

BETONG En utmaning när man gjuter betonggolv är att veta när man kan börja ytbehandla betongen. Glättningstiden varierar vid olika väder. Nu finns en programvara som väger in bland annat klimat, typ av konstruktion och betongsort. Väntetiderna kan kortas.

Program kortar ner väntetid när betonggolv ska glättas

Av MATS EMBORG, JONAS CARLSWÄRD, CHRISTER HEDIN, JAN-ERIK JONASSON och MIKAEL JÄRLEBERG

ETT NYTT KONCEPT för att effektivisera betongbygget har utvecklats av forskare från Luleå tekniska universitet och fabriksbetongföretaget Betongindustri. Ett datorprogram tar hänsyn till omgivande klimat, konstruktionstyp och betongsort och ger tillförlitliga glättningsprognoser när man väljer rekommenderad betong.

Det innebär att väntetiderna innan glättning kan minimeras och att gjutpersonal kan gå hem i tid på eftermiddagen.

Upplagt i steg

Konceptet för att effektivisera betongbygget är upplagt i nivåer, där själva glättningsberäkningen återfinns i den tredje nivån.

Den *första nivån* är utgångspunkten i all betongtillverkning. Basbetong komponeras för att möta generella grundkrav på hållfasthet, vattencementtal, eller ibland cementmängder, för olika specialtillämpningar.

Den *andra nivån* är funktionsbetonger som förädlats för att öka kundnyttan. Betongerna är i förväg särskilt utprovade för att klara en viss stipulerad funktion förutom grundkraven ovan. Det kan exempelvis vara krav på uttorkning, glättning, frostbeständighet och ytfinish. Exempelvis ger en uttorkningsbetong en garanterad uttorkningstid och är i många fall en förutsättning för fuktsäkert byggande¹⁻⁴.

Glättning ger ytfinish

Den *tredje förädlingsnivån* omfattar fyra steg: 1) samråd med byggaren för information om gjutförhållande, typ av konstruktion, gjutmetod och så vidare, 2) en prognos baserad på beräkning med särskilt utvecklat datorprogram, 3) betongval (en funktionsbetong) och leverans, samt 4) uppföljning och input till nästföljande gjutningar.



Figur 1. Gjutning av platta vid kall väderlek, maskinglättning med åkglättare och med handhållen glättare.

Glättning innebär att färdiggjutna golv eller bjälklag ytbehandlas för att erhålla god finish, se figur 1. Oftast delas glättningsproceduren in i två steg, grov- respektive finglättning. I det första steget, som utförs med skurskiva, uppnås en ytstruktur som kan jämföras med brädriven yta medan det andra steget, där slipblad

fästs på glättningsmaskinen, ger en helt slät och blank ytstruktur⁵.

Utöver jämnhetsförbättringen har glättningen även stark inverkan på nötningshållfastheten. Slitstyrkan kan förbättras med en eller ett par hållfasthetsklasser beroende på antal grov- och finglätningar⁶.

Svårt veta väntetid

Genomförande av glättning i praktiken är en krävande aktivitet. Det krävs lång erfarenhet för att exakt veta när man kan börja bearbeta betongen med sin utrustning för att få ett perfekt resultat. Man brukar säga att glättningen kan starta när man kan gå på betongen utan större avtryck.

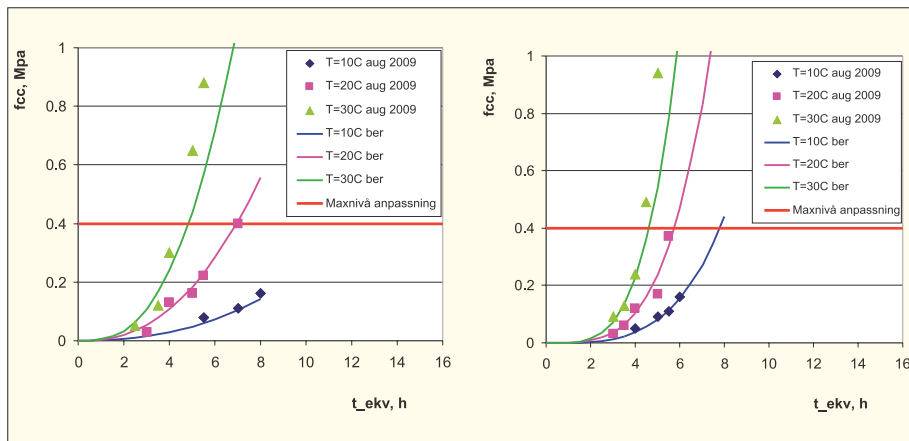
Stor ödmjukhet inför aktiviteten är en fördel i sammanhanget, speciellt vid låga lufttemperaturer och blåsigt väder. Det finns många exempel där man har fått vänta en hel natt efter gjutningen innan det har gått att glätta.

Fel metod kan förstöra yta

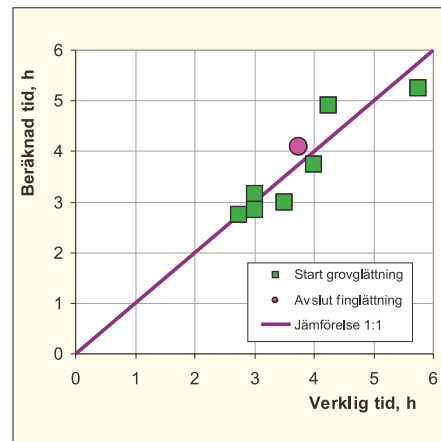
Varför är det då så viktigt att börja glättningen vid "rätt" tidpunkt? Vid för tidig glättning finns det risk för att man river sönder ytan och skapar ojämnheter, medan för sen glättning ger ökat slitage på utrustningen, sämre effekt och risk för att man sliter sönder ytskiktet. Glättningstidpunkten har stor betydelse för nötningshållfasthet och det är speciellt viktigt att glättningen inte sker för tidigt.

Den parameter som styr glättningstiden är betongens ythållfasthet, vilken påverkas av ett flertal faktorer; temperatur- och fuktförhållanden, solsken, vind och givetvis, av betongkvalitet. De hållfasthetsnivåer som är förutsättningen för glättning är mycket låga. De nivåer under vilka det är möjligt att grov- respektive

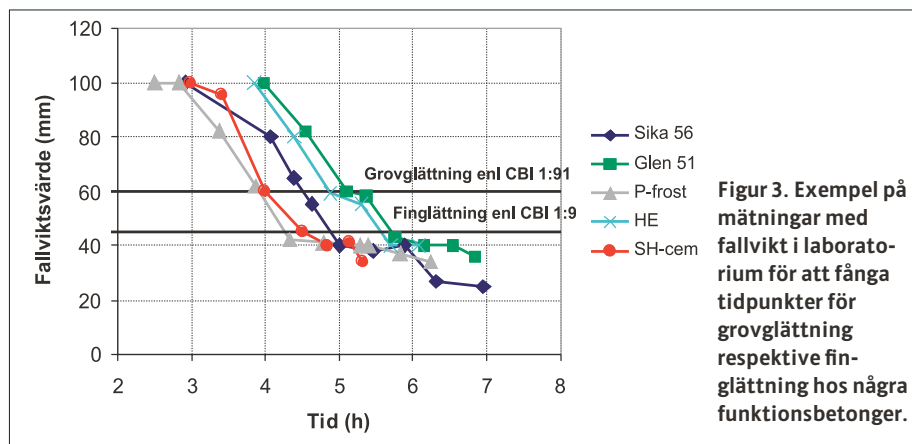
Fortsättning s. 32 ►



Figur 2. Exempel på tidig hållfasthetsutveckling vid olika temperaturer för två GlättBI betonger och anpassning med modeller för mycket tidig mognadsutveckling.



Figur 4. Tider för start av grovglättning respektive finglättning vid några praktiska fall i jämförelse med beräkningar med det nyutvecklade programmet.



Figur 3. Exempel på mätningar med fallvikt i laboratorium för att fånga tidpunkter för grovglättning respektive finglättning hos några funktionsbetonger.

varmed hydratationen sker. Fenomenets temperaturberoende kopplas till modellen enligt traditionella metoder för mognadsutveckling. En förtätad elementindelning i konstruktionens ytskikt ger en mer exakt bestämning av just ytskiktets hållfasthetsökning med tiden, vilket innebär att glättningstiden kan bedömas med god precision, se figur 4.

Får fram ett glättningschema

Väsentligt för att beräkningarna ska ge ett korrekt resultat är att riktiga materialmodeller används men också att indata är rätt. Som indata ges aktuellt typfall (se figur 5), gjut- och härdningsmetod, aktuella väderleksbetingelser, hur bygplatsen eventuellt är skyddad och om man använder golvvärme. Väderindata kan baseras på SMHI:s statistiska data för aktuell ort, men det finns även möjlighet att själv lägga in klimatdata, se figur 5.

Resultaten från beräkningarna ges i form av ett glättningschema där det tidigare beskrivna glättningsfönstret visas som funktion av tid och av läget i konstruktionen, se figur 6.

Fortsättning s. 34 ►

► finglättas, kallas ofta glättningsfönstret, och kan kalibreras in i laboratorie- och fullskaleförsök där hållfasthet och penetrationsmotstånd i ytan kopplas ihop med glättningsresultat^{7,8}.

Kalibrerat beräkningsprogram

Det nyutvecklade konceptet BI Ready stödjer sig på ett datorprogram som är baserat på finita elementmetoden. För olika typfall beräknas betongens temperaturutveckling i mycket tidig ålder i hela strukturen. Därefter kan hållfasthetstill-

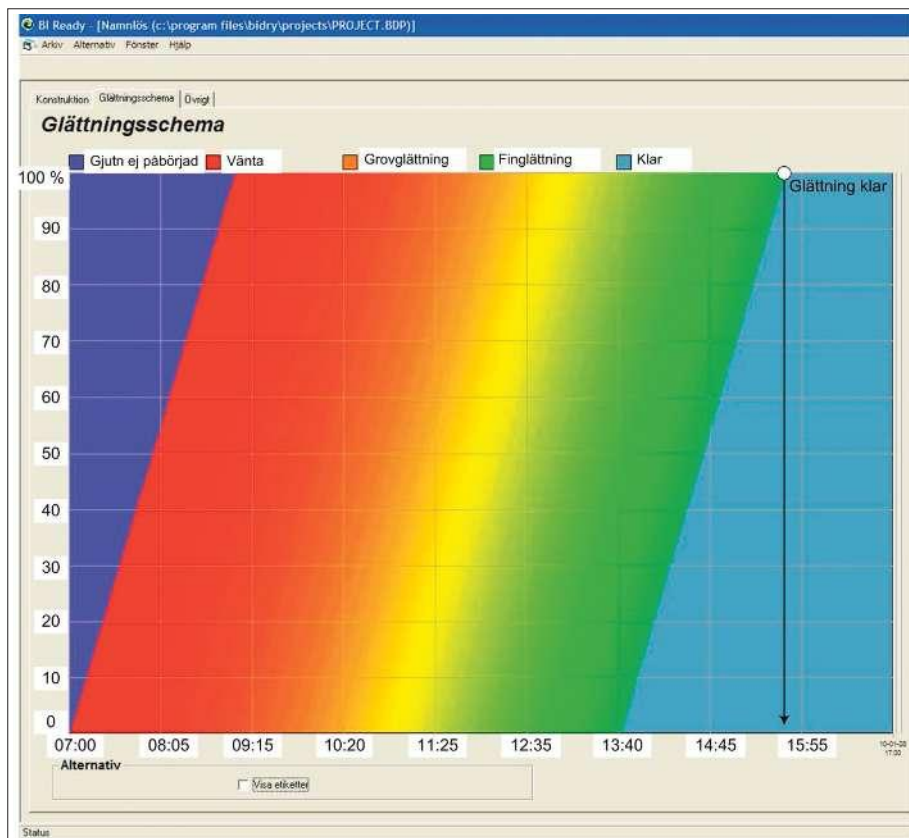
växten tas fram och då speciellt i ytan.

De värmetekniska och hållfasthetstekniska egenskaperna har provats fram genom laborieförsök för aktuella funktionsbetonger. Teoretiska modeller baserade på mognadstid (det vill säga ekvivalent tid) för de tidiga egenskaperna är nyutvecklade för att rätt träffa det fysiska beteendet under de allra första timmarna efter gjutningen, se figur 2.

Det gäller att fånga tidpunkten när den färskaste betongen övergår till en struktur, se figur 3, och att beskriva den hastighet



Figur 5. Exempel på två steg i beräkningsindata där olika typfall väljs och väderleksbetingelser kan varieras som ett alternativ till SMHI:s data för en speciell ort.



Figur 6. Resultatredovisning. Glättningschemat ger ett underlag för planering av ytbehandlingen och föreslår start- och stopptider för glättningen.

Ytandelen, som visas längs y-axeln, är den procentuella andelen av totala betongytan medan tiden ges längs x-axeln. Gjutprocessen liksom glättningsfönstret för grov- och finglättning redovisas i diagrammet med hjälp av olika färger. I exemplet framgår att konstruktionen gjuts mellan kl 07.00 och 09.00 och att grov- respektive finglättning kan starta efter kl 09.00 respektive kl 12.00 i den del som gjöts först. För den sist gjutna delen bör grov- respektive finglättning avslutas vid 12.30-tiden respektive vid 15-tiden.

Med diagrammet fås en tydlig rekommendation om när glättning kan genomföras och när man kan vara klar, det vill säga BI Ready. I programmet skapas även en rapport där beräkningsförutsättningar och betongval dokumenteras. I beräkningarna kan man gå in med ett krav på avslutad finglättning av den sist gjutna delen och få ett betongval, det vill säga det går för exemplet i figur 5 att få ett betongval med tidigare avslutningstid. □

Fotnot:

Framtagandet av datorprogrammet och materialmodellerna har skett i ett samarbete mellan forskargrupper vid Luleå tekniska universitet, Betongindustri samt bolaget Vema Venturi. Konceptet kommer att under 2010 följas upp med fältstudier.

Referenser:

- 1 www.betongindustri.se
- 2 www.bidry.se
- 3 Jonasson J-E, Carlsson C-A och Mjörnell K: Modell för beräkning av fuktighet i moderna betonger vid variabel väderlek. Bygg och Teknik, Nr 7, Oktober 2005, s 36-41.
- 4 Jonasson J-E, Carlsson C-A och Mjörnell K: Beräkning av uttorkning för betong med Byggcement. Bygg och Teknik, Nr 7, Oktober 2006, s 56-59.
- 5 Betonghandboken – Arbetsutförande, utgåva 2, Svensk Byggtjänst, Stockholm, 1992.
- 6 Industrigolv – Rekommendationer för projektering, materialval, produktion, drift och underhåll. Stockholm: Svenska Betongföreningen, 2009. Betongrapport nr 13.
- 7 Fredriksson G, Samuelsson: Glättning av betonggolv, Cements AB, 1988.
- 8 Petersson Ö och Johansson A: Styrning av glättningshårdhet. Cement och Betong Institutet, CBI Rapport 1:91, Stockholm 1991, ISSN 0346-8240, 76 sid.



FÖRFATTAREN

Mats Emborg är FoU-chef på Betongindustri AB och professor på avdelningen för konstruktionsteknik vid Luleå tekniska universitet och arbetar med bland annat temperaturspänningar i betong och industriellt byggande.



FÖRFATTAREN

Jonas Carlswärd är projektansvarig vid teknik och provning på Betongindustri AB. Han är engagerad i konceptutveckling vid företaget samt självkompakterande betong, fiberarmerad betong och betongballastfrågor.



FÖRFATTAREN

Christer Hedin är chef för teknik och provning på Betongindustri AB. Christer Hedin är engagerad i frågor om fuktsäkert byggande med betong samt utveckling av funktionsbetonger.



FÖRFATTAREN

Jan-Erik Jonasson är professor på avdelningen för konstruktionsteknik vid Luleå tekniska universitet och specialist på materialutveckling och koppling till materialmodeller som programmeras in i beräkningsstöd.



FÖRFATTAREN

Mikael Järleberg är konsult på Vema Venturi AB och utvecklar mjukvara med betongbranschen som målgrupp.