

Uppvärmad betong

säkrare, snabbare, billigare



Uppvärmad betong – även vintertid – säkrare, snabbare, billigare

Uppvärmad betong, som håller jämn temperatur, ger bättre kvalitet, bättre ekonomi och möjlighet till tidigare bearbetning och formrivning vid ett byggprojekt. Temperaturen påverkar både hur länge betongen kan hållas öppen för bearbetning och hur hållfastheten utvecklas. För att nå bästa resultat bör alla betongleveranser under dagen hålla samma temperatur.

Den färdiga betongen påverkas av delmaterialens temperatur. De håller ofta samma temperatur som den rådande utomhustemperaturen. För att nå högre betongtemperatur vintertid är det därför viktigt att förvärma delmaterialen.

Vintertid är uppvärmd betong ett mycket konkurrenskraftigt alternativ till betong med högre cementhalt eller betong baserad på snabbhårdnande cement (SH-cement).



Innehåll

Temperaturens betydelse	4
Delmaterialens betydelse	4
Tidigare bearbetning	5
Tidig formrivning – väggar	6
Tidig formrivning – bjälklag	7
Värmeenergi	8
Första och sista leveransen lika viktiga	9
Rätt uppvärmning ger leveranssäkerhet	9
Varm ballast	10
Sammanfattning	11



Temperaturens betydelse



Vatten

Både betongens och delmaterialens temperatur påverkar hur snabbt betongen styvnar och hur snabbt hållfastheten utvecklas. Varm betong går att glätta tidigare. Med en temperatur på 15 till 25 grader utvecklas hållfastheten snabbare så att väggformar kan rivs tidigare än om betongen hade varit kall.

Temperaturen påverkar den tidiga utvecklingen av betongens hållfasthet mer än cementsort och halt av cement, vct-tal och tillsatser. Betongens temperatur är därför minst lika viktig som de övriga delmaterialens egenskaper.



Cement

Tabell 1. Delmaterialens temperaturpåverkan på betongtemperaturen.

	Betongtemperatur, °C				
	6	12	13	16	23
Cementtemperatur, °C	5	0	5	5	5
Ballasttemperatur, °C	5	0	15	5	30
Vattentemperatur, °C	10	60	10	60	10



Ballast

Delmaterialens betydelse

Temperaturen på de olika delmaterialen, som ballast, cement och vatten, påverkar förstas temperaturen på den färdiga betongen. De klimatmässiga temperaturskillnaderna under året i Sverige innebär att de ofta har olika temperatur när de blandas i betongfabriken. Temperaturen på den färdiga betongen, som lämnar betongblandaren, kan variera mellan 5 och 20 grader, beroende på årstid. Dessutom sjunker temperaturen vid kall väderlek någon grad under transporten till byggarbetsplatsen.

Med följande formel kan betongens temperatur beräknas med utgångspunkt från materialen; cement (C), ballast (B) och vatten (V).

$$T = \frac{0,2 (C * t_C + B * t_B) + V * t_V}{0,2 (C + B) + V}$$

C , B och V är mängderna i kilo per kubikmeter av cement, ballast och vatten. t_C , t_B och t_V är motsvarande delmaterials temperaturer. (Vattenfalls betonghandbok 1972.)

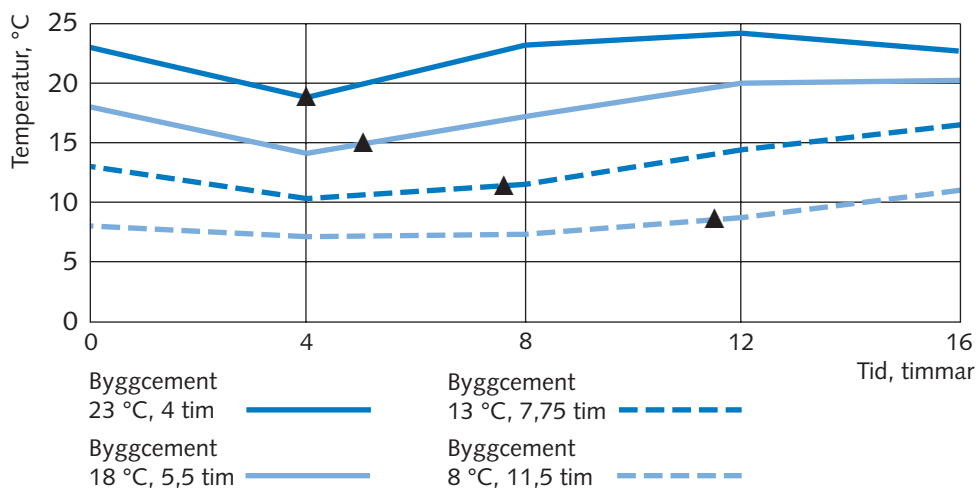


Betong

När utomhustemperaturen understiger 0 grader ska betong, som levereras enligt Svenska Fabriksbetongföreningens (SFF) kvalitetsmanual, hålla minst + 10 grader. Vintertid kan det vara omöjligt att tillverka 20 grader varm betong med enbart varmt vatten.

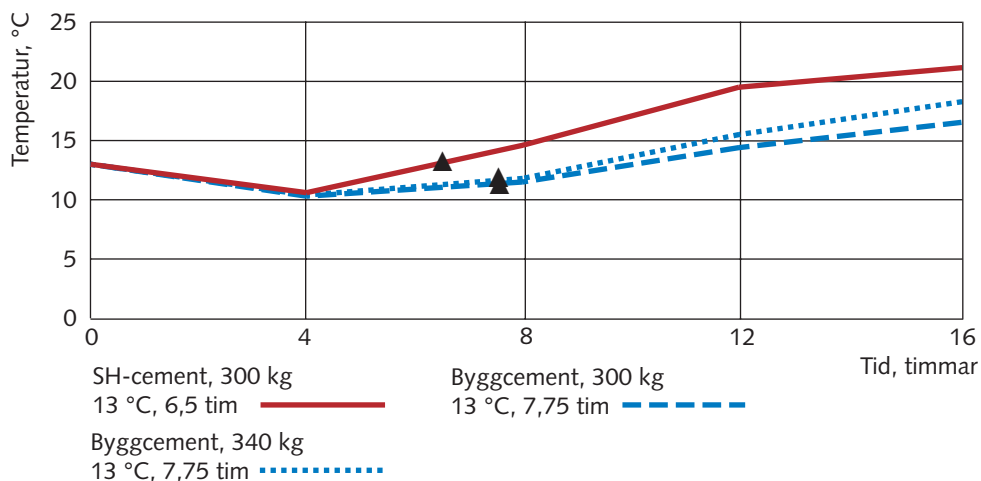
Tidigare bearbetning

Uppvärmad betong når snabbare tillräcklig hållfasthet och kan glättas tidigare. Tiden mellan gjutning och glättning kan förkortas från 11,5 till 4 timmar om betongens temperatur är 23 grader i stället för 8 grader.



Figur 1. Temperaturutveckling och glättningstider för platta på mark, 20 cm C25/30 med 300 kg Byggcement, ingen täckning, utetemperatur 5 °C.

Betongens temperatur vid gjutning har stor betydelse för hur länge man måste vänta innan glättning kan påbörjas.



Figur 2. Temperaturutveckling och glättningstider för platta på mark, 20 cm C25/30 med betongtemp 13 °C, ingen täckning, utetemperatur 5 °C.

En förhöjd cementshalt förkortar inte tiden för när glättning kan påbörjas. SH-cement förkortar däremot tiden med cirka 1 timme, en effekt som även uppnås om man höjer Byggcementbetongens gjuttemperatur från 13 °C till 16 °C.





Tidig formrivning – väggar

I varm betong reagerar cementet snabbare. Det ger snabbare utveckling av hållfastheten och formrivningen kan göras tidigare. Hållfastheten kan också nås snabbare om man ökar cementshalten eller använder SH-cement.

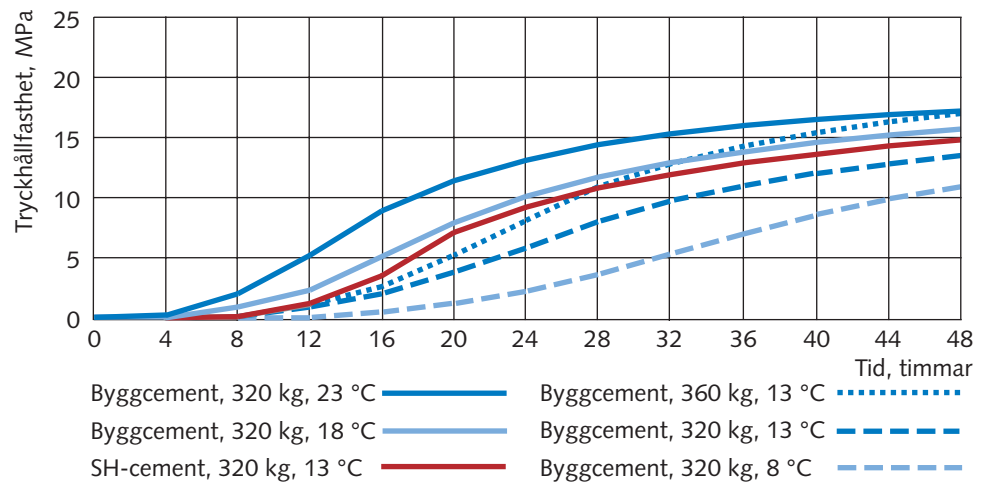
Hållfastheten för vertikala konstruktioner, som exempelvis väggar, bör överstiga 6 MPa innan man börjar riva formarna. Betongens temperatur påverkar hur snabbt man når dit.

Tabell 2. Vägghorm – utgångstemperatur och formrivningstid. Exemplet är med oisolerad plywoodform och utetemperatur på 5 °C, vindstill.

	Utgångstemperatur, °C	Formrivningstid, timmar
Med 320 kg/m ³ Byggcement	23	13
	18	17
	13	24
Med 360 kg/m ³ Byggcement	13	21
Med 320 kg/m ³ SH-cement	13	19
Med 160 kg/m ³ Byggcement och 160 kg/m ³ SH-cement	13	22

Figur 3. Hållfasthetsutveckling vägg, C25/30 med 320 kg cement, oisolerad plywoodform, utetemperatur 5 °C.

Jämförelse mellan hållfasthetsutveckling hos väggbetonger med olika gjuttemperaturer, olika cement och bindemedels-halt.



Tidig formrivning – bjälklag

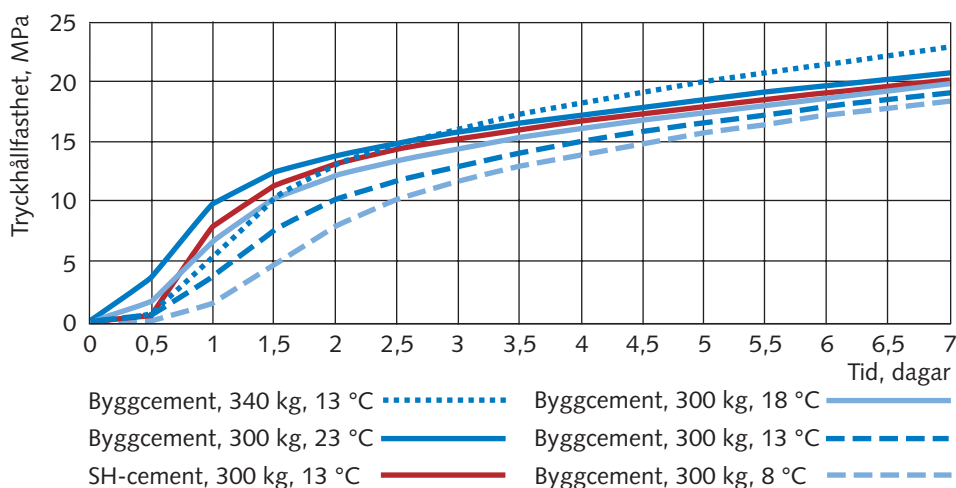
Innan bärande konstruktioner, som exempelvis valvformar, kan rivas ska 70 procent av hållfastheten ha uppnåtts. En betong med 28-dygnshållfastheten 30 MPa har i exemplet i figur 4 en tryckhållfasthet på 21 MPa.

Jämförelsen visar att betong med en utgångstemperatur på 13 grader och 40 kilo extra byggcement per kubikmeter snabbast klarar formrivningskravet på 21 MPa. Det dröjer något längre innan cementreaktionen kommer igång i den 13-gradiga betongen jämfört med 23-gradiga. Efter två dygn har dock den 13-gradiga betongen nått en högre hållfasthet.

Det är samtidigt viktigt att komma ihåg att tiderna för formrivning av valvkonstruktioner för alla betongsorter kan kortas om valvet täcks så snart det är möjligt.

	Utgångstemperatur, °C	Formrivningstid, dygn
Med 300 kg/m ³ Byggcement	23	7
	18	8,5
	13	9
Med 340 kg/m ³ Byggcement	13	5,5
Med 300 kg/m ³ SH-cement	13	7
Med 150 kg/m ³ Byggcement och 150 kg/m ³ SH-cement	13	8

Tabell 3. Bjälklag – utgångstemperatur och formrivningstid.



Figur 4. Hållfasthetsutveckling valv 20 cm, C25/30 med 300 kg cement, oisolerad plywoodform, ingen täckning, utetemperatur 5 °C.

Hållfasthetsutveckling hos valvbeton med olika gjuttemperaturer, bindemedel och bindemedelshalt.

Värmeenergi

Ballast och cement lagras ofta utomhus eller i silos som inte är uppvärmda eller isolerade. De har därför ofta samma temperatur som det för tillfället är utomhus. När de blandas med kallt vatten kan det ge temperaturer på den färdiga betongen på mellan 5 och 20 grader beroende på årstid. Detta medför att skillnaden i värmeenergi kan vara 15 kWh per kubikmeter mellan sommar och vinter.

De flesta betongfabriker erbjuder idag uppvärmd betong vintertid.

Exempel

För att producera en kubikmeter 15-gradig betong av ouppvärmad ballast och cement krävs vintertid ett energitillskott på 10 kWh. I ballast med normal fukthalt kan man tillsätta 120 kilo 60-gradigt vatten per kubikmeter. Det höjer betongens temperatur från 5 till 12 grader. 60-gradigt vatten räcker därmed inte för att värma betongen till 15 grader.

Tabell 4. Tillförd energi vid olika temperaturer och ungefärlig energikostnad.

	Betongtemperatur, °C				
	5	10	15	20	25
Tillförd energi, kWh	0	5	10	15	20
Ungefärlig energikostnad, SEK	0	5	10	15	20





Första och sista leveransen lika viktiga

För att nå bästa resultat med uppvärmd betong bör alla betongleveranser under dagen ha samma temperatur. Temperaturen på dagens sista lass avgör när glättningen kan färdigställas. Några få graders skillnad i betongtemperatur kan försena glättningen med flera timmar. För att hålla en jämn betongtemperatur medan betongen hårdnar bör betongen täckas över. Dessutom bör temperaturen på varje leverans kontrolleras.

Rätt uppvärmning ger leveranssäkerhet

De flesta betongfabriker klarar att leverera varm betong vid dagens första leveranser. Vintertid kan det däremot vara svårare att leverera varm betong hela dagen. Med ganska små förändringar i värmepanna och utrustning går det dock att leverera betong med jämn temperatur hela dagen, året runt.

Exempel

För att producera 50 kubikmeter 25-gradig betong per timme krävs en värmepanna av storleken 500–1000 kW. Varje grads höjning kräver 1 kWh per kubikmeter.

Varm ballast

Uppvärmningseffekten förbättras genom att man värmer ballasten. Om betongen ska kunna levereras med en temperatur av 25 grader bör ballasten förvärmas redan i silo innan den vägs upp. Om ballasten värms kan en större del av vattnet från återvinningssystemen användas.

Ballast kan värmas på tre olika sätt

■ Varmluft

Luft är en dålig energibärare och det krävs stora mängder varm luft. Man riskerar dessutom att få varierande fukthalt i ballasten eftersom den varma luften torkar ut den.

Exempel

För att höja temperaturen på ballast för 1 kubikmeter betong med 10 grader krävs det 200 kubikmeter 80-gradig varmluft. Det ger en låg effekt och verkningsgrad och när luften lämnar silon tar den med sig energi i form av förångat vatten.

■ Ånga

Ånga är mycket effektiv vid uppvärmning och en kontrollerad tillförsel av ånga ger en jämn fukthalt i ballasten och hög verkningsgrad.

Exempel

För att höja temperaturen på ballast för 1 kubikmeter betong med 10 grader får man ett vattentillskott på 13 liter. Det höjer fukten med drygt 1 procent, en ganska normal fukthaltsvariation för ballast.

■ Luft/avgaser med överhettad ånga

I de system där man använder förbränningsgaser för att värma ballasten tillsätter man vatten för att sänka temperaturen och förbättra transporten av energi. Vattnet gör att ballasten inte torkar ut.

Exempel

Hur mycket vatten respektive luft/avgaser som behövs går att räkna ut men det varierar mellan anläggningarna. Systemet bygger på principen att man överhettar ånga och på så sätt förbättrar energitransporten. Beroende på avgasernas temperatur kan vattentillskottet minska något jämfört med mättad ånga. I grova drag rör det sig om 10 liter vatten per kubikmeter betong.



Sammanfattning

- Värme, det vill säga energi, bör betraktas som ett delmaterial vid betongtillverkning.
- Cement behöver vatten och värme för att reagera.
- Temperaturen har stor betydelse för korttidshållfasthet och glättningstid.
- Om betongen är kall tar det lång tid innan cementet reagerar och utvecklar egen värme.
- Skydda nygjuten betong mot nedkyllning om möjligt. Även om betongen inte skyddas gör värmen nytta genom att cementreaktionen kommer igång tidigare.
- Uppvärmad betong spar energi genom att man slipper tillföra extra värme på bygget.
- Uppvärmad betong kan spara cement genom att korttidshållfastheten ökar.



Cementa AB

Box 47210

100 74 Stockholm

Telefon 08-625 68 00

Fax 08-753 36 20

info@cementa.se

www.cementa.se

CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group