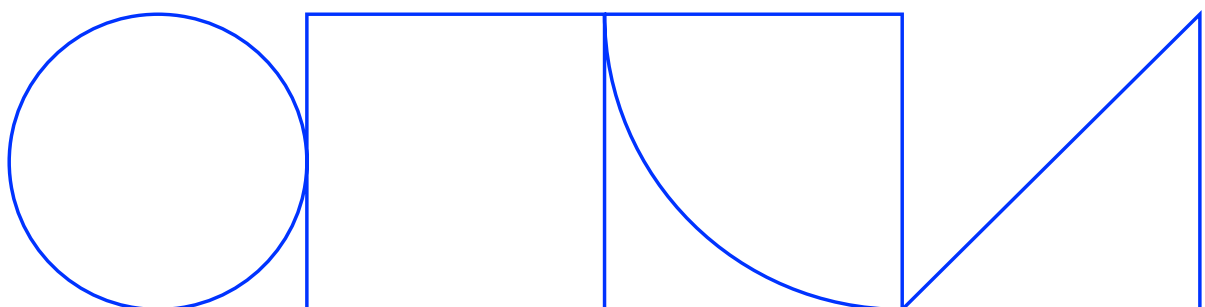


Bilagor till Stombyggande med platsgjuten betong – industriellt, klimatoptimerat

Mats Emborg
Heidelberg Materials & Luleå Tekniska Universitet

2026-03-11



Innehåll

Bilaga A Planering av stombyggnadsprocessen – fyra studier av praktiska möjligheter	3
Exempel A. Diskret-händelsestyrd simulering	3
Exempel B) Prototyp I - BIM 4D och stomdrift	5
Exempel C) Prototyp II – Platsknuten planering (LoB)	6
Exempel D) Prototyp III – Optimering av kostnad, tid och CO _{2eq}	8
Bilaga B Utförande vintergjutning – inverkan klimatförbättring	11
B.1 Hållfasthet – vintergjutning och klimataspekter	11
B.2 Fenomenbeskrivning	14
B.3 Initialt låga temperaturer - effekter	20
B.4 Låga härdningstemperaturer - åtgärder	22
B.5 Prognoser i olika skeden – förberäknade typfall	23
Bilaga C Prognoser vintergjutning – formrivning vägg	24
Bilaga D. 3D prognoser temperatur hållfasthet – vägg, bjälklag	29
D.1 Vägg på platta – analys Abaqus	29
D.2. Vägg på platta analys Comsol	35
D.3. Bjälklag gjutet på befintliga väggar, analys Comsol	38
Bilaga E Stämp – översikt	43
Allmänt	43
Bärande bjälklagsform	43
Anvisning för stämning enligt Svenska Fabrikbetongföreningen (nu Svensk Betong)	44
Anvisningar enligt Abetong (HM betong Prefab)	45
Anvisningar enligt Doka	46
Bilaga F Uttorkning – detaljering fenomen, konsekvenser vid härdning, exempel	52
F.1 Fenomen	52
F.2 Uttorkning klimatförbättrad betong	57
F.3. Förhållanden under uttorkning, åtgärdsbehov, praktikexempel	60
Bilaga G Resultat serieberäkningar: temperatur/hållfasthet, uttorkning	65
G.1 Klimatbelastning och kostnader - betonghärdningsslingor	65
G.2 Serieberäkningar väggar	69
G.3 Serieberäkningar valv med konventionell form	74
G.4 Serieberäkningar valv med plattbärlagsform	83
G.5 Serieberäkningar uttorkning	92

Bilaga H Miljöaspekter	100
H.1 Minskad klimatpåverkan vid betongbyggnation	100
H.2 Klimathänsyn hos stombyggnadsprocessen med platsgjuten betong	105
Referenser	

Bilaga A Planering av stombyggnadsprocessen – fyra studier av praktiska möjligheter

Eftersom resultat och slutsatser från Smart Built Environment-projektet "Digitaliserat stombyggande med platsgjuten betong" [11] har varit utgångspunkt för denna studie är det naturligt att kortfattat redogöra för fyra exempel på hur stombyggnadsprocessen kan kartläggas som en grund för utförandeplanering.

Exempel A. Diskret-händelsestyrd simulering

I en delstudie i "Digitaliserat stombyggande med platsgjuten betong" [11] studerades arbetsprocessen för en platsgjuten betongstomme och det konstaterades direkt att det är komplext att analysera hur olika faktorer påverkar produktivitet på ett byggobjekt i och med att ett produktionssystem kan innehålla ett stort antal påverkansfaktorer. En metod som möjliggör att beskriva dylika system är s. k diskret händelsestyrd simulering, DHS, se Larsson [6].

