



Linköpings universitet

EXAMENSARBETE HÖGSKOLEINGENJÖR I BYGGNADSTEKNIK

UTTORKNING AV BETONG

EN PRAKTISK UPPFÖLJNING AV MÄTNINGAR FRÅN BYGGSKEDET

Jakob Verde

NORRKÖPING 2017

Tekniska högskolan vid Linköpings universitet
581 83 LINKÖPING
www.liu.se

SAMMANFATTNING

Idag byggs det fler hus än på väldigt länge och byggtiderna är kortare än någonsin. I jakten på att kunna bygga bostäder på kortare tid har betongen utvecklats snabbt de senaste åren. Forskningen har inte hängt med i samma tempo och idag är kunskaperna kring vad som händer i en betongplatta efter det att ett tätt ytskikt appliceras små. Kombinationen av betongkonstruktioner, fukt och bristande kunskap har historiskt sett gett upphov till skador på byggnader och problem med inomhusmiljön för brukare.

Det här examensarbetet undersöker vad det finns för forskning på området sedan tidigare och ger en bild av hur betongens komplicerade uttorkningsprocess ser ut för att sedan gå in djupare på hur tre olika byggnaders betongplattor har utvecklats sedan de färdigställdes. Även vad som händer med ytskiktet när betongen inte får torra ordentligt och hur alkalisk fukt påverkar ytan beskrivs och undersöks.

Resultatet visar på att trots erforderlig uttorkning har skett finns det ändå kemikalier under ytskikten som visar på att skador till följd av fukt har uppkommit. Förhoppningen är att resultatet öppnar för en debatt inom branschen för hur dagens metoder används och vilka rekommendationer som borde gälla.

ABSTRACT

We are building more houses than ever at this moment. And to be able to cut the building time and price big improvements on research about concrete have been done. The v/c –ratio (water/concrete –ratio) have been lowered a lot to make the hydration go faster which makes it possible to finish the flooring earlier. The problem with this is that we don't know the effects of this new concrete in the long term.

This is a study of three concrete floors after the building process is finished. I am going to look at the relative humidity in the concrete floors and how it has developed since the construction. The company Conservator AB where at the three floors in the building process are measured the relative humidity in the concrete to under the limit of 85% before the pvc-flooring was put on. After that moment no one have done anything to the floor before we went back and checked the status of it.

The study starts with a summary of the research done in similar projects and on concrete in general. Potential chemical problem that comes with to high levels of humidity in the concrete will also be explained.

After the summary of the prior research a presentation of the results from both from the relative humidity measurements and the chemical analysis. Then a analysis of the results will follow. After that the answers of the research questions follows and a summary of the work.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT.....	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	IV
FÖRORD	VII
FÖRKORTNINGAR/TECKENFÖRKLARING/BEGREPPSFÖRKLARINGIX	
1 INLEDNING	1
1.1 Problemformulering.....	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Frågeställningar.....	2
1.4 Metod	3
1.5 Avgränsningar.....	4
1.6 Conservator	4
2 TEORETISK REFERENSRAM.....	6
2.1 Betong	6
2.1.1 Betongens uppbyggnad samt beståndsdelar.....	6
2.1.2 Relativ fuktighet.....	7
2.2 Betongplatta på mark	7
2.3 Uttorkning av betong	9
2.3.1 Allmänt om uttorkning av betong	9
2.3.2 Beräkning av uttorkning.....	10
2.3.3 Torka S.....	11
2.4 Kemiska reaktioner	13
2.4.1 Emissioner till följd av fukt.....	13
2.4.2 Mätning av kemikalier som uppstår till följd av alkalisk fukt13	
2.4.3 Flyktiga organiska ämnen	14
2.4.4 Florosil	14
2.5 Fuktmätning	15
2.5.1 Korrektion och mätosäkerhet	17
2.5.2 Mätprotokoll och redovisning.....	19
2.5.3 RBK mätning anpassad till examensarbetet.....	19
3 BESKRIVNING AV EMPIRIN.....	21
3.1 Data insamlad i byggnaderna.....	21
3.1.1 Byggnad 1	24
3.1.2 Byggnad 2	25
3.1.3 Byggnad 3	26
3.2 Sammanställning av emissioner.....	27

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

3.2.1	Byggnad 1	27
3.2.2	Byggnad 2	27
3.2.3	Byggnad 3	28
4	ANALYS OCH DISKUSSION.....	29
5	SLUTSATSER	31
5.1	Metodkritik	32
5.2	Förslag till fortsatt utveckling.....	33
6	LITTERATURFÖRTECKNING	35
7	BILAGOR	38

FÖRORD

Examensarbetet är den avslutande delen av utbildningen högskoleingenjör i byggnadsteknik och omfattar totalt 16 hp vid Linköpings universitet. Valet av ämne till arbetet baserar i att jag vill öka min kunskap om fukt, efter en diskussion med Conservator bestämde jag mig för att skriva om uttorkning av betong då det är något som branschen har ett intresse av att kartlägga. Ämnet gav även en möjlighet till att göra nått praktiskt i form av mätningar i fält, det gjorde att projektet kändes mer som något från verkligheten och mindre som en uppgift.

Jag skulle vilja tacka Eva Gustafsson, Johan Jonsson och Linus Björnlund på Conservator för deras engagemang och stöd under arbetets gång. Jag vill även tacka fastighetsägaren och den personal som gjorde lokalerna tillgängliga och visade intresse för mitt arbete. Personalen som använder lokalerna ska inte heller glömmas bort för deras trevliga bemötande.

Ivl. Svenska miljöinstitutet och Jan Kristensson som har utfört alla kemiska analyser ska ha ett tack för deras bidrag till resultatet i form av ett rabatterat pris på den kemiska analysen och för att ha svarat på frågor som jag har fått angående det kapitlet.

Min handledare Osama Hassan och examinator Dag Haugum skall även de ha ett tack för handledning och tips under arbetets gång.

Förkortningar/Teckenförklaring/begreppsförklaring

Relativ fuktighet, RF: Relativ fuktighet definieras som kvoten mellan luftens aktuella fuktinnehåll och mättnadsvärde vid aktuell temperatur.

Hysterés: Ett fast material kan ha svårare att släppa ifrån sig fukt än att binda samma mängd fukt till sig. Detta kan ske vid tex en vattenskada i betong.

Akali: Alkalisk fukt, fukt som har reagerat med betongens höga PH och kan påverka ytskikt och lim negativt.

RBK: Rådet för byggkompetens, samarbetsorgan som jobbar för att höja kompetensnivån inom byggandet i Sverige. Det är RBK som är ansvariga för den fuktmättningsmanual som har använts.

Sveriges Byggindustrier: Bransch och arbetsgivarorganisation inom bygg och anläggning.

ATD-provtagare: Provtagningsinstrument som Tenax-ta rör monteras i tillsammans med provet.

Tenax-ta rör: Provtagningsutrustning för att mäta kemikalier. Röret absorberar kemikalierna.

1 INLEDNING

Bakgrunden till detta examensarbete är att det idag råder oklarhet i byggbranschen och kanske framförallt i fuktsäkerhetsbranschen om hur de fuktmätningssmetoder som idag tillämpas fungerar i betong med lågt vct (vattencement-tal). Och vilka följder det kan få. I detta avsnitt beskrivs problemen mer ingående, även syfte, frågeställningar och avgränsningar beskrivs.

1.1 Problemformulering

Den idag absolut vanligaste konstruktionen vid byggnation av hus är platta på mark. Konstruktionen har varit vanligt förekommande i olika varianter sedan 60-talet. Fuktproblem har uppstått i konstruktionen av olika anledningar och konstruktionen har hela tiden förbättrats för att undvika framtida problem. Olika anledningar till att fuktproblem uppstår tar (Mattsson, 2013) upp i sitt examensarbete.

Dagens konstruktion kan få fuktproblem om den inte får torka ut ordentligt innan ytskikt applicerats och uttorkningen till största del avstannar. De krav som ställs på uttorkning idag baseras på den kunskap och de erfarenheter som samlats in i äldre konstruktioner. På senare år har utvecklingen av betong gått framåt och idag används en betong med betydligt lägre vct (vattencementtal) än tidigare. Hur denna betong torkar ut och uppför sig med hänsyn till eventuella fuktproblem finns det inte så många studier på.

Kan den i nuläget gällande standarden vara dåligt anpassad till dagens byggande med risk för framtida problem, eller är dagens krav fullt tillräckliga? Examensjobbet ska undersöka om konstruktioner som uppfyller dagens krav visar tecken på problem till följd av hög relativ fuktighet.

Tidigare studier på ämnet har berört olika fuktproblem som kan uppstå och dess lösningar i konstruktionen platta på mark. Andra har skrivit om betongens uttorkningshastighet i förhållande till dess vtc och andra förhållanden. Bland annat har det i olika examensarbeten undersökts metoder för att beräkna uttorkning i betong. De har i sitt examensarbete gjort en jämförelse mellan programmen TorkaS och BI Dry samt betongtester som de själva gjuter för att se hur programmets resultat överensstämmer med den uttorkning som sker i deras prover.

1.2 Syfte och mål

Syftet med det här examensarbetet är att göra en uppföljande undersökning av de mätvärden som uppmättes under byggnationen av olika liknande projekt, för att se om det går att dra några slutsatser om dagens krav är tillräckligt högt ställda för att undvika framtida problem av fukt till följd av bristfällig uttorkning i byggnadsskedet. Examensarbetet ska också undersöka om det finns problem med emissioner till följd av kemiska reaktioner i mattorna.

Målet är att se om betongens relativa fuktighet skiljer sig från de värden som uppmättes under byggskedet, för att kunna säkerställa att inte problem för fuktskador uppstår med dagens krav.

1.3 Frågeställningar

- Har det skett någon uttorkning av plattan sedan byggskedet och hur stor har den i sådana fall varit?
- Har kemiska skador på golvbeläggningar uppstått?
- Bör rekommendationerna för vilken relativ fuktighet i betong som godkänns sänkas för att undvika skador och framtida problem?

1.4 Metod

Arbetet började med att en litteraturstudie gjordes för att skapa en uppfattning om hur betong och eventuella fuktproblem samverkar. Senare gjordes fältförsök på 3 betongplattor som är gjutna mellan åren 2013 till 2015. Betongplattorna är av liknande konstruktion och användningsområde.

Ur golven görs tester baserat på RBK's manual för fuktmätning, med reservation för att flera mätningar ska ske. En på ytan, en på $H*0,4$ samt en på $H*0,8$ (Där H är tjockleken på plattan.) I övrigt ska mätning ske enligt RBKs krav. I samband med mätningarna av den relativa fuktigheten kommer även ett mattprov att skickas på kemisk analys för att se om mattan har reagerat med fukt eller annat och om det i såna fall finns kemiska indikatorämnen i mattorna. RBKs manual finns på organisationens hemsida för fri nedladdning.

I varje byggnad utförs mätningar på två separata ställen, vid en kantbalk samt på plattan. Så långt det för den nuvarande verksamheten är möjligt ska mätningarna ske där de gjordes under byggskedet. I annat fall får mätningarna ske där det passar verksamheten. Under provtagningen kommer frågeställning ett och två besvaras.

En kemisk analys kommer att göras av varje matta som skärs upp. Den kommer att ske med hjälp av IVL Svenska miljöinstitutet som kommer att mäta provbitarna enligt gällande normer. Exakt hur mätningen går till beskrivs senare i arbetet.

Resultaten sammanställdes för att kunna jämföras med tidigare mätningar och med de fakta som kan samlats in från litteraturstudien. Från detta ska sedan slutsatser dras om det finns risk för fuktproblem och där med svara på frågeställning 3.

1.5 Avgränsningar

Avgränsningar sker med hänsyn till att inte examensjobbet ska bli för spretigt och svårtolkat samt att tiden för att färdigställa det är begränsad. Då beräkning av uttorkning i betong är komplicerat och idag omgärdat av frågetecken kommer inga beräkningar genomföras, varken manuellt eller via program som TorkaS. Då TorkaS ligger till grund för beräkningarna som gjordes i byggskedet och finns med i bilagorna kommer TorkaS att beskrivas. Den kombinationen som undersöks är betong med lågt vct, vattenbaserat lim och pvc-matta. Alltså kommer inte arbetet undersöka linoleummattor och liknande.

Mätningar utförs endast vid ett tillfälle utöver de mätningar som gjordes i byggskedet. De berör endast betong som torkar ut enkelsidig på grund av konstruktionen, därför kommer inte dubbelsidig uttorkning att beröras i arbetet.

Tillsatsmedel i betongen är inte heller det något som berörs närmare. Det finns olika medel för att ändra på betongens egenskaper och dessa kan påverka uttorkningen i stor grad. Hur detta påverkar är inget som det här arbetet behandlar.

Hur de kemiska reaktionerna som har skett påverkar miljön är inget som heller berörs i arbetet.

I den teoretiska referensramen beskrivs betong med både lågt vct och högt vct. Detta sker på grund av att kunskaperna kring betong med lågt vct är tämligen begränsad. I resten av arbetet ligger fokus endast på betong med lågt vct då det är det som används i de undersökta betongplattorna.

1.6 Conservator

För att detta examensarbete ska vara genomförbart på en begränsad tid krävs det att det görs både nya mätningar av fuktnivåer i olika betonggolvs samt att det redan finns befintlig data från tex. byggskedet. Det är även bra om data samlas från flera olika betongplattor med liknande användning. Till hjälp har Johan Jonsson på Conservator AB funnits för att tillsammans med mig har utfört mätningarna i respektive betongplatta. Conservator är ett renodlat konsultföretag som är specialister på fukt och har mångårig erfarenhet av branschen samtidigt som dom ständigt arbetar med att utveckla sina metoder och lära sig ny teknik. (Conservator AB, 2017)

2 TEORETISK REFERENSRAM

I det här avsnittet kommer de viktigaste av betongens egenskaper att beskrivas. Som uppbyggnad, funktion, uttorkning samt beräkning för detta. Även hur konstruktionen platta på mark fungerar samt vilka krav som ställs på den ska beskrivas. Vidare beskrivs även emissioner och uppkomsten till dessa.

2.1 Betong

2.1.1 Betongens uppbyggnad samt beståndsdelar

Betong är ett byggnadsmaterial som består av cement, ballast, och tillsatsmedel. Ballasten består av grus och sand, sanden ska fylla upp hålrummen mellan gruset. Cementen fungerar som det lim som håller ihop ballasten och består av cementpasta och vatten. Till denna blandning kan även olika tillsatser blandas i för att påverka egenskaperna hos betongen. De idag vanligast förekommande cementsorterna är: Portlandcement, Portland-kompositcement och Blandcement. (Byggentreprenörerna, 1995) Betong anses vara vattentät, speciellt vid låga vct. Däremot kan fukt transporteras i portsystemet, om än långsamt. (Nevander & Elmarsson, 1994)

Betongens hållfasthet avgörs av hur stark cementpastan är, desto mer den späds ut med vatten desto svagare blir den. För att kunna standardisera och räkna på cementpastan används det som i dagligt tal kallas vct, eller vattencementtal. Det beräknas genom att vikten av vattnet divideras med vikten av cementen. Ett lågt vattencementtal medför en tätare betong och därmed en högre hållfasthet. (Byggentreprenörerna, 1995)

$$vct = \frac{Vatten (kg)}{Cement (kg)}$$

Utöver den fukt som tillförs konstruktionen genom cementpastan kan fukt tillföras i byggprocessen, så kallad byggfukt. Byggfukten är den fukt som tillförs vid byggandet och som ska torkas ur innan konstruktionen är i jämnvikt. Byggfukt kan bland annat vara det vatten som är överflödigt för härdningen i cementpastan eller nederbörd som absorberas av konstruktionen innan det är tätt. (Byggentreprenörerna, 1995) (Björk & Eriksson, 2000)

Till betongen kan det tillföras olika tillsatsmedel för att få ändrade egenskaper I viktprocent är delen tillsatser väldigt liten sett till hela mängden betong, men det kan påverka betongens egenskaper mycket. Några exempel på egenskaper som kan ändras med tillsatser är följande: accelererande, retarderande, luftporbildande och medel för att få betongen att flyta bättre med mindre vatten. Det sistnämnda tillsatsmedlet är intressant då det medför att betongens vct kan sänkas. (Svensk byggtjänst, 2017)

Det vatten som finns kvar efter att betongen härdat är alkaliskt (har högt ph-värde) det är något som måste tas hänsyn till vid val av ytskikt, då den alkaliska fukten kan orsaka kemiska reaktioner. Ibland används olika avjämningsmassor på betongen för att få en jämn yta, dessa kan påverka tiden för uttorkning och PH-värdet. Det finns även tätskikt som går att måla på betongen för att hindra fukt från plattan att stiga upp. (Björk & Eriksson, 2000)

2.1.2 Relativ fuktighet

Den relativa fuktigheten är ett mått på hur mycket fukt som ett material innehåller i förhållande till den mängd fukt som den vid den givna temperaturen kan innehålla. För att beskriva den maximala mängd vattenånga luften kan innehålla används ordet Mättnadsånghalt. Mängden fukt är beroende av temperaturen, desto högre temperatur det är, desto mer fukt kan luften innehålla.

$$RF = \frac{v}{v_s}$$

Där v är ånghalten i kg/m^3 och v_s är mättnadsånghalten i samma enhet. Relativ fuktighet är dimensionslös men uppges ofta i %. (Sandin, 2010)

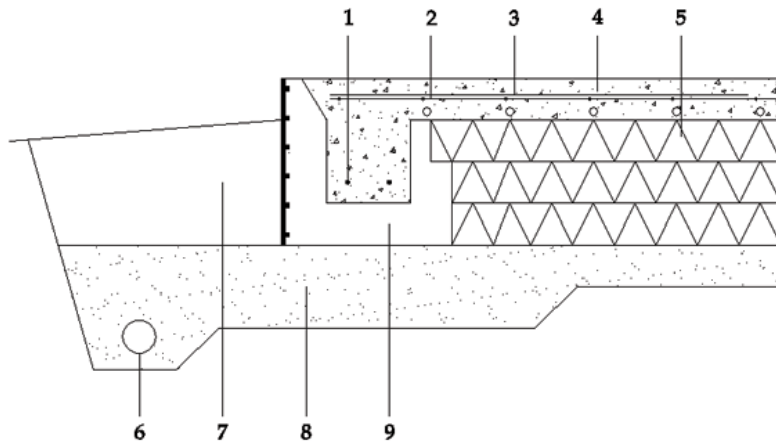
2.2 Betongplatta på mark

Platta på mark är en av Sveriges vanligaste grundkonstruktioner, den har använts till småhus sedan 1950 talet och används även till större byggnader. Trots att konstruktionen är vanlig har det genom åren varit problem med fukt av olika anledningar. Anledningarna till fuktproblemen har ofta varit bristfällig kunskap om fukt och dess rörelse på grund av värmebryggor och tätskikt, samt medvetet och omedvetet slarv. Det har medfört att konstruktionen genom åren har förfinats och idag är den rådande konstruktionsstandarden som kan ses i fig. 2 med underliggande isolering och betong ovanpå. (Sveriges byggindustrier, 2005)

När ett tätt ytskikt läggs på en platta på mark kommer plattan med tiden att få samma ånghalt som marken under, vid konstruktionsberäkning ska det antas att den underliggande marken har en relativ fuktighet på 100%. Då betongen värms ovanifrån och att isoleringen finns under betongen kommer plattan ha en högre temperatur än den omgivande marken, vilket medför att mättnadsånghalten bli högre. Det gör till följd av mättnadsånghalten, att den relativa fuktigheten blir lägre i plattan i jämförelse med den underliggande marken vilket är positivt ur en fuktsynpunkt. För att undvika framtida problem med konstruktionen krävs därför att plattan konstrueras på ett sådant sätt att hänsyn tas till både uttorkning innan ett ytskikt läggs och att plattan i framtiden inte suger upp fukt från marken. (Sandin, 2010)

Uttorkning av betong

På fig 2 nedan kan de olika delarna i en platta på mark ses, delarna är enligt följande: 1-3 armering, 4 Betong, 5 Markisolering, 6 Dräneringsrör, 7 Dränerande material, 8 Undergrund av tvättad makadam, 9 Kantelement med isolering.



Figur 1 Principskiss för platta på mark (Tjälldén, 2017)

2.3 Uttorkning av betong

2.3.1 Allmänt om uttorkning av betong

Idag är byggbranschen hårt pressad av snäva produktionskalyler och korta tidsplaner, produktionen måste gå snabbt och inga fel får begås som orsakar att byggtiden blir längre än planerat. Ett av de moment som tar längst tid i byggprocessen är att vänta på att betongen härdar för att det ska gå att fortsätta med byggnationen.

Betongens uttorkning är beroende av många olika saker, både yttre faktorer samt faktorer som i allra högsta grad går att planera och välja. Några viktiga parametrar följer här:

- Betongens vct
- Cementtyp
- Konstruktion
- Eventuell byggfukt
- Tillsatser
- Klimat

Uttorkning av betong sker i det inledande skedet med hjälp av den kemiska process som sker när betongen härdar. Denna process kallas betonghydratation och bildar vad som kallas cementgel. Vid vct 0,39 är all cement hydratiserad och om vct är högre än det så kommer kapillärporer skapas till följd av att det kvarvarande vattnet inte har någon cement att reagera med. Vid lägre vct finns det kvar cement som inte har hydratiserat efter att processen har avtagit. Kapillärporerna är som små rör som kan leda fukt ur och in i konstruktionen. (Johansson, 2005)

Volymen vatten som kemiskt kan bindas i betong är 0,75 l/kg, det medför att det blir ett tomrum på 0,25 l för varje kg vatten som binds kemiskt. (Svensk Byggtjänst & Cements Ab, 1997) Den del av vattnet som inte binds kemiskt kan torkas ut med hjälp av diffusion. Efter att betongen är gjuten börjar den torka genom hydratisering och ytavdunstning så fort förutsättningarna för avdunstning finns. Vattnet som finns kvar i plattan efter hydratiseringen kommer genom kapillärtransport att omfördelas och på så vis torka ut betongen tills fukten är i jämnvikt. En förutsättning för kapillärtransport är att fukten kan röra sig inuti materialet, det medför att en betong med högt vct har lättare att transportera fukt än ett med lågt vct, då det låga vattencementtalet medför en tätare betong. Beroende på den omgivningens luftfuktighet så kommer avdunstningen ske olika snabbt, det är dock viktigt att avdunstningen inte sker för snabbt, då det kan medföra sprickbildning i betongen. (Svensk Byggtjänst & Cements Ab, 1997) (Arfvidsson, et al., 2017)

Uttorkning av betong

Byggfukt: Byggfukt är för den framtida konstruktionen ofta skadlig. Det medför att byggfukt måste torkas ut ur plattan innan tex. matta eller syllar läggs på betongen. Delar av vattnet kommer att bindas kemiskt och resten av vattnet kommer att bindas i de porer i betongen som betongen kommer att bilda. Desto lägre vct desto större del binds kemiskt och mindre binds fysikaliskt, alltså måste mindre fukt torka ut med ett lägre vct. Med ett lägre vct sjunker den mängd vatten som måste torka ut ganska drastiskt, med vct 0,7 är det runt 40 kg vatten per m³ betong som ska torka medans det med vct 0,4 endast är ca 15 kg. (Hedenblad, 1995)

Torkhastigheten utöver hydratiseringen beror på hur tät betongen är, en betong med lågt vct är tätare och torkar långsammare. Men den har mindre byggfukt och därför en mindre mängd vatten som ska torka ur. En betong med högt vct får där med ett större prorsystem som torkar snabbare men en större mängd vatten som måste torkas ut. Tätheten kommer även att öka med tiden då betongens hydratisering kommer att göra den tätare. (Svensk Byggtjänst & Cements Ab, 1997)

2.3.2 Beräkning av uttorkning

Det finns olika sätt för att beräkna uttorkning av betong, det är många faktorer som spelar in och i dag används datorprogram för att göra beräkningarna på ett effektivt sätt. Teorin bakom beräkningarna är baserat på praktiska mätningar samt den kunskap som finns kring fukttransport och andra fysikaliska egenskaper.

2.3.3 Torka S

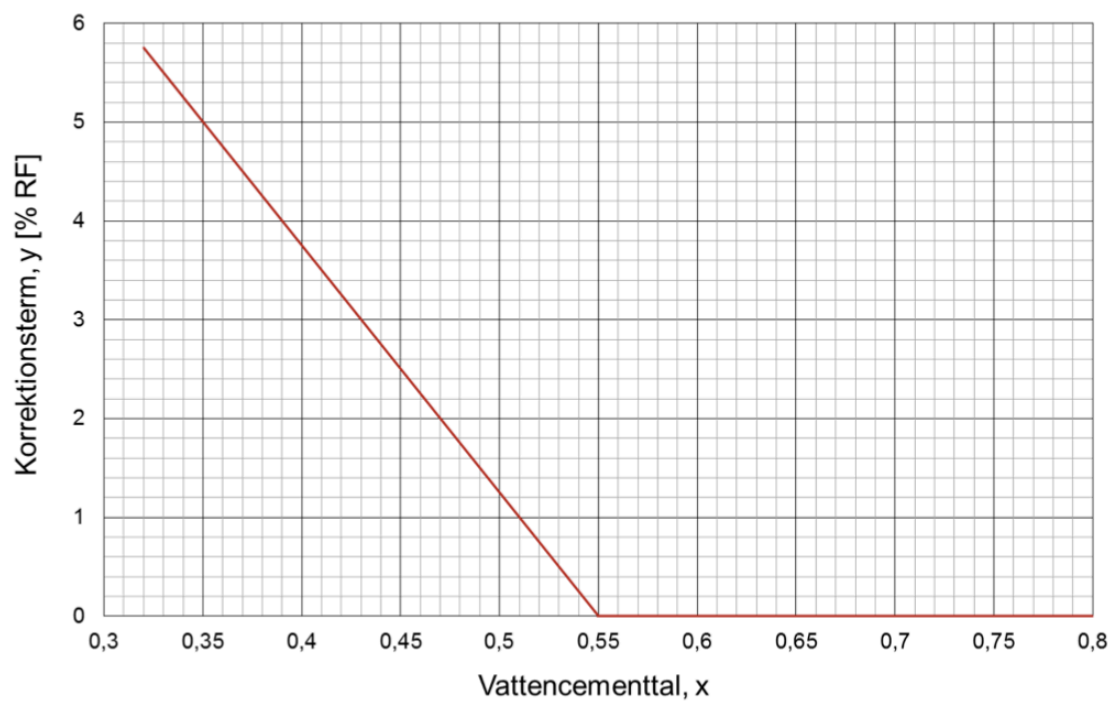
För att kunna beräkna en ungefärlig tid då mattläggning ska kunna ske med hänsyn till den relativa fuktigheten och för att slippa räkna för hand har bland annat ett program som heter TorkaS utvecklats. Programmet baserar sig på ett stort antal borrhålmätningar i betong, i den första versionen gjordes mätningarna i Slite Standardcement, i nuvarande version är mätningarna utförda i Byggcement. I den senaste versionen tas även hänsyn till temperatur och några uttagna prov har gjorts. Programmet är utvecklat på Lunds Tekniska Högskola med bidrag från bland annat Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, Cementa AB, NCC, Thyrens AB och Swerock AB. (Arfvidsson, et al., 2017)

Beräkning av uttorkningen i programmet sker genom att betongplattans tjocklek delas upp i celler och i tidssteg, i varje del beräknas sedan :

- Hydratiseringens utveckling (Som beror av den relativa fuktigheten och temperatur)
- Jämnviktsfuktkurva (beror av vct och hydratiseringsgrad)
- Fukttransportegenskaper
- Kemiskt bundet vatten
- Fuktflöde mellan celler och ur plattan
- Inverkan av alkali på relativ fuktighet

När beräkning ska utföras matas den efterfrågade indatan in i programmet, beräkning utförs och i resultatet redovisas med hjälp av relativ fuktighet på ekvivalent mätdjup som funktion av tiden samt den beräknade utvecklingen av relativa fuktigheten i konstruktionen. Beräkningarna ska ses som vägledning och behöver kompletteras med faktiska mätningar för att säkerställa att den erforderliga uttorkningen har skett. (Arfvidsson, et al., 2017)

Då torkaS är utvecklat med äldre betong samt bitvis med provmetoden uttaget prov måste beräkningen ske med försiktighet i betong med lågt vct. För att vara på den säkra sidan vid beräkning har ett korrektionssystem utvecklats. För att korrigera används fig. 1 enligt instruktion. (Fuktcentrum, LTH, 2015)



Figur 2 Korrigeringsfaktor för torkaS (Fuktcentrum, LTH, 2015)

2.4 Kemiska reaktioner

Fuktproblem i hus kan orsaka problem för både konstruktionen och för de människor som brukar byggnaden. Då betong inte är ett organiskt material försämras inte hållbarheten på konstruktionen av tex mikroorganismer eller annat. Däremot kan problem med emissioner och material som har kontakt med betongen uppstå.

2.4.1 Emissioner till följd av fukt

När hus ger ifrån sig skadliga emissioner kallas det ibland för ”sjuka hus”. Utsläppen kan ge symptom hos människan i form av trötthet, hudrodnad, hudutslag, irritation i näsa, hals och ögon samt ge en känsla av torrhet i hud och slemhinnor. (Björk & Eriksson, 2000)

Emissioner uppstår när ämnen bryts ned eller reagerar med varandra. Betongens alkaliska fukt kan i många fall fungera som en katalysator som påskyndar eller skapar dessa. För att undvika skador ska det tillses att betongen är uttorkad till den av tillverkaren angivna relativa fuktigheten. Materialvalen måste även vara anpassade till varandra så att inga problem uppstår. Några av dessa material som är bra att tänka på kommer att presenteras närmare i nästa stycke. (Björk & Eriksson, 2000)

Polymerer, i dagligt tal ”plast”, är något som flitigt används idag. De finns bland annat i golvmattor, golvlim, primers och tätskikt. Dessa kan reagera med den alkaliska fukten och brytas ned. Golvlim innehåller ofta någon typ av polymerer. Påförandet av ett vattenbaserat golvlim gör även att den relativa fuktigheten i plattan ökar. (Persson, 2003)

PVC är en plastförening som är vanligt förekommande i golvmattor, men för att PVC ska gå att använda som matta behöver den mjukgöras med hjälp av en mjukgörande vätska som blandas in i PVCen. Vissa mjukgörare, tex dioktylfthalat och dioktyladipat, bryts ned av fuktiga och alkaliska miljöer, vilket en dåligt uttorkad betong är. (Persson, 2003)

Andra kemikalier som också förekommer i golv som har haft problem med fukt är 2-etylhexanol och 1-butanol. Dessa ämnen kan ses som en indikator på att fuktnivåerna är eller har varit höga då de kemikalierna inte finns ”naturligt” i en golvkonstruktion. Utan bildas när olika lim och mattsorter bryts ned av alkalisk fukt. (Persson, 2003)

2.4.2 Mätning av kemikalier som uppstår till följd av alkalisk fukt

I laboratorie-miljö går det att mäta olika kemiska substanser som finns i mattan, en metod för att kunna utskilja om det finns några ämnen som kan ge upphov till skadliga emissioner är att göra ett materialprov med en ATD-provtagare. (Kristensson, 2017)

Provtagningsmetoden går ut på att ett materialprov placeras i en kammare för att sedan konditioneras cirka tre timmar i lufttemperatur. Sedan utförs en pumpad provtagning där luft pumpas via kammaren genom ett tenax-ta rör. Provtagningen pågår i 30-60 minuter och

Uttorkning av betong

resulterar i ca 3-6 liter provad luft. Det prov som utförs får sedan jämföras med tidigare utförda prover för att kunna urskilja olika ämnen. Dessa mätmeter används för att kunna undersöka om det finns risk för skadliga emissioner, som kan påverka brukare och konstruktion. (Kristensson, 2017)

Resultatet från laboratorieundersökningar kan ha fyra olika utfall:

1. Det är låga värden av n-butanol, 2-etylhexanol samt höga halter av glykoletrar. Detta innebär att ingen kemisk nedbrytning har skett i de vanligaste mattorna på marknaden.
2. Högt halt av n-butanol lågt halt av 2-etylhexanol samt höga halter av glykoletrar. Det innebär att limmet inte har torkat.
3. Högt halt av n-butanol och 2-etylhexanol samt låga halter av glykoletrar. Med dessa värden föreligger problem med nedbrytning av lim och mjukgörare.
4. Lågt halt av n-butanol högt halt av 2-etylhexanol samt lågt halt av glykoletrar. Kemisk nedbrytning har skett vid tidigare tillfälle, men har avstannat som följd av sänkt relativ fuktighet/ minde alkalisk fukt.

(Kristensson, 2017)

2.4.3 Flyktiga organiska ämnen

Flyktiga organiska ämnen, på engelska Volatile Organic Compounds (VOC) är av WHO definierat som organiska ämnen med en kokpunkt på +50 grader Celsius till +260. Intervallet är bestämt på grund av mättekniska grunder. VOC är allmänna föroreningar i luften vi andas och finns både utomhus och inomhus. Vanligtvis är värdena högre utomhus. De flesta VOC som finns har en lukt som irriterar. Framst är det ögon, näsa och övre luftvägar som irriteras. Även trötthet och koncentrationssvårigheter har rapporterats i samband med höga halter VOC i inomhusluften, men ingen forskning kan bevisa det. (Persson, 2014)

2.4.4 Florosil

Florosil är ett medel som används för att behandla betongkonstruktioner för att förhindra alkalisk fukt kan transporteras upp till ytan eller närliggande ytskikt. Medlet fungerar genom att betongens yta ändras kemisk till att bli hydrofobisk. Alltså att ytan blir vattenavstötande. Två lager av florosil sprayas på en ren betongyta och florosilens silan reagerar med OH-grupper i betongen och binds till betongen. Sen reagerar andra silaner med vatten från konstruktionen och polymeriserar med tidigare silaner och skapar denna yta. Detta ytskikt hindrar alkalier från att stiga upp ur konstruktionen som kan riskera att skada ytskikt och släppa ifrån sig emissioner. (Kristensson & Lindberg, 2005)

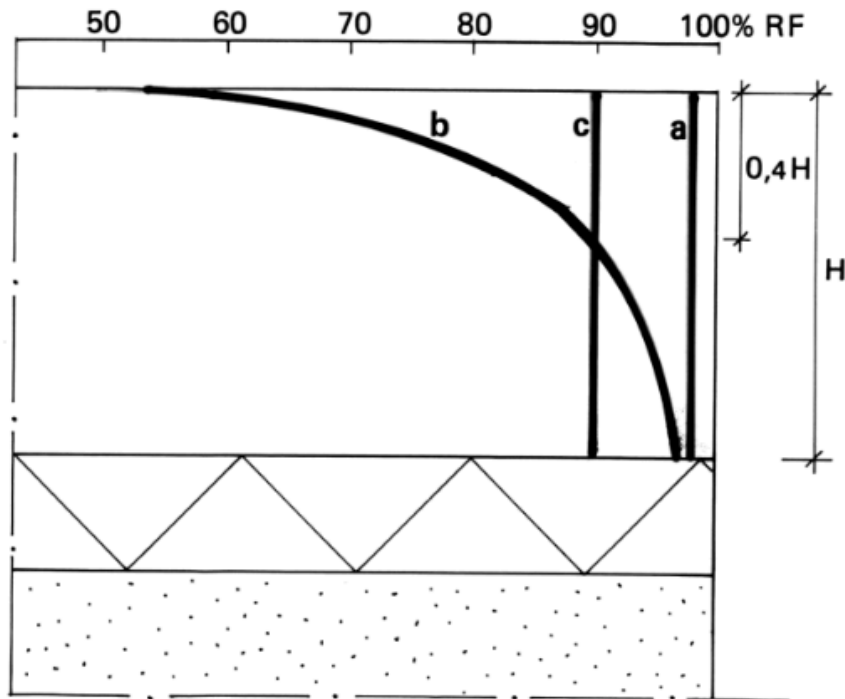
2.5 Fuktmätning

Det finns olika metoder för att mäta fukthalten i betong beroende på vilket typ av instrument som används, idag används RBKs manual för de olika metoderna som standardmetod. De tre olika principerna för mätning av den relativa fuktigheten är: Kvarsittande givare i borrhål, icke kvarsittande givare i borrhål samt uttaget prov.

I det här examensjobbet har mätningarna gjorts med hjälp av instrument som är av typen ej kvarsittande och med uttagna prover. Modellerna Vaisala samt Vaisala HMP40S har använts. Vid bestämning av relativ fuktighet med denna typ av givare och metoder är det väldigt viktigt att testet utförs noggrant och att varje steg i processen följs. Vid montering av en givare för mätning i betong ska först ett hål borraras till det efterfrågade mätdjupet, när hålet är färdigt och noggrant rengjort ska ett fodringsrör föras ned i hålet och noga tätas. När röret är på plats kontrolleras tätheten och sedan försluts röret. Efter ska minst 48 timmar fortlöpa för att fuktbalansen ska återställas i betongen, tiden kan variera beroende på betongens vct. Sen monteras givaren i röret. Avläsning av den relativa fuktigheten får sedan ske tidigast 48 timmar efter montering. (Sveriges byggindustrier, 2005)

Mätningar med uttaget prov kommer att användas för att mäta den relativa fuktigheten i ytan på plattorna. Idag är inte mätning med uttaget prov en provmetod som används vid mätning enligt RBKs rekommendationer. Det görs genom att bila bort betongen på ytan ned till ett djup av 2 centimeter. När en tillräcklig mängd av betongen är lös läggs det i ett provrör som ska förslutas direkt. Kondens efter det att provet är förslutet får inte uppstå, i såna fall får inte provet användas. Sedan ska provet transporteras till ett laboratorium där den relativa fuktigheten mäts. I laboratoriet mäts RF med hjälp av en givare av liknande modell som den som används vid mätning direkt i golvet. Det är viktigt att kontrollerad laboratoriemiljö används och att temperaturen där inne är konstant. (Sveriges byggindustrier, 2005)

Vid en traditionell RBK mätning används ekvivalent mätdjup för att den maximala relativa fuktigheten kommer att uppstå under ett helt tätt ytskikt på plattan kommer att mätas. I beräkningarna utgår det ifrån att ytskiktet läggs kort efter mätningarna. Det maximala värdet kommer först uppträda direkt under mattan när omfördelningen av fukten är genomförd. För betong med lågt vct är tanken att fuktigheten skall sjunka mer efter mätningen. Principen för fuktutjämning och ekvivalent mätdjup kan ses i fig. 3



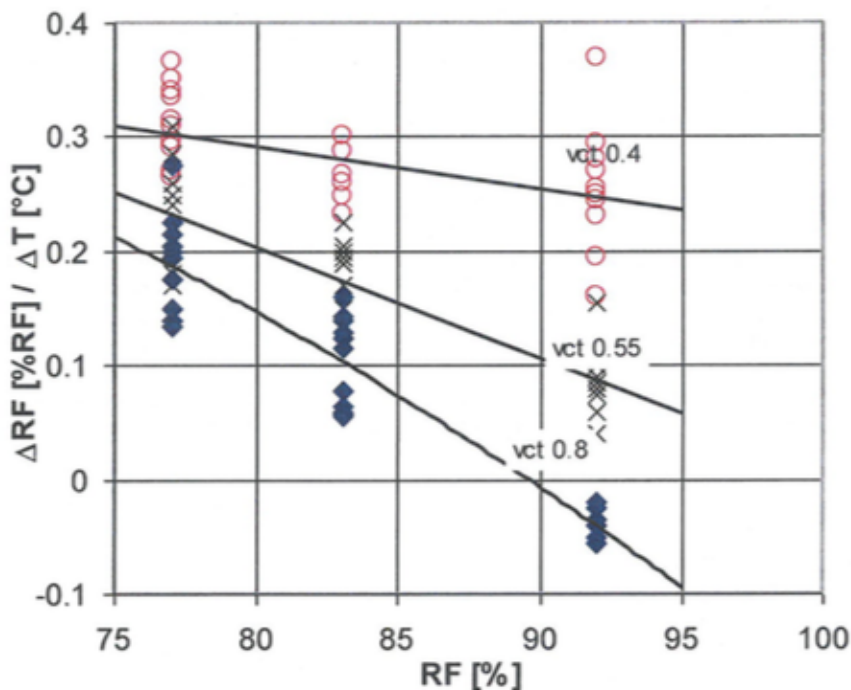
Figur 3 - Fuktfordelning i en betongplatta som torkar enkelsidigt. A är fuktfordelningen innan uttorkning, B är fuktfordelningen efter uttorkning och C är fukten i jämvikt efter ytskiktet är lagt. (Sveriges byggindustrier, 2005)

Principen för hur fuktfordelningen kommer att ske kan ses i Figur 3. Linjen B visar fuktfordelningen i en betongplatta som har torkat uppifrån. Den byggfukt som finns i plattan när tätskiktet läggs stannar i plattan och kommer inte kunna torka ut. Det medför att fukten kommer att fördelas jämt i hela plattan och efter en tid kommer fuktkvoten kunna beskrivas med linje C i figur 3. Dagens rekommendationer som finns i AMA Hus 08 och i RBKs rekommendationer av mätdjupet 40% av plattans djup. Den forskning som ligger till grund för dessa antaganden är från 1979 och är skriven av (Nilsson, 1983). Forskningen gjordes på betongkvalitén K25 och tog inte hänsyn till hysterés. Den accepterade fuktnivån låg dessutom på 90% mot dagens 85%. Idag pågår ny forskning på områden men tills vidare ska ovanstående metoder användas. (Sveriges byggindustrier, 2005)

2.5.1 Korrektion och mätosäkerhet

Vid mätning av relativ fuktighet i betong uppkommer det vissa felkällor som ska korrigeras innan ett resultat kan bestämmas. Vid mätning anses en felmarginal på $\pm 2\%$ föreligga. När mätningarna är gjorda korrigeras resultatet till givarens individuella fukt känslighet. Denna är något som enligt RBKs standard kontrolleras en gång om året i ett fristående laboratorium.

Nästa korrigerings steg är att räkna om den relativa fuktigheten som mätningen har givit till den relativa fuktigheten som betongen kommer att ha vid 20°C . Det görs på grund av att riktlinjerna för tex mattläggning i AMA ges värdet av en relativ fuktighet som mäts vid 20°C , därför är det smidigt att även uppmätta data redovisas i samma temperatur. Jämnviktsfukt kurvan för betong är beroende av temperaturen. Det innebär att med en konstant vattenkvot och varierande temperatur kommer den relativa fuktigheten att ändras något. Storleken på denna ändring beror på betongens vct, temperatur och RF-nivå. Enligt RBKs rutin ska korrektionen beräknas efter kalibrerad RF och inte avläst RF. Storleken bestäms av en korrektionsfaktor, $\Delta\text{RF}/\Delta T$ som multipliceras med skillnaden av temperatur i betongen vid mätning samt brukstemperaturen 20°C . Det är av högsta vikt att använda rätt tecken, därför ska alltid temperaturskillnaden beräknas genom att subtrahera den uppmätta temperaturen från rumstemperaturen samt att vara noga med korrektionsfaktorn. Korrektionsfaktorn kan utläsas i fig. 4 nedan.



Figur 4 - diagram för bestämning av korrektionsfaktor (Sveriges byggindustrier, 2005)

Uttorkning av betong

Korrekturen beräknas : $K = \Delta RF / \Delta T * (20 - t)$ (%RF)

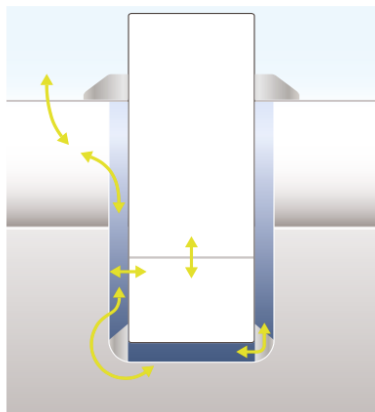
Vid montage av givaren kommer en del av den fukt som finns i betongen att gå åt för att fukta upp givaren. Det medför att mätningen kan visa ett för lågt relativ fuktighet mot verkligheten. Till de givare som kommer att användas är korrigeringen enligt tabell nedan:

Tabell 1 Redovisning av fuktkapacitet hos Vasisala

	RF	Fuktkapacitet	Korrektion K (% RF)
Vasisala	40-97%	4 mg	+0,5

Efteråt korrigeras det för mätosäkerheten, till detta används en fast variabel på 2,4. Den uträknade korrekturen kan ses på Blankett F5 som finns i varje protokoll som är bifogade i bilaga 2-7 .

Utöver den korrigering som RBK tar hänsyn till finns det idag oklarheter kring hur bra dagens mätmetoder är i betong med lågt vct. Som (Brander & Bergström, 2017) skriver i Husbyggaren nr 2 2017 är det svårt att mäta bra värden med dagens metod. Deras teori går ut på att tätningen kring foderröret och betongen inte är tillräckligt och att mätvärdena kan bli låga, mätrabatt för att använda deras egna ord. Då foderröret tätas mot en ånggenomsläpplig betong kan det aldrig bli tätt. Hastigheten på läckaget beror även på hur röret tätas samt andra faktorer. Enligt artikeln blir ”mätrabatten” högre ju tätare betongen är. En illustration på läckaget visas i fig. 5 som är hämtad från nämnda artikel. (Brander & Bergström, 2017)



Figur 5 princip för läckage vid fuktmätning i betong. (Brander & Bergström, 2017)

2.5.2 Mätprotokoll och redovisning.

Vid utförandet av en RBK-mätning ska förutsättningarna för mätningen samt mätresultatet redovisas på standardiserade blanketter för att det tydligt ska framgå hur och vad som har mätts samt resultatet av mätningarna. Protokollen från både de mätningarna som vi genomför inom ramen för detta examensarbete samt de som är utförda tidigare och används som underlag bifogas under bilagor.

2.5.3 RBK mätning anpassad till examensarbetet

I det här examensarbetet har vi valt att mäta den relativa fuktigheten på tre olika djup. I ytan, på 40% av plattan eller votens tjocklek samt på 80%. Det djupen har valts för att få en jämn bild av fuktens fördelning genom plattan. Som tidigare har framgått i fig. 3 är fukthalten ojämn när ytskiktet läggs för att sedan jämnas ut sig med tiden.

3 BESKRIVNING AV EMPIRIN

Här redovisas de resultat som har skapats genom de fuktmätningar som har utförts under examensarbetets gång samt de kemiska analyser som gjorts.

3.1 Data insamlad i byggnaderna

Här nedan kommer en redogörelse för de byggnader som mätningar har utförts på, samt de resultat som har framkommit. Resultaten kommer att redovisas i diagram där de värden som uppmättes i byggskedet redovisas i en stapel per mätplats, och en stapel för den genomsnittliga fuktigheten i varje mätplats idag. Samt var sin stapel för varje mätpunkt. Datan presenteras också i tabellform. Efter de följer en beskrivning av de olika byggnaderna där mätningarna är utförda.

Samtliga mätningar är utförda i lokaler som en kommun i Sydsverige förfogar över och har ett liknande användningsområde. De är uppvärmda året om och används dagligen. I varje hus har fuktigheten mätts på ett flertal platser under byggskedet. Under examensarbetets gång har vi mätt på två olika platser i närheten av de som gjordes tidigare, hålen är tagna med hänsyn till den verksamhet som idag bedrivs i lokalerna och kan i vissa fall därför inte utföras på exakt samma plats. En av platserna är alltid i närheten av en yttervägg och en är längre in i plattan. Var dessa punkter är belägna redovisas för byggnad 1 i bilaga 2 på sida 5, märkning 3x, 5x och A samt B. För byggnad 2 i bilaga 3 på sida 6 med märkning 2, 3, pp1 och pp2. Samt för byggnad 3 i bilaga 4 på sidan 7 med märkningarna 6, 8, pp1 och pp2.

De mätningar som är gjorda under byggskedet presenteras i bilagorna enligt de standarder som används. I de mätningarna som är gjorda under examensarbetets gång presenteras mätningarna lita annorlunda. Här kommer en tabell som visar vilka benämningar i de olika protokollen som hör till vilka.

	Mätningar från byggskedet	Nya mätningar
Byggnad 1 Kantbalk	A	3x
Byggnad 1 Platta	B	5x
Byggnad 2 Kantbalk	A pp1	3
Byggnad 2 Platta	B pp2	2
Byggnad 3 Kantbalk	A pp1	6
Byggnad 3 Platta	B pp2	8

Tabell 2 Mätplatser

Uttorkning av betong

Mätningarna är utförda enligt den metod som beskrivits tidigare i texten och enligt (Sveriges byggindustrier, 2005). Protokollen från mätningarna bifogas som bilagor.

Efter att mätningarna är redovisade följer en kemisk analys på de mattbitar som skars upp vid samtliga mätplatser. Som det står i den teoretiska referensramen kan de kemiska analyserna användas som vägledning för om det föreligger någon risk för skador till följd av alkalisk fukt.

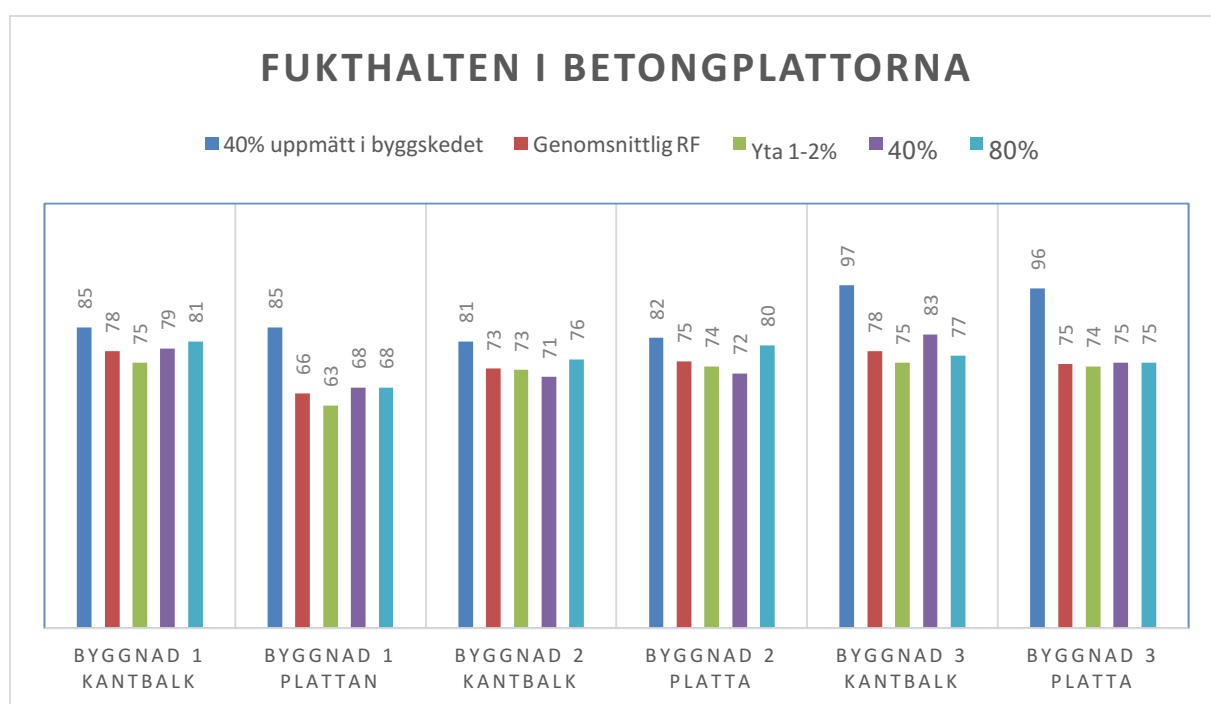


Diagram 1 Sammanställning av RF (40 och 80% av plattans tjocklek)

I diagrammet redovisas först det mätvärde som mättes under byggskedet, sedan det genomsnittliga värdet idag följt av de olika värdena för varje mätplats och djup. Färgerna och ordningen är desamma i samtliga diagram. I tabell 1 nedan redovisas data som är hämtad från bilagorna 2-7. Samtliga siffror är avrundade till närmaste heltal. Det genomsnittliga värdena är en hopräkning av de tre mätningarna som har gjorts. De olika procentsatserna som uppges är i vilket djup av plattornas tjocklek mätningarna är utförda i.

	40% uppmätt i byggsked et	1- 2%	40%	80%	Genomsn ittlig RF	Uttorkni ng sedan byggsked et	Matta och lim	Total Voc
<i>Byggnad 1 Yttervägg</i>	85	75	79	81	78	7	<i>Tarkett IQ Optima/ Uzin 2000S</i>	6600 mg/m ³
<i>Byggnad 1 Plattan</i>	85	63	68	68	67	19	<i>Tarkett IQ Optima/ Uzin 2000S</i>	4600 mg/m ³
<i>Byggnad 2 Yttervägg</i>	81	74	71	76	73	8	<i>Gerflor Univers/ Uzin 2000S</i>	3000 mg/m ³
<i>Byggnad 2 Platta</i>	82	74	72	80	75	7	<i>Gerflor Univers/ Uzin 2000S</i>	2800 mg/m ³
<i>Byggnad 3 Yttervägg</i>	97	75	83	77	78	19	<i>Tarkett IQ Optima/ Uzin 2000S</i>	3200 mg/m ³
<i>Byggnad 3 Platta</i>	96	74	75	75	75	21	<i>Tarkett IQ Optima Acoustic/ Uzin 2000S</i>	4400 mg/m ³

Tabell 3 Sammanställning av de olika plattorna

3.1.1 Byggnad 1

Byggnad ett är en sporthall uppförd under 2013 i Sydsverige. Sporthallen ansluter i norr en befintlig byggnad och den totala ytan av hallen är ungefär 1583 m². Grunden är gjuten av betong i kvalitén c40/40 med vct 0,38 snabbtorkande. Ballasten är 8-16 mm i diameter och betongen är klassad SF1, alltså vibrationsfri /självkompakterande. Tjockleken på betongen är 120 mm. Golvbeläggningen består av mattan Tarkett IQ Optima och limmet Uzin 2000S.

I byggnaden har 5 mätpunkter valts ut där den relativa fuktigheten har mätts under byggtiden. Vid de mätningar vi utför kommer mätplats A motsvara punkt 3 och B motsvara 5. All data är hämtad ur bilaga 2, tabell 1-3.

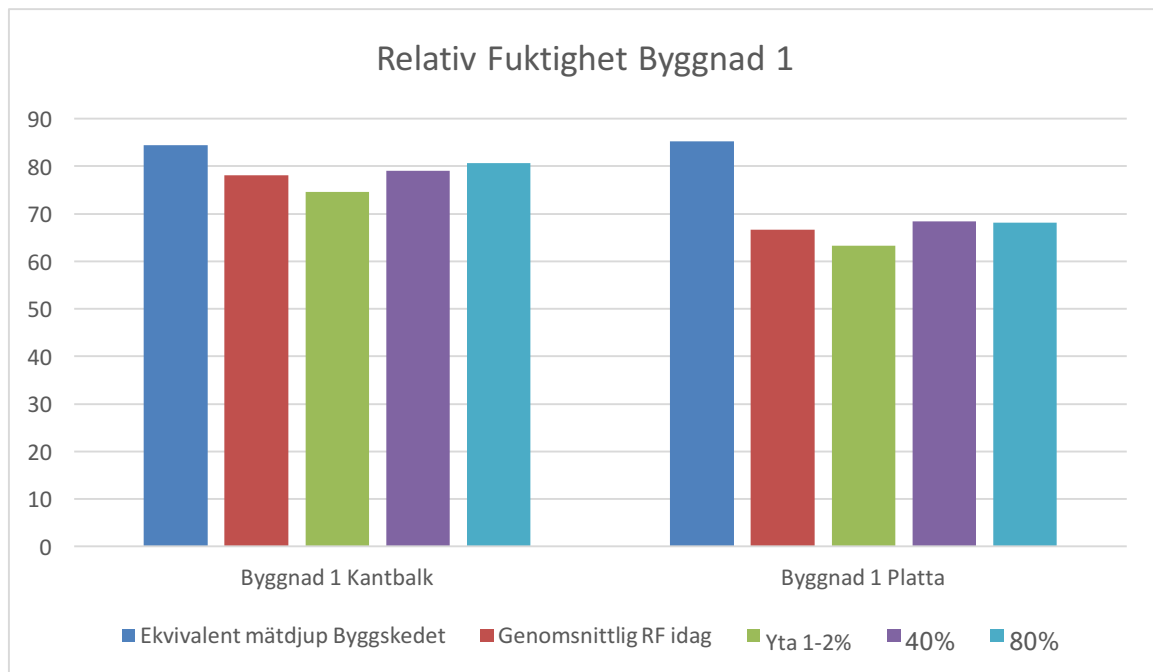


Diagram 2 Resultat i byggnad 1

3.1.2 Byggnad 2

Den här byggnaden är uppförd under 2013-2014 och är byggd för att vara en förskola. Plattan är gjuten under vecka 36 2013. Plattan är konstruerad som en vanlig platta på mark. Under plattan finns 300 mm isolering, under voter och ytterväggar är isoleringstjockleken 200 mm. Plattan är 100 mm tjock och 300 i voterna. Betongen som har använts har vct 0,38 i plattan och 0,36 i voterna. Efter gjutningen var klar byggdes huset tätt och värmen slogs på 27/12 - 13. Golvbeläggningen består av mattan Gerflor Univers och limmet Uzin 2000S.

Mätplats A motsvaras av mätthål 3 och B av 2. All data är hämtad ur bilaga 2, tabell 4-6 .

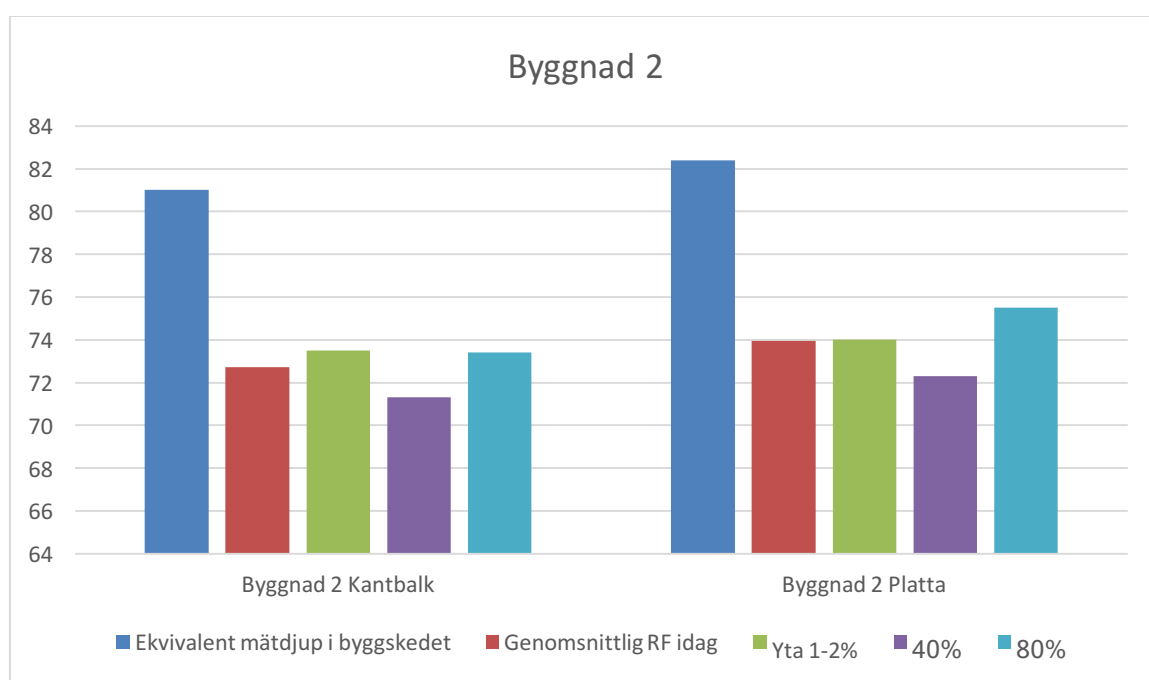


Diagram 3 Resultat i byggnad 2

3.1.3 Byggnad 3

Byggnad 3 är även den en förskolebyggnad som är uppförd under 2015-2016, alltså endast ett år gammal när de nya mätningarna utfördes. Byggnad tre skiljer sig lite från de andra då den ej klarade kravet på en relativ fuktighet < 85% innan mattan lades. För att lösa detta på den tid som fanns till förfogande för byggnationen lades ett spärrskikt med Florosil för att förhindra framtida problem. Florosil är ett medel som appliceras på betong för att förhindra kemiska reaktioner, fukt och emissioner i golvkonstruktioner. (Silanex , 2017) Golvbeläggningen består av mattan Tarkett IQ Optima och limmet Uzin 2000S.

Mätplats A motsvaras av mätthål 6 och B av 8. All data är hämtad ur bilaga 4, tabell 7-9 .

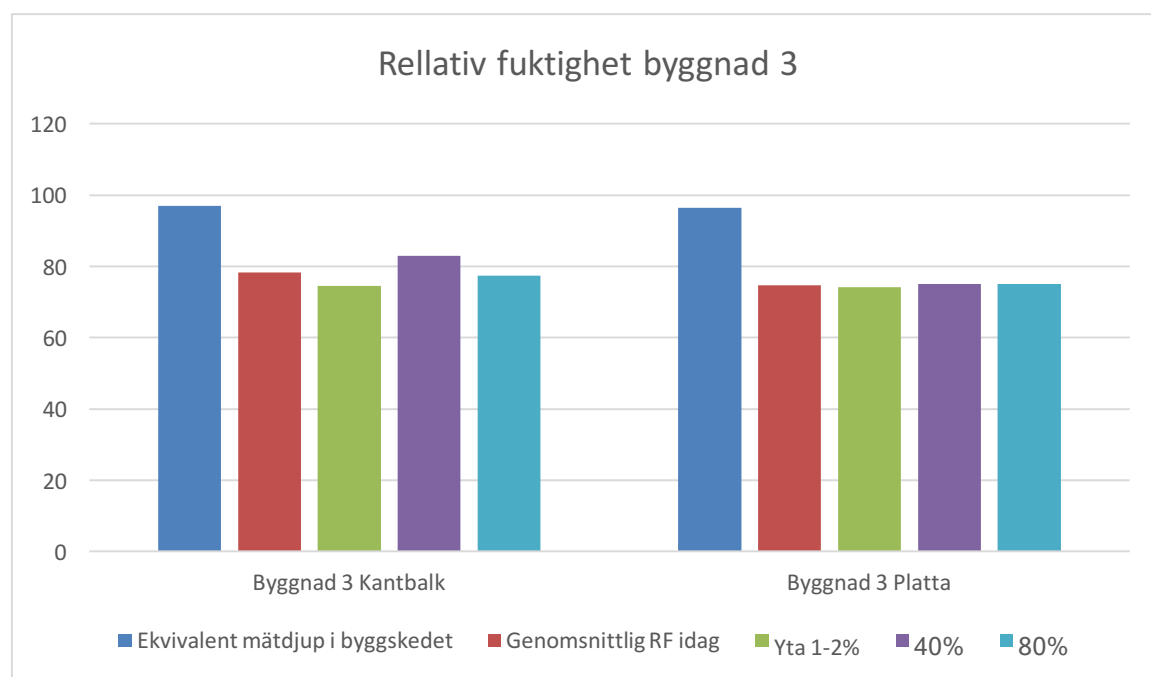


Diagram 4 Resultat i byggnad 3

3.2 Sammanställning av emissioner

Vid provtagningen av den relativa fuktigheten togs även mattprover utav mattan. I samtliga fall luktade det kemiskt när mattan lyftes och lukten satt kvar i proverna när de skickades för analys. Samtliga mattprover förpackades enligt anvisad metod från IVL Svenska Miljöinstitutet AB och skickades till IVL för analys. Resultatet från analysen redovisas nedan. Bilaga 8 redovisar bedömningen som gjordes på plats när mattorna lyftes. All information som är från IVL finns att läsa i bilaga 9. Prover märkta med "Prov 1" är från ytterkanten av plattorna och "Prov 2" är från mitten av plattorna, tagna vid samma platser där även hålen för fuktmätningarna är tagna.

3.2.1 Byggnad 1

När mattorna lyftes luktade det starkt kemiskt i båda fallen se bilaga 8, den redovisar plats och upplevd lukt.

Resultatet från IVL visar på att båda proverna har förhöjda halter av indikatorämnen som är över den gräns som anses vara praktiskt på denna typ av prov. I provet taget i kantbalken visar labbresultatet på halter av 2-etylhexanol som är över gränsen som IVI har, på provet från mitten på plattan är mängden 2-etylhexanol under gränsen. Det finns även några alkoholer och alifatiska kolväten, dessa brukar vanligtvis synas i provet när en kraftigare nedbrytning har skett eller från spackel.

Låga halter av n-butanol som är under de godkända värdena har också hittats. Även två glykoletrar har hittats, dessa härleds ofta till lösningsmedel i vattenutspädda produkter.

3.2.2 Byggnad 2

Även i denna byggnaden luktade det kemiskt när mattorna lyftes, men inte lika starkt som i den tidigare byggnaden.

Resultatet från labbet visar på halter av 2-etylhexanol som är precis under och på gränsen av det som IVI anser vara godtagbart. I provet från kanten på plattan visar på högre värden än provet från mitten på plattan. Mängden 2-etylhexanol i prov 1 är över gränsen och i prov 2 under gränsen. Samma eller liknande alkoholer och alifatiska kolväten som hittades i förra byggnaden hittas även här. Proverna innehåller också n-butanol, men då i låga halter. Vidare hittas det även en glykoleter som också det är vanligt i vattenspädbara produkter. Det finns även spår av cykliska alifatiska kolväten som kan komma från lösningsmedel.

3.2.3 Byggnad 3

Även i denna byggnad luktade det kemiskt när mattorna lyftes. Här är betongen behandlad med Florosil samt ca 5 mm spackel ovanpå det.

Resultatet från labbet visar på förhöjda totalhalter som är över den gräns som anses vara praktisk i sammanhanget. Båda proverna har förhöjda värden av 2-etylhexanol samt i prov två även värden av n-butanol som är över gränsen. Prov ett innehåller n-butanol men då under gränsen. Båda proverna innehåller två glykoletrar och en glykoleteracetat, dessa är vanligt förekommande i lösningsmedel i vattenspådbara lim och liknande. I prov ett finns det även alkoholer och alifatiska kolväten. I prov två finns det butyleter.

4 ANALYS OCH DISKUSSION

Här följer de en analys och diskussion som går att göra utifrån empirin och den teoretiska referensram som finns att läsa tidigare i arbetet.

Som det framgår av mätningarna utförda i detta examensarbetet kan det ses att betongen har torkat ut till den efterfrågade nivån i två av byggnaderana, efter det att mattorna lades har alla plattor torkat ut till nivåer under 85%. Efter att mattorna lades så har samtliga plattor torkat ut i varierande grad enligt tidigare redovisat resultat. Detta skulle gå att härleda till den hydraten som sker när betongen härdar och binder vatten. Även omfördelning av fukten via kapillärtransport påverkar uttorkningen efter att mattan är lagd. Enligt forskningen ska den betong med vct 0,38 som har använts ej torka ut med kapillärtransport utan av hydratisering (Johansson, 2005). Vad det innebär för uttorkningen och jämnviktskurvan att betongen fortfarande kemiskt hydratiserar när fukttransporten ska påbörjas är inget som mätningarna från det här examensarbetet ger underlag för några antagningar till, men det kan vara värt att fundera över. Har jämnviktskurvan spelat ut sin roll och är det så att all uttorkning sker via hydratisering, eller är den inte påverkad alls?

Äldre forskning på området menar på att betong med ett högre vct skall upphöra att torka ut efter det att mattan läggs på för att sedan stabilisera sig kring den fuktighet som finns i ekvivalent mätdjup, en viss uttorkning till följd av hydratisering skall dock ske. Detta bör bero på den byggfukt som finns kvar i plattan vid mattläggning. Eftersom de plattor som undersöks i detta examensarbetet har ett vct på 0,38 kan vi se att fukthalten efter några år i en färdig platta har utvecklats positivt i låg vct-betong.

Den forskning som ligger till grund för det ekvivalenta mätdjupet är idag gammal och vi kan se att den relativa fuktigheten som mättes under byggprocessen inte är samma som mäts idag. Det rimligaste antagandet till varför det är på det sättet är att betongen fortsätter torka på grund av hydratisering. En annan förklaring skulle kunna vara att kurvan som visar på uttorkningen i betongen som kan ses i fig 3 inte ser lika ut för den betong som har använts och att det därför mäts på fel djup. Att allt eventuellt inte är uppdaterat till dagens betong och att vissa problem kan föreligga är även något som diskuteras i branschen idag, tex (Brander & Bergström, 2017)

Resultaten från de bitar som togs från mattan i samband med mätningarna och skickades på analys visar i samtliga fall på att något har skett sedan mattläggning. I olika grad visar de förhöjda värden av 2-etylhexanol och n-butanol att någon form av nedbrytning har skett. Resultatet liknar det som beskrivs som Fall 4 iden teoretiska referensramen.

För byggnad 1 och 2 innebär att en kemisk nedbrytning av mattan har skett trots att den relativa fuktigheten som mättes innan mattläggning var godkänd. Anledningen till detta går

Uttorkning av betong

med hjälp av detta arbete bara att spekulera i, men några olika teorier går att dra från den information som finns beskriven. Ett alternativ skulle kunna vara att mätningarna inte lämnar ett fullgott resultat och att den egentliga relativa fuktigheten är högre i plattorna än vad som går att mäta. Ett annat alternativ är att det vattenbaserade limmet som användes vid limning inte torkar ut snabbt nog för att skador inte skall uppstå. Anledningen till att det inte torkar ut skulle kunna vara att betong med lågt vct blir så tät att kapillärtransporten hindras. Vilket leder till att fukten får betongens PH-värde och därmed blir alkaliskt. Den sista teorin är att kraven är för lågt ställda och att det faktiskt är på det viset att betongen måste torka betydligt mer än de 85% som idag är kravet.

I byggnad 3 är det lite annorlunda då Florosil applicerades för att hindra den fukt som fanns i plattan från att skada ytskiktet. Vi kan se att betongen har torkat ut till liknande nivåerna som de övriga plattorna idag. Det finns dock samma eller liknande indikatorer på att det har skett en kemisk reaktion i även detta ytskikt. Om Florosilen fungerar som det är tänkt lämnar det en av de tre tidigare beskrivna anledningarna som möjliga. Anledningen till att alternativ ett och tre blir inaktuella är att de är direkt kopplade till betongen som själva betongplattan är byggd av, och därför inte påverkar ytskiktet pga Florosilen. I denna byggnad är lagt ett lager Florosil och sedan en avjämningsmassa. Det innebär då att fukten från limmet tillsammans med alkaliskfukt från den cementbaserade avjämningsmassan och mattan skapar problemet. I denna byggnad är det dock flera andra parametrar som gör att denna slutsatsen inte går att säkerställa. Till exempel är resultatet då beroende av vilken avjämningsmassa som har använts och vad för vct den har.

Vi kan även se att alla mattor luktade kemiskt när vi lyfte på dem, men att de samtidigt inte genererade värden som ligger över Ivls gräns för vad som anses praktiskt. Vad detta beror på är inte undersökt men viktigt att fundera på. Kan det vara så att vi mäter fel kemikalier idag och missar de som orsakar lukten i undersökningarna. Vi vet inte om de olika kemikalierna som mäts är de bästa, utan dom som mäts är indikatorämnen som det tidigare har varit problem med och som vi då lärde oss mäta.

5 SLUTSATSER

Här redovisas de antaganden som har gjorts på det material som har sammanställts. Detta sker i form av svar på mina frågeställningar. En utvärdering av min arbetsinsats finns också att läsa samt förslag på fortsatta studier.

Har det skett någon uttorkning av plattan sedan byggskedet och hur stor har den i sådana fall varit?

Resultaten från mätningarna är tydliga och visar på att en uttorkning har skett i samtliga plattor som har kontrollerats. Fuktnivåerna i plattorna ligger idag under de riktvärden som finns för betong med täta ytskikt. Det har skett en uttorkning i samtliga betongplattor och det går tydligt att se att de plattor som varit fuktigast vid matläggning också är dom som har torkat mest samt att alla betongplattor har stabiliserat sig kring samma relativa fuktighet idag. Denna uttorkning tros till största del ha skett genom hydratisering av betongen. Det är även tanken med betong som har ett lågt vct och det är därför den är utvecklad.

Har kemiska skador på golvbeläggningar uppstått?

Vi kan se att kemiska reaktioner har skett i ytskikten på de undersökta golvet. Detta trots att betongen har fått torka ut till efterfrågad relativa fuktigheten eller efter det att Florosil har använts. Dessa kemiska reaktioner som redovisas brukar anses vara indikatorer på att en kemisk nedbrytning har skett av mjukgörare i mattan. Svaret på frågan får anses vara ja, då den kemiska reaktionen till synes har skett. Vidare ska det komma ihåg att orsakerna till varför det har skett ej är fastslagna. De kemikalier som går att hitta tyder på att skadan redan har skett enligt de fall som tidigare har redovisats. De kemikalier som har mätts är de som tidigare har varit problematiska och som vi idag kan mäta, men det skall komma ihåg att det mycket väl kan finnas andra kemikalier som inte mäts.

Bör rekommendationerna för relativ fuktighet i betong sänkas för att undvika skador och framtida problem?

Resultatet av den här undersökningen är att någon form av kemisk nedbrytning till följd av alkaliskt vatten har skett. Detta trots att de standarder och krav som ställs i byggprocessen har varit uppföljda. Under arbetets gång fanns det inte tid till att gå vidare och undersöka vad det kan bero på att skadorna finns utan presenterat tre möjliga alternativ som kan vara möjliga. Det måste ske vidare studier på vad som ligger bakom att skadorna ser ut som det gör och vad som är orsaken till deras uppkomst. Att höja kravet på uttorkning av betongen skulle nog inte lösa problemen då fukt ändå tillförs vid limning, därför bör konstruktionstypen med betongplatta på mark och limmade ytskikt undvikas till dess att orsakerna till resultatet är utredda ordentligt.

5.1 Metodkritik

Metoden har fungerat bra med att först göra litteraturstudie och sedan mätningar. Då lång tid förflutit sedan betongen i de olika objekten göts har i samförstånd med personerna på Conservator det bedömts att beräkningar i torkaS inte skulle vara särskilt intressanta då TorkaS ej kan göra beräkningar längre fram i tiden än ett år och då ej blir särskilt exakta, samt att TorkaS har begränsningar i vilken typ av betong den beräknar och vilka mätmetoder som är applicerbara. Vidare är det viktigt att tänka på att urvalet är förhållandevis litet. Detta beror på att vi har fått anpassa oss till den begränsade tiden arbetet utförs på och att alla mätningar har utförts på byggnader som kommunen använder. Detta medförde att under den tidsperiod som fanns till förfogande var det dessa tre ställen som var möjliga att använda.

För att kunna säkerställa resultaten och dra generella slutsatser krävs det att ett större antal mätningar utförs, gärna flera gånger på samma byggnad. Detta skulle generera att det syns hur lång tid det tar för uttorkningen att bli stabil runt samma värde och sedan stanna där. På förhand förväntades det att plattorna skulle ha hunnit torka betydligt mindre än vad de faktiskt har hunnit göra, att de har hunnit torka så mycket som de faktiskt har gjort får ses som positivt då det minskar risken för skador.

Validiteten och reliabiliteten i arbetet är god, då de mätningar som är utförda är gjorda på det sätt som anses vara de mest exakta och även praktiskt genomförbara. Fuktmätningarna är gjorda enligt branschstandard och de mattprover som skickades på kemisk analys har analyserats av IVL-Svenska Miljöinstitutet. Resultatet av den analysen granskades sedan av Jan Kristensson innan fick ta del av resultatet. Det är i rapporten beskrivet vika mätningar som är utförda, vid vilken tidpunkt de är utförda och vilka förutsättningar som låg till grund för mätningarna.

5.2 Förslag till fortsatt utveckling

Eftersom tiden var begränsad och mätningar endast gjordes vid ett tillfälle skulle det vara intressant med en uppföljning på mätningarna i samma byggnader. Dessa mätningar skulle ge svar på om betongen idag har torkat till en relativ fuktighetsnivå där den är i jämvikt och inte kan hydratisera mer, eller om det kommer att torka till ännu lägre nivåer. Att utföra mätningarna vid olika tidpunkter på året skulle eventuellt vara intressant för att undersöka om det skiljer sig mellan årstiderna.

Ett annat spår för fortsatta studier skulle kunna vara att bredda undersökningen till att utföra betydligt fler mätningar i olika plattor. Det skulle göra att det går att dra mer generaliserande slutsatser om hur betong med lågt vct uppför sig rent praktiskt åren efter att byggnaden är färdigställd. En sån undersökning skulle fylla ett hål i kunskapen kring betong och dess uttorkning som eventuellt är jätteviktig för hur vi ser på uttorkningen.

Orsakerna till att det luktar kemiskt under samtliga mattor när vi lyfter på dem är något annat som skulle behöva undersökas noggrannare. Här skulle vidare studier på det valda limmet och mattan i kombination med olika underlag utgöra grund för laboratorieförsök. Även tester med alternativa lim som inte innehåller samma mängd vatten, eller vatten över huvud taget skulle kunna vara intressanta för att se om det är den fukten i kombination med låg kapillärtransport i betongen som är anledningen. Undersökningar med olika tillsatsmedel i betongen och deras påverkan på de kemiska reaktionerna skulle även det kunna vara en variabel som bör undersökas.

Det skulle även behövas kollas noggrannare på vilka ämnen som mäts och om de är de ämnena som är de som behövs mätas eller om det idag missas många andra ämnen.

För andra institutioner på universitetet skulle det kunna vara intressant att se hur dessa resultat påverkar människorna som vistas i lokalerna och hur vida det kan vara skadligt eller ej att vistas i dem.

6 LITTERATURFÖRTECKNING

Andersson, G., 2017. Uttorkningsproblem med betong: Nytt analysprogram kortar byggprocessen. *Byggvärden*, Maj, 7(7), p. 7.

Arfvidsson, J., Hedenblad, G. & Nilsson, L.-O., 2017. *Datorprogrammet TorkaS 3, som prognosverktyg vid val av ekonomisk betongkvalitet från uttorkningssynpunkt*. [Online] Available at: http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/PDF-filer/Datorprogrammet_TorkaS_3_slutversion_rev_1.pdf [Använd 03 04 2017].

Björk, F. & Eriksson, C.-A., 2000. *Sjuk av att vara inne?*. 1:a upplagan red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Brander, P. & Bergström, K., 2017. Konsten att förstå sig på läckande mätthål i betong. *Husbyggaren*, Issue 2 , pp. 30-32.

Byggentreprenörerna, 1995. *Betong, Introduktion*. 1:a upplagan red. Stockholm: Liber Utbildning.

Conservator AB, 2017. *Om oss: Conservator*. [Online] Available at: <http://www.conservator.se/om-oss/> [Använd 26 04 2017].

Fuktcentrum, LTH, 2015. *TorkaS 3.2 Korrigering av beräkningsresultat. 2015-05-28/TR/PJ*. [Online] Available at: http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/PDF-filer/2015/Korrektion_RF_TorkaS_32_20150528.pdf [Använd 03 05 2017].

Granten, J., 2006. Fuktsäker golvavjämning, del 2.. *Bygg & teknik*, 8(98:e årgången), pp. 36-37.

Hassan, O. & Anderstedt, R., 2017. Estimation of drying time of fresh concrete slabs: a comparative study.. *Journal of Engineering, Design and Technology*, Volym 15.

Hedenblad, G., 1995. *Uttorkning av byggfukt i betong*. 1:a upplagan red. Stockholm: Byggeforskningsrådet.

Johansson, N., 2005. *Uttorkning av betong*, Lund: LTH.

Uttorkning av betong

Kristensson, J., 2017. *Pumpad provtagning med ATD provtagare ("Tenax-rör")*. [Online] Available at: http://www.chemik.se/pumpad_provtagning.php [Använd 04 05 2017].

Kristensson, J., 2017. *Tolkning materialprov*. [Online] Available at: http://www.chemik.se/tolkning_Materialprov.php [Använd 10 05 2017].

Kristensson, J. & Lindberg, L., 2005. Långtidstest av åtgärder mot alkalisk fukt i golvkonstruktioner. *Bygg och teknik*, 5(5), pp. 46-47.

Mattsson, J., 2013. *Fuktproblematik i platta på mark : En analys av uppkomsten till fuktproblem*, Gävle: Högskolan i Gävle.

Nevander, L. E. & Elmarsson, B., 1994. *FUKT-handbok*. 3:e upplagan red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Nilsson, L.-O., 1983. *Fuktmätning Del 2 av Byggfukt i betongplatta på mark Torknings och mätmetoder*, Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Persson, A., 2014. *Flyktiga organiska ämnen (VOC)*. [Online] Available at: <http://ki.se/imm/flyktiga-organiska-amnen-voc> [Använd 25 05 2017].

Persson, B., 2003. *GOLVSYSTEM PÅ BETONG FUKTPÅVERKAN, KEMISK EMISSION OCH VIDHÄFTNING*, Lund: LUNDS UNIVERSITET.

Sandin, K., 2010. *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur AB.

Silanex , 2017. *www.silanex.se*. [Online] Available at: <http://www.silanex.se/produkter/florosil/florosil> [Använd 11 April 2017].

Svensk Byggtjänst & Cements AB, 1997. *Betonghandbok - Material*. 2:a upplagan red. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Svensk Byggtjänst , 2000. *Betonghandbok - Högpresterande betong - Material och utförande*. 1:a upplagan red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Svensk Byggtjänst AB, 2011. *AMA Hus 11*. 1:a upplagan red. Västerås: Svensk Byggtjänst AB.

Svensk byggtjänst, 2017. *Betonghandbok Material*. Tredje, reviderade upplagan red. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Sveriges byggindustrier, 2005. *Manual - Fuktmätning i betong*. Version 5 red. Stockholm: Sveriges Byggindustrier.

Tjälldén, L., 2017. *Platta på mark – Villa.* [Online]
Available at: <http://www.tjallden.se/wp-content/uploads/2014/03/Sektion-U400410-600px.png>
[Använd 22 05 2017].

7 BILAGOR

Bilaga 1: Sammanställning av mätdata

Bilaga 2: Mätresultat från byggprocessen byggnad 1

Bilaga 3: Mätresultat från byggprocessen byggnad 2

Bilaga 4: Mätresultat från byggprocessen byggnad 3

Bilaga 5: Mätresultat från examensarbetet byggnad 1

Bilaga 6: Mätresultat från examensarbetet byggnad 2

Bilaga 7: Mätresultat från examensarbetet byggnad 3

Bilaga 8: Kommentarer luktprover

Bilaga 9: Labbresultat IVL Svenska Miljöinstitutet

Bilaga 1

Här följer en sammanställning av mätresultaten. Samtliga data är hämtade från bilagorna 2-7.

Tabell 4 Mätresultat byggnad 1 i byggskedet

Mäthål	Datum för mätning	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)	Målvärde RF (%)
1	2013-05-24	18,0	83,1	85,0
2	2013-05-24	15,9	82,5	85,0
3	2013-05-24	17,1	84,5	85,0
4	2013-05-24	20,6	84,4	85,0
5	2013-05-02	16,3	85,2	85,0

Tabell 5 Mätresultat från byggnad 1

Mätplats A	Datum	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)
PP1a	2017-05-02	22,9	74,6
PP1b	2017-05-02	17,5	79,1
PP1c	2017-05-02	16,6	80,6

Tabell 6 Mätresultat från byggnad 1

Mätplats B	Datum	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)
PP2a	2017-05-02	22,9	63,3
PP2b	2017-05-02	23	68,4
PP2c	2017-05-02	24,1	68,2

Bilaga 1*Tabell 7 Mätresultat byggnad 2 från byggskedet*

Mäthål	Datum för mätning	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)	Målvärde RF (%)
1	2014-02-03	18,0	83,8	85,0
2	2014-02-03	21,0	82,4	85,0
3	2014-02-03	18,7	81,0	85,0
4	2014-02-03	17,4	82,6	85,0
5	2014-02-03	20,3	83,2	85,0
6	2014-02-03	15,7	84,7	85,0

*Figur 6**Tabell 8 Mätresultat från byggnad 2*

Mätplats A	Datum	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)
PP1a	2017-05-02	22,9	73,5
PP1b	2017-05-02	18,6	71,3
PP1c	2017-05-02	18,8	75,5

Tabell 9 Mätresultat från byggnad 2

Mätplats B	Datum	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)
PP2a	2017-05-02	23	74,0
PP2b	2017-05-02	19,1	72,3
PP2c	2017-05-02	19,1	79,6

Bilaga 1

Tabell 10 Mätresultat från byggnad 3 från byggskedet

Mäthål	Datum för mätning	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)	Målvärde RF (%)
1	2016-02-15	14,1	97	85,0
2	2016-02-15	14,9	95	85,0
3	2016-02-15	10,9	97,0	85,0
4	2016-02-15	8,6	87,3	85,0
5	2016-02-15	8,1	97	85,0
6	2016-02-15	9,7	97	85,0
7	2016-02-15	10,5	89,6	85,0
8	2016-02-15	12,9	96,4	85,0

Tabell 11 Mätresultat från byggnad 3

Mätplats A	Datum	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)
PP1a	2017-05-04	22,8	74,48
PP1b	2017-05-04	18,1	83,0
PP1c	2017-05-04	18,9	77,4

Tabell 12 Mätresultat från byggnad 3

Mätplats B	Datum	Temperatur i betongen (°C)	RF betong (%)
PP2a	2017-05-04	22,9	74,19
PP2b	2017-05-04	21,2	75,02
PP2c	2017-05-04	20,8	74,99