

Effektiv färgning av ytor i en industrialiserad husproduktion

Göteborg
Maj 2008

Jonas Magnusson, NCC Construction Sverige AB
Stefan Hjort, IVF Industriforskning och utveckling AB

SAMMANFATTNING

Projektet har finansierats av NCC Construction Sverige AB samt Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF. Projektet har genomförts av en projektgrupp bestående av Jonas Magnusson, NCC Teknik, samt Stefan Hjort, IVF Industrieforskning och Utveckling AB.

Projektets mål har varit att med avseende på färgning av ytor:

- Beskriva och specificera krav och önskemål från kunder och tillverkare
- Söka innovativa industriella och kostnadseffektiva lösningar
- Sprida kunskap om resultaten

En värdeflödesanalys har utförts där bland annat torktid identifierats som en icke värdeskapande aktivitet. Med anledning av detta har praktiska försök med tillgängliga tekniker utförts för att identifiera ev. förbättringar m.a.p. torktider. Praktiska försök med gjutning mot papper har också utförts. De praktiska försöken har utförts under 2007 av IVF. I projektet har samarbete skett med följande färgtillverkare; Caparol, Akzo, Beckers, Tikurilla, med följande tillverkare av härdningsutrustning; Triab, samt med följande tillverkare av papper; Korsnäs.

Försöken visar på en rad olika metoder för att snabba upp härdningen av målade ytor i byggnadssammanhang. Praktiska försök med en akrylatfärg och en silikatfärg (vanliga konsumentfärger) har visat på att en härdningstid på 8-10 minuter genom värmehärdning med IR är realistisk, vilket skall ställas i relation till den vanliga processens mycket längre tid.

För att tekniken skall kunna implementeras i normal produktion bör fullskaleförsök utföras i t.ex. pilotprojekt.

FÖRORD

Projektet har initierats av Christina Claesson-Jonsson, NCC Construction Sverige AB och finansierats av NCC Construction Sverige AB samt Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF. Projektet har genomförts av en projektgrupp bestående av Jonas Magnusson, NCC Teknik, samt Stefan Hjort, IVF Industriforskning och Utveckling AB. De praktiska försöken har utförts under 2007 av IVF.

I projektet har samarbete skett med följande färgtillverkare; Caparol, Akzo, Beckers, Tikurilla, med följande tillverkare av härdningsutrustning; Triab, samt med följande tillverkare av papper; Korsnäs.

Göteborg 2008-05-27
Jonas Magnusson

INNEHÅLL

FÖRORD

INNEHÅLL

1. Inledning	1
2. Värdeflödesanalys	1
3. Krav och önskemål	2
4. Beskrivning av olika tekniker	3
5. Praktiska försök	5
6. Slutsatser	8

1. Inledning

Jämfört med övrig industri görs mycket av arbetet inom byggindustrin fortfarande manuellt. En bidragande orsak till detta är att varje byggprojekt är unikt, vilket gör det svårare att finna automatiseringslösningar, jämfört med t ex bilindustrin. Inom byggindustrin pågår dock ett intensivt arbete med att industrialisera de olika processerna. Syftet är att göra byggprocessen mer effektiv och åstadkomma ett snabbare flöde utan störande buffertar. Rätt utförd kan en industrialisering dessutom innebära förbättring av arbetsmiljön och kvaliteten.

Det blir allt vanligare att ytskikten på utsidan huset kommer färdigmålade till byggarbetsplatsen. När det gäller de invändiga ytskikten är dock det vanligaste att man färdigställer dem på byggarbetsplatsen. Detta projekt inriktats mot hur ytskikten kan ges ett estetiskt tilltalande utseende. Det normala är att spackla och måla ytskikten. Vid målning av betongelement kräver denna ytbehandlingsmetodik, med spackling och målning efter avformning, mycket manuellt arbete och långa torktider. I detta projekt har därför alternativa metoder undersökts.

Som mål hade projektet:

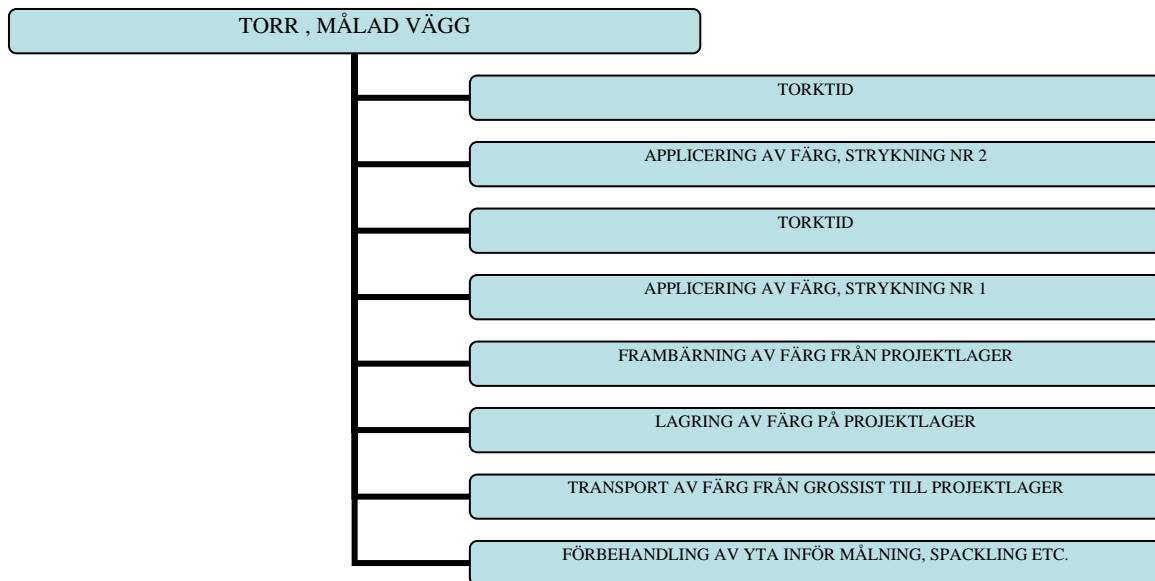
- Beskriva och specificera krav och önskemål från kunder och tillverkare
- Söka innovativa industriella och kostnadseffektiva lösningar
- Sprida kunskap om resultaten

2. Värdeflödesanalys

För att uppnå en effektiv färgning av ytor i en industrialiserad husproduktion är det viktigt att ha en fungerande målningsprocess. Konceptet *Lean Production* bygger på kontinuerlig utveckling av den produktion som sker genom ständiga förbättringar av den tillämpade processen. Främst avser förbättringarna att minimera mängden slöseri. Alla steg i produktionen som inte skapar något värde åt slutprodukten för kunden räknas som slöseri¹. Exempel på detta är: arbete som går åt till att rätta till fel; arbete som går åt för transporter av material, onödig väntetid; och den tid som går åt att hämta rätt verktyg. Det som önskas att uppnå är ett produktionssystem som fungerar som ett kontinuerligt flöde utan slöseri.

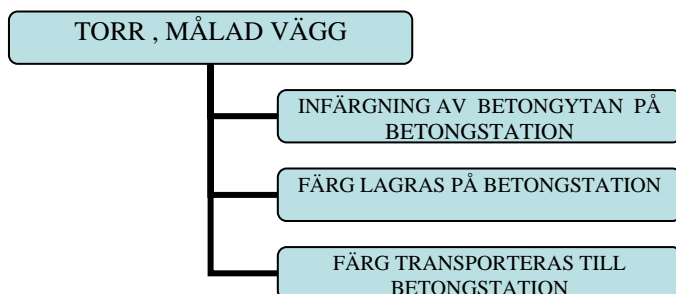
En metodik som kan användas i arbetet med att förbättra processen är värdeflödesanalys. Med hjälp av denna metodik kan man kartlägga värdeflödet och därmed underlätta förbättringar av värdeflödet. Metodiken hjälper till att skapa förståelse för det nuvarande tillståndet, men även konsekvenserna av en förändrad process kan studeras. I figur 1 visar en principiell bild av det traditionella arbetet för färgning av t.ex. betongväggar. Av figuren framgår att i princip alla aktiviteter utom själva appliceringen av färgen skulle kunna klassificeras som slöseri, dvs ej värdeskapande aktiviteter.

¹ Jfr rapporten *Slöseri i byggprojekt – behov av förändrat synsätt*, FoU-Väst rapport nr 0507



Figur 1 Principiell bild av det traditionella arbetet för färgning av t.ex. betongväggar

Baserat på kunskapen från värdeflödesanalysen av det nuvarande tillståndet kan en förbättrad framtida process skisseras. Ett exempel på en sådan förbättrad process, baserad på infärgning av betongmassan på betongstationen, redovisas i figur 2. En analys av den förbättrade processen kan sedan visa vilka för- och nackdelar den innebär, samt om den behöver förbättras ytterligare.



Figur 2 Principiell bild av ett önskat system för färgning av yta, ex infärgning av betong.

3. Krav och önskemål

I arbetet med att åstadkomma en fungerande en process för en effektiv färgning av ytor i en industrialiserad husproduktion är det viktigt att identifiera kundens krav och önskemål. Olika utrymmen och ytor kräver och förväntas ha olika finish. Nedanstående krav och önskemål har definierats utifrån intervjuer med kunder/boende samt diskussioner med arkitekter och andra personer i byggbranschen. Kraven har delats upp med avseende på estetik, funktion och produktionsteknik.

Estetiska krav

- Ytan skall ha en finish som passar ihop med användningsområdet. Exempelvis bör kraven i lägenheter vara högre än i trapphus och andra gemensamhetsutrymmen.
- Ytan bör inte ha en rollergräng (spår av målarrollen i den torra färgen)
- Om betongytan tapetseras bör skarvarna mellan våderna vara osynliga
- Om betongytan behålls "rå" dvs. ospacklad, bör färgskiktet ha ett estetiskt egenvärde för att förhindra en källarväggskänsla
- Färgen bör inte ändra kulör eller tappa glans och krita vid åldring

Funktionella krav

- Färg och spackel får inte vara miljö-/hälsosfarlig vare sig vid appliceringstillfället eller i brukarskedet.
- Färg och spackel bör vara luktfritt
- Ytan bör ha följande egenskaper:
 - vara tålig mot repor och slitage
 - vara avtorkningsbar
 - kunna bättringsmålas vid ev. transportskador
 - vara slittålig i brukarskedet
 - vara fast, dvs inte färga av sig

Produktionstekniska krav

- Färgen och spacklet får inte vara miljö-/hälsosfarlig vare sig vid appliceringstillfället eller i brukarskedet
- Färgen och spacklet ska kunna appliceras maskinellt, exempelvis genom sprutsapplicering
- Färgen ska kunna appliceras i tillräckligt tjocka skikt utan risk för rinningar eller rynkbildningar
- Färgen och spacklet ska vara snabbtorkande.

4. Beskrivning av olika tekniker

I projektet har en inventering, state-of-the-art, av möjliga metoder för effektiv färgning av ytor utförts. Inventering har utförts med insikt om att i princip allt arbete förutom själva appliceringen av färgen är icke värdeskapande för kunden, utan kan ses som slöseri. De identifierade metoderna är olika bra på att minska detta slöseri. Det är dock inte säkert att den metod som i teorin minskar slöseriet mest också är den som minskar slöseriet mest i praktiken. Fyra metoder har identifierats som mest intressanta: infärgning av betongmassan; ytbehandling med snabbtorkande spackel och färg; in mould coating, och gjutning mot papper.

Infärgning av betongmassan

Genom att blanda pigment i betongmassan kan betongen ges olika kulörer. Denna teknik är kommersiellt tillgänglig men kostsam då det åtgår mycket pigment för att färga betongen. Både torra och flytande pigment, sk slurry, kan användas. Flytande pigment ger en optimal fördelning av pigmenten i betongmassan samt snabbare inblandning. Exempel på pigment som använd för detta ändamål är järnoxid (rött), kromoxid (grönt), coboltaluminiumoxid (blått) och titaniumdioxid (vitt). Även andra kulörer kan fås. Dosering är ca 3 - 10 % av bindematerialets vikt.

Vid infärgning av betong kan betongkvaliteten påverkas negativt eftersom det krävs förhållandevis mycket pigment i betongen. Erfarenhetsmässigt har det även visat sig att kulören på ytan riskerar att variera och att färgen/kulören på den färdiga konstruktionen kan bli flammig. Ett annat problem som nämns vid infärgad betong är att vid reparationer eller renoveringar är det svårt att få exakt samma kulör som finns på befintlig konstruktion.

Hittills har metoden använts mest vid betongbroar. Ett exempel är den nya vägbron vid Ramlösa Station i Helsingborg (100 meter lång och 28 meter bred) där landfästena gjutits i röd betong och brobanan och pelarna i vit. Metoden används dock även vid husproduktion, till exempel för fasader i Kv Tygeln i Solna (kontors och parkeringshus) och Rydebäcks stationsområde, Helsingborg (bostäder).

Ytbehandling med snabbtorkande spackel och färg

Med hjälp av olika bindemedelsteknologier och härdningstekniker kan spackelmassor och färg tork snabbare. Exempel på sådana bindemedel är epoxi och akrylat (två-komponentssystem). Sådana system är dock tveksamma från arbetsmiljösynpunkt. Dessutom är de kostsamma. Ett bättre alternativ är enkomponents akrylatssystem och silikatsystem som är typiska standardsystem och går att köpa i en vanlig färgaffär. Under normala förhållanden torkar sådana färger på någon timma och uppnår full hårdhet efter ca ett dygn.

Torkningsförloppet kan snabbas på genom ökad temperaturen eller ökad ventilationen. Två vanliga uppvärmningstekniker är konvektionsvärme och IR-värme. Det finns även strålningsmetoder som är ännu effektivare, exempelvis UV och NIR (near infrared).

En annan möjlighet är att utnyttja det faktum att betongen blir varm i samband med härdningen av betongmassan. Om man målar på färgen på en nyligen avformad yta kommer härdningen av färgskiktet därför att gå fortare.

In mould coating

Genom att måla färgen direkt i formen och sedan gjuta direkt mot den färgade ytan kan betongen färgas in. Metoden liknar det sätt man använder när man gör plastbåtar. Denna metod har stora fördelar, bl a slipper man formolja och ledtiden blir kort. Några kända kommersiella tillämpningar finns inte.

Gjutning mot papper

En metod som skulle kunna vara möjlig är att klä formen med kraftpapper för att sedan gjuta betongen mot detta. Papperet skulle kunna sugas fast med vaccum mot formytan. Denna metod har stora fördelar, bl a slipper man formolja och ledtiden blir kort. Den pappersbeklädda betongen skulle kunna få olika kulör genom att välja infärgat papper. Några kända kommersiella tillämpningar finns inte.

Företagskontakter

I projektet har samarbete skett med följande färgtillverkare; Caparol, Akzo, Beckers, Tikurilla, med följande tillverkare av härdningsutrustning; Triab, samt med följande tillverkare av papper; Korsnäs.

5. Praktiska försök

Inom ramen för projektet har två av metoderna som beskrivs i kapitel 3 provats: gjutning mot papper; och ytbehandling med snabbtorkande färg. För den senare metoden utfördes försök både i laboratoriemiljö och under mer produktionslika förhållanden. För metoden med gjutning mot papper utfördes endast försök i laboratoriemiljö. En sammanfattning av försöken följer nedan.

Praktiska försök – gjutning mot papper

Försöken gjordes med betongkuber (15×15×15 cm), som gjutits av NCC, där en sida kläddes med kraftpapper. Resultaten från proven visade på svårigheter med vidhäftningen mellan papperet och betongen. Förmodligen har det att göra med att den aktuella betongen hade ett mycket lågt vct-tal, vilket gjorde att betongen fick svårt att väta papperet. Förmodligen skulle metoden kunna utvecklas genom att använda ett papper med en annan yta.

Praktiska försök – ytbehandling med snabbtorkande färg, härdning i laboratoriemiljö

Förutsättningar

Försöken gjordes med betongkuber (15×15×15 cm) som gjutits av NCC. Efter gjutningen packades kuberna in i plastfolie för att de skulle behålla sin fuktighet. När proverna hade kommit fram till IVF förvarades de utomhus i skugga. Försöken utfördes både med och utan accelererad torkning.

Två olika färger användes, en akrylatfärg (Caparol Capamur-plus) och en silikatfärg (Caparol Sylitol-fasadfärg). Färgerna var tillverkade av Caparol och var vanliga konsumentfärger.

Provning utan accelererad torkning

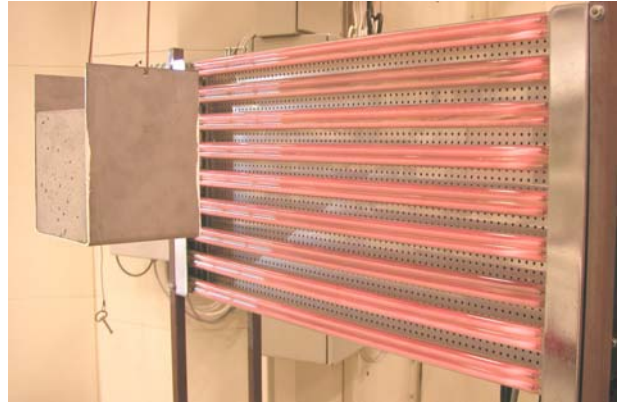
Bestämning av de båda färgernas torkförlopp, utan accelererad torkning, genomfördes på en rumstempererad betongkub vid lufttemperaturen 20 °C och luftfuktigheten 56 %. En sammanfattning av försöken redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Sammanfattning av försöken med snabbtorkande färg utan accelererad torkning.

Färg	90 minuter efter målning	3 timmar efter målning
Capamur-plus	Känns fuktig men klibbar inte	Känns torr men har inte uppnått full vidhäftning eller hårdhet
Sylitol-fasadfärg	Färgen känns våt och smetar av sig	Känns torr och hård. Har bra vidhäftning

Provning med accelererad torkning

Försöken genomfördes med målet att förkorta torktiden för färg på fuktig betong till under 15 minuter, vilket skulle vara en avsevärd förkortning av torktiden jämfört med vanlig lufttorkning. Vid provningen gjordes försök med dels: IR värmning i ugn, se figur 3a; dels med luftcirkulation; samt värmning med en IR-ramp, se figur 3b.



Figur 3a Bild på IR-ugn med luftcirkulation Figur 3b Bild på IR-ramp

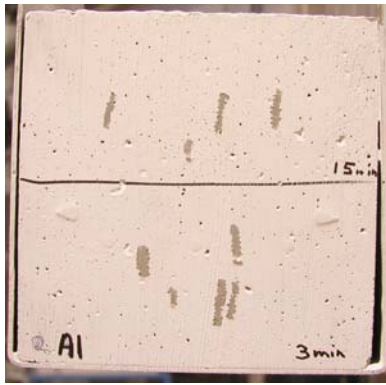
Vid provningen applicerades Capamur-plus och Sylitol-fasadfärg med pensel på de uppvärmda (cirka 50 °C) och fuktiga betongkuberna. Efter appliceringen gick provbitarna in i en flash-off-zon (förångning av vatten och lösningsmedel) och därefter IR-uppvärmningen eller torkning med kraftigt luftblås, resultaten finns sammanfattade i Tabell 2. Efter att färgen torkats, med IR värme eller med kraftigt luftblås, provades vidhäftningen genom att skrapa på ytan, resultaten finns sammanfattade i Tabell 3. Fotografier av provkropparna finns redovisade i Figur 4a-f.

Tabell 2 Sammanfattning av försöken med snabbtorkande färg med accelererad torkning i laboratoriemiljö.

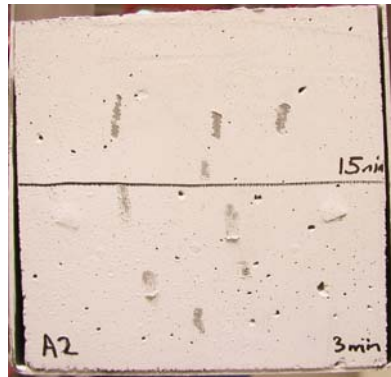
Försöksnummer	Färg	Uppvärmning	Flash-off	Tid framför IR	Temperaturer
A1	Capamur-plus	IR ugn	10 min	1 min	Temperatur in i ugn 42°C och temperatur ut från ugn 48°C
A2	Capamur-plus	IR ugn	5 min	1 min	Temperatur in i ugn 42°C och temperatur ut från ugn 48°C
A3	Capamur-plus	Ingen	1 min	---	Torkning med kraftig luftblås i 10 minuter (20°C 48 % RF)
A4	Capamur-plus	IR ramp	5 min	3 min	Temperatur innan IR ramp 49°C och temperatur efter IR ramp 85°C
A5	Capamur-plus	IR ramp	5 min	5 min	Temperatur innan IR ramp 57°C och temperatur efter IR ramp 100°C
B1	Sylitol-fasadfärg	IR ramp	5 min	3 min	Temperatur innan IR ramp 58°C och temperatur efter IR ramp 85°C

Tabell 3 Sammanfattning av vidhäftningsprovnings

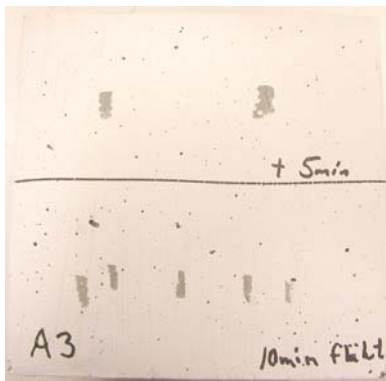
Försöksnummer	Resultat
A1	Försöket visar att färgen är torr men att full vidhäftning inte uppnåtts
A2	Försöket visar att färgen inte är genomtorr direkt efter ugnen
A3	Försöket visar att färgen inte är genomtorr
A4	Försöket visar att färgen är torr men att full vidhäftning inte uppnåtts
A5	Försöket visar att färgen är torr men att full vidhäftning inte uppnåtts
B1	Försöket visar att färgen känns torr innan IR-värmningen och att vidhäftningen är bra direkt efter IR-värmningen



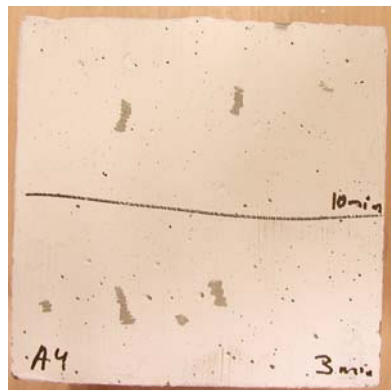
Figur 4a Bild på A1



Figur 4b Bild på A2



Figur 4c Bild på A3



Figur 4d Bild på A4



Figur 4e Bild på A5



Figur 4f Bild på B1

Sammanfattning/slutsats

Provnigen med Capamur-plus visar att färgen kan torkas snabbare med IR, men att det behövs cirka 12 timmar för att uppnå full vidhäftning till betongytan. Sylitol-fasadfärg känns klubbfri redan innan IR-uppvärmningen då den appliceras på den varma betongytan. Den färgen känns hård och vidhäftningen är bra efter IR-uppvärmningen.

Praktiska försök – ytbehandling med snabbtorkande färg, härdning under mer produktionslika förhållanden

Förutsättningar

Provmålningarna utfördes på väggelement som hade en ytemperatur på ca 21 grader. Både akrylat- och silikatfärg provades av fabrikket Caparol. Samma färger användas som i laborieförsöken för att ha en referens. Färgen applicerades med pensel eller roller. För att

se effekten av att värma den målade ytan användes en IR-ramp på ca 20 cm avstånd från betongytan. Värme applicerades i 5 minuter varefter den målade ytan hade en temperatur av ca 55 grader. En sammanfattning av försöken finns i tabell 4.

Tabell 4 Sammanfattning av försöken med snabbtorkande färg med accelererad torkning under mer produktionslika förhållanden.

	Resultat med:	
	1A – Akrylatfärg	1B – Silikatfärg
Prov 1: Referensprov utan eftervärmning. Färgen applicerades med pensel.	Färgen var torr efter 5 minuter men mjuk. Flertalet småblåsor förekom.	Färgen var våt efter 5 minuter. Flertalet småblåsor förekom.
Prov 2: Med eftervärme, IR-rampen på 85 % effekt gav en ytemperatur av ca 55 grader. Färgen applicerades med pensel.	Torr efter 5 min, flertalet småblåsor förekom.	Torr och genomhärdad utom i små blåsorna efter 5 minuter. Färre småblåsor än i 2A.
Prov 3: Med eftervärme, IR-rampen på 85 %. Provytan borstades med kvast före målning. Färgen applicerades med pensel.	Torr efter 5 min, småblåsor förekom.	Torr efter 5 minuter. småblåsor förekom.
Prov 4: Med eftervärme, IR-rampen på 85 % effekt. Färgen applicerades med roller. Endast silikatfärgen provades.	-----Inget prov utfördes-----	Torr och genomhärdad efter 5 minuter. Inga småblåsor/färre små blåsor

Anledningen till den snabbare torkningen vid försöken under de produktionsliknande förhållandena kan vara att betongen var torrare jämfört med laborieförsöken.

Sammanfattning/slutsats

Dessa försök bekräftar resultaten från laboriet, det tycks möjligt att åstadkomma en torr och genomhärdad målade yta på ca 5 minuter med hjälp av värmehärdning. I de fall färgen applicerades med pensel förekom flertalet småblåsor, dessa småblåsor reducerades/försvann vid applicering med roller.

6. Slutsatser

Ett antal krav för att åstadkomma en effektiv färgning av ytor i en industrialiserad husproduktion har identifierats. Kraven kan delas upp med avseende på estetik, funktion och produktionsteknik. Vidare har en rad tekniker för att åstadkomma en effektiv färgning av ytor föreslagits och försök har utförts med två av dessa tekniker. Försöken visar på en rad olika metoder för att snabba upp härdningen av målade ytor i byggnadssammanhang. Praktiska försök med en akrylatfärg och en silikatfärg (vanliga konsumentfärger) har visat på att en

härddningstid på 8-10 minuter är realistisk, vilket skall ställas i relation till den vanliga processens mycket längre tid. Således bedöms de föreslagna metoderna ha stor potential i att öka de värdeskapande aktiviteterna där målningsprocessen är identifierad som en flaskhals. För att tekniken skall kunna implementeras i normal produktion bör fullskaleförsök utföras i t.ex. pilotprojekt.