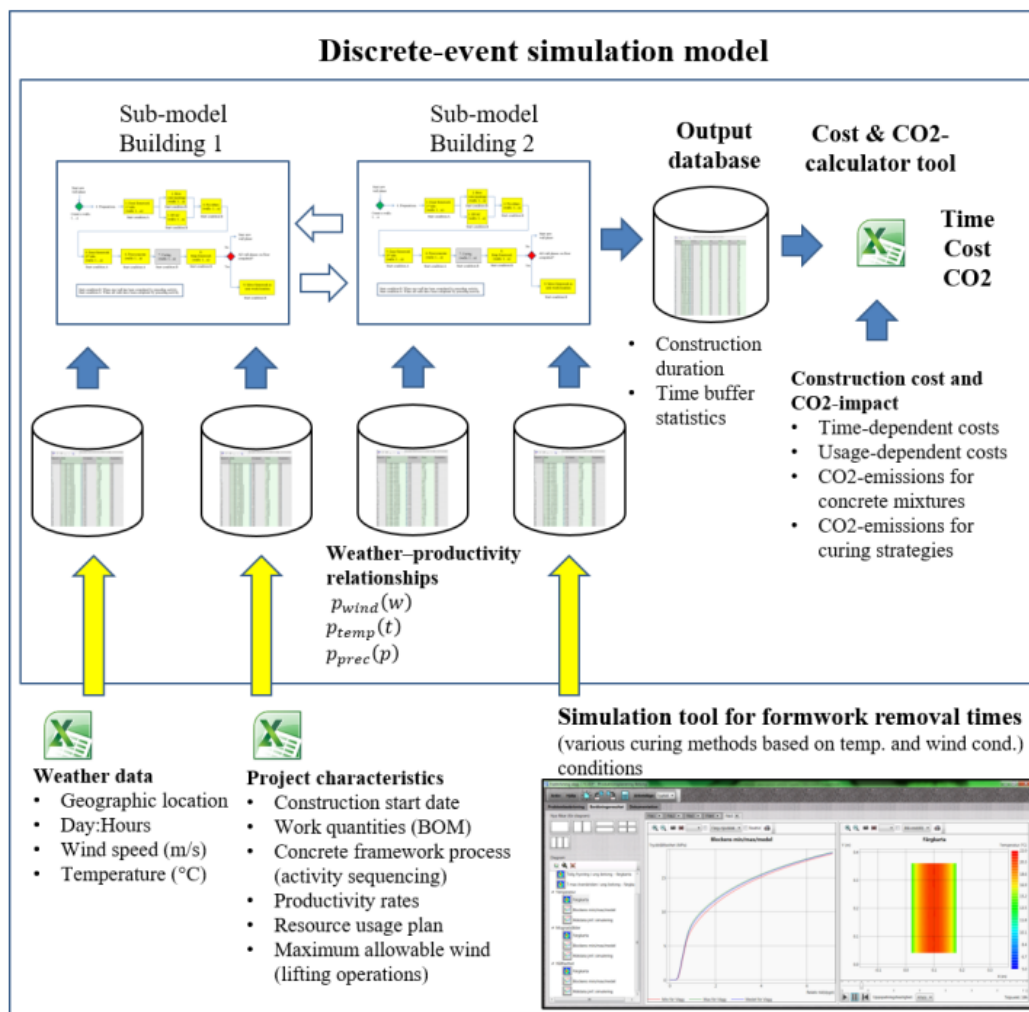
För en stomme karterades arbetsmoment, deras inbördes beroenden och tekniska villkor. Data sammanfördes i ett processschema enligt IDEF3-metoden - en metod för att strukturerat dokumentera komplexa system. Uppgifter gällande produktionsupplägg, resursallokering och produktionsdata inhämtades, intervjuer genomfördes om vädrets påverkan, normalt använda åtgärder etc. Ett stort antal scenarier simulerades med prognosprogram för betonghärdning och i slutändan med DHS. DHS innehåller funktioner för att styra tillgång och allokering av resurser mellan produktionsetapper och aktiviteter. Databaser, t ex väderdatabaser, hanteras liksom härdningsmetoder, se figur A.1. Larsson nämner att modellen simulerar total byggtid men även mer detaljerad information kan fås om t.ex. cykeltider för väggar eller hela våningsplan. Även bufferttider (jämför LoB tidigare avsnitt) kan fås ur simuleringsresultaten vilka ger indikationer på hur väl t ex anpassade formrivningstider är (som är funktion av klimat, betongtyp, härdningsmetod) till den övergripande produktionscykeln. Betongrelaterade kostnader och tidsberoende arbetsplatskostnader (t.ex. kran, bodar, personal) är möjliga att beräknas. Klimatpåverkan fås fram baserat på aktuella betongtyper och härdningsmetod i form av elenergianvändning vid tillförsel av värme etc.

Modellen testades på Folkboendeobjekt (NCC) vid variation av väderförhållanden, betongtyper, härdningsmetoder för klimatdata och tänkt lokalisering Malmö, Stockholm och Umeå [11]. Byggtid, kostnader och klimatpåverkan på stomdriften studerades. Främst betonghärdning och formhantering behandlades dvs uttorkning ingick inte i studien.

Resultaten indikerar att vädret har stor betydelse på stomdriften där byggtiden "i värsta väderscenarie" kan förlängas med upp till 40 % och stomkostnaderna kan öka med upp till 30 % jämfört med ideala förhållanden. Koldioxidutsläppen kan minska med

över 20 % vid användning av klimatförbättrad betong. Vidare kom Larsson fram till att det verkar vara väggcyklerna som är styrande för byggtakten där tillkommande arbetsmoment som en följd av vinteråtgärder helt enkelt får mycket större påverkan för väggcyklerