och golvbeläggningsmaterial med kritiska fuktnivåer. Det var dock svårt och tidsödande att samla in information från byggprojekten, eftersom projekten ofta var överlämnade till kund vid enkättillfället

och informationen från byggtiden redan hade arkiverats. Informationen som efterfrågades gick inte heller att enkelt ta fram från en källa, utan flera källor ex. relationshandlingar, följesedlar, dagböcker etc. behövde konsulteras. I enkäten frågades efter uttorkningsproblem och inte efter konstaterade golvsador. Detta gjordes med hänsyn till att målgruppen bedömdes ha liten erfarenhet av händelser efter i idrifttagande.

Det är vanligt förekommande att byggprojekt upplever problem med uttorkningstider för betonggolv. I det studerade materialet rör det sig om avvikelser från prognostiserad uttorkningstid, men även upplevelsen av att uttorkningen tar lång tid är ett problem. Uttorkningstiderna som beräknas inklusive korrektionsfaktorer är svåra att hantera i byggnationen, de upplevs som kostnadsdrivande i projekten. Även fast det förekommer projekt där diverse olyckliga omständigheter i projektering / produktion har lett fram till avvikelser i uttorkningstid kan detta bara förklara enstaka fall av de studerade projekten eller bara tjäna som en delförklaring. Observationen om problem med uttorkningstider i förhållande till tillgänglig torktid stämmer även med andra utredningar, ex. Bergström, 2017.

I 90 % av projekten i undersökningen är gjutningarna utförda innan informationen om att cement/betong med mineraliska tillsatsmaterial inte ska vattenhärdas eller utsättas för stående vatten under första veckan blev tillgänglig (ex. [RBK](#) 2016). Det är därför inte förvånande att en majoritet av projekten har varit utsatta för stående vatten på plattan under den första veckan. Det finns också en stor osäkerhet i hur projekten praktiskt kan skydda en betongplatta från nederbörd under hela första veckan på ett effektivt sätt. Lösningarna kan troligen behöva se olika ut beroende på konstruktionsutformning (ex. platta på mark, HD/F, plattbärlag eller platsgjutet). Väderskydd av konstruktionen är också en ny, inte obetydlig, kostnadspost som behöver föras in i kalkylen.

Avvikelser i uttorkningen kan medföra att applicering av ytskikt blir försenad då betongkonstruktionen inte har torkat ut på den tid som avsatts för uttorkning enligt ursprunglig tidplan. Då det sällan finns utrymme i tidplanen för förseningar läggs i många projekt stor kraft på att påskynda uttorkning, genom exempelvis avfuktare och värme. När dessa åtgärder inte lyckas, vilket ofta är fallet, har många projekt kompletterat med spärrskikt, en lösning som både kostar pengar och som få projekt vill ha. Sammantaget kan en avvikelse i uttorkningstid medföra kostnader som vida överstiger kostnaden för ursprunglig golvbeläggning.

Produktionsledningen i projekten visar ofta stort engagemang i de frågor som de själva direkt hanterar. Däremot har de ofta mindre intresse och kunskap om produkter och tjänster de köper in, ex. vilken betong som har använts eller mät- och beräkningsmetoder som används. I det ursprungliga enkät materialet var uppgifterna om angiven betongsort i större delen av projekten osäker och ett stort arbete lades på att följa upp genom intervjuer, följesedlar etc. Den ofta förekommande diskrepansen mellan angiven hållfasthet och vct vittnar troligen om att konstruktören inte aktivt engagerar sig i betonguttorkningen. Även mät- och beräkningsmetoder var ofta okända då detta var tjänster som köps in och projekten förlitar sig till leverantören/konsulten. Med hänsyn till vikten av en fungerande uttorkning för projektets framdrift och ekonomi tror vi att en bred ökad kunskap inom golv- och betongområdet är önskvärd. Det är i detta sammanhang också viktigt att betrakta golvkonstruktionen som ett system och hålla ihop olika aktörer. Den obligatoriska arbetsberedningen enligt ByggaF bör förtydligas avseende kvalitet på uttorkningsprognoser. Fuktsäkerhetsansvarig produktion enligt ByggaF bör dessutom ha kunskap för att säkerställa uttorkningsfrågan.

I de fall mätningar är utförda vid flera tillfällen påvisas oftast relativt stora sänkningar av RF mellan första och andra mätningen. Troligen är detta ett utslag av läckande borrhål. Mätningar som utförs från nu och framåt kommer inte att vara behäftade med dessa fel om mätningen utförs enligt

nu gällande anvisningar avseende RBK-mätningar. Positivt är det stora genomslag RBK har i projekten vilket också gör RBK systemet till en viktig kanal för information om förändringar.

Enkäten skickades ut till utvalda grupper i fyra företag och svarsfrekvensen för enkäten var cirka 25 %. Detta betyder att det troligen finns många fler projekt som upplevt uttorkningsproblem runt om i landet, både projekt som inte nåtts av enkäten och projekt som av olika anledningar inte har svarat, kanske för att de inte hunnit svara på enkäten eller för att de redan löst problemet. Att betongen inte torkar ut som förväntat kan leda till stress, både i form av ökad arbetsbelastning och i form av vanmakt i upplevelsen att man gjort allt ”rätt” men ändå blir det fel. Även en upplevd osäkerhet kring prognosverktyg och mätresultat bidrar till att öka pressen i projekt.

Slutseminarium

Projektet avslutades med ett slutseminarium med arbetsgrupp och referensgrupp för att reflektera över projektets genomförande, diskutera resultat och sammanfatta slutsatserna. I ett konstruktivt möte konstaterades att kunskapen kring uttorkning av betong och förståelse kring funktionen hos golvsystemet har tagit ett stort kliv framåt under året även om det fortfarande saknas tillförlitlig data och modeller. Detta inventeringsprojekt har varit en del av detta.

SLUTSATSER

- Inventeringen visar att produktionsledningen ofta upplever en allmän oro kring uttorkning och betong, samt kring fuktmätningar.
- Fördröjd uttorkning med risk för försenad mattläggning förekommer regelbundet i byggprojekt, nästan 30 % av de svarande upplevde fördröjd uttorkning i förhållande till prognos/förväntat. En stor del av byggprojekten i inventeringen som upplever fördröjd uttorkning har använt cement/betong med mineraliska tillsatsmaterial.
- Fördröjd uttorkning förekommer i alla typer av byggprojekt, både med platta på mark och bjälklag.
- Fördröjd uttorkning är vanligt förekommande även för projekt med låga vattencementtal.
- Verifierande mätningar visar högre RF än prognostiserat/förväntat värde i byggprojekt som rapporterat uttorkningsproblem.
- Det finns en osäkerhet kring användandet av prognosverktyg, vilket ger en risk för prognosfel.
- Fördröjd uttorkning leder alltid till högre kostnader i form av åtgärder. Ofta har inte forcerad uttorkning räckt för att lösa uttorkningsproblemet, utan ytterligare kostnader tillkommer (ex. försening och/eller byte av golvsystem/spärrskikt).
- Produktionsledningen saknar ofta detaljerad information om betongen de använt. De saknar också upparbetade rutiner för vilken information de ska begära in.
- Produktionsledningen upplever ofta uttorkningstider som orimligt långa, jämfört med vald konstruktion (tjocklek på konstruktion och kritisk fuktnivå/täthet på ytskikt) och tillgänglig byggtid. Dessa förutsättningar bestäms ofta utanför produktionsledningens kontroll.
- I vissa projekt finns negativa samverkande faktorer som bidrar till den fördröjda uttorkningen, men detta förklarar inte alla identifierade problem.

Behov av fortsatt utredning

I projektet har identifierats en stor osäkerhet kring uttorkning av betong i branschen idag. Osäkerheterna omfattar både materialdata, beräkningsverktyg samt systemförståelse, och det finns ett behov av att sprida uppdaterad kunskap och arbetssätt i alla led i branschen.

Förslag till framtida utvecklingsprojekt:

- Utbildningsmaterial för uttorkning av betong baserat på aktuella egenskaper och kunskap (projektering och produktion). Materialet bör uppdateras med förändrade egenskaper och ökad kunskap.
- Instruktion kring rimlighetsbedömning och riskbedömning av mätvärden i fält.
- Uppdatera funktionskrav och materialkunskap för alla i golvet ingående delmaterial och komponenter.
- Översyn av AMA för anpassning till aktuell kunskapsnivå.
- Rutiner för att hantera dagens golvsystem i produktion med hänsyn till fukt.

LITTERATURFÖRTECKNING

Bergström, Louise, 2017, *Uttorkning av betongbjälklag – en utmaning och en möjlighet*, Examensarbete i byggnadsteknik no 448, KTH Byggnadsteknik

Cementa, 2017, Om betong och uttorkning, <http://www.cementa.se/sv/betong-och-uttorkning> (daterad 2017-04-28, tillgänglig 2017-06-01)

Dansk Betong, 2013, *Selvudtørrende beton - til gavn for byggeriet*. Anvendelse, specifikation, udførelse og baggrund, Fabrikksbetonggruppen, Dansk Beton

Fuktcentrums informationsdag 2016 och 2017 www.fuktcentrum.lth.se

Kvalvik, Geving, Lindgård, Skjølvold, 2009, *Uttørkningshastighet for betonggolv*, Laboratorieforsøk for norske betonger, Sintef Prosjektrapport 32 2009

RBK, www.rbk.nu

[RBK, 2016, *Uttorkning av betong med mineraliska tillsatsmaterial*, <http://www.rbk.nu/UserFiles/Uttorkning av betong med mineraliskt tillsatsmaterial.pdf> \(tillgänglig 2017-12-22\)](http://www.rbk.nu/UserFiles/Uttorkning%20av%20betong%20med%20mineraliskt%20tillsatsmaterial.pdf)

www.sbuf.se/ppb

APPENDIX A: ENKÄT

Byggbranschen behöver din hjälp!

Vi har sett förändrade uttorkningsegenskaper för modern betong med nya cement i labbmiljö. men vi vet inte vilken genomslagskraft detta har, t.ex. vid uttorkning inför golvläggning i våra byggprojekt. Nu behöver byggbranschen genomföra en gemensam ansträngning och vill ha din hjälp att ta reda på svaret! Genom information från byggprojekt vill vi se över och uppdatera råd och rekommendationer för uttorkning av betong anpassa till modern betong.

Via bifogad länk kommer du till en enkät. Enkäten tar några minuter att svara på och vi ser framemot ditt svar senast XX-XX-XX. Enkät svar hanteras konfidentiellt och enskilda projekt eller företag kommer inte att kunna spåras. För frågor rörande enkäten, kontakta NN.

1. Har du under de senaste tre åren haft uttorkningsproblem i platsgjutna bjälklag eller bottenplattor som inte torkat ut i tid enligt prognosberäkning (ex. TorkaS) eller till förväntad RF enligt erfarenhet.

2a. Om du svarat JA på fråga 1: Får vi kontakta dig om frågor kring dessa projekt?

2b. Om du svarat JA på fråga 2: Var god ange kontaktuppgifter till dig.

3a. I hur många projekt under tre senaste åren upplever du att du haft uttorkningsproblem enligt fråga 1.

3b. Vilka åtgärder vidtogs då för att åtgärda fuktproblematiken?

4. Hur har RF i betong i projekt mätts?

5. Vilken typ av byggnadsprojekt?

6. På vilken ort finns projektet?

7. Projektnamn (behandlas konfidentiellt)

8. För vilken byggdel uppstod problemen?

9. Ange betongtjocklek på konstruktionen

10. Vad var grundorsakerna enligt din uppfattning varför det inte torkade ut enligt prognos eller förväntad RF i projekten? Beskriv kortfattat i text:

11. Vilket hjälpmedel användes för uttorkningsberäkningen/prognosen?

12. Vad var den förväntade torktiden till önskad RF enligt prognosverktyg? Ange antal månader från torkstart

13. Hur har RF mätning i betong genomförts?

14. Vilket företag levererade betongen?

15. Ange betongens vct?

16. Ange tryckhållfasthetsklass?

17. Vilken cementtyp?

18. Gjutdatum för problemkonstruktion?
19. Vad var ungefärlig medeltemperatur vid gjutdatum?
20. Vad var ungefärlig medeltemperatur under efterföljande vecka efter gjutning?
21. Vilken fukthärdningsmetod användes?
22. Varaktighet på eventuell fukthärkning. Ange tid i dagar.
23. Har det förekommit kvarstående vatten på konstruktionen de första fyra veckorna efter gjutning?
[första veckan]
23. Har det förekommit kvarstående vatten på konstruktionen de första fyra veckorna efter gjutning?
[andra veckan]
23. Har det förekommit kvarstående vatten på konstruktionen de första fyra veckorna efter gjutning?
[tredje veckan]
23. Har det förekommit kvarstående vatten på konstruktionen de första fyra veckorna efter gjutning?
[fjärde veckan]
24. Övrigt som kan vara värt för oss att veta kring uttorkningsproblematiken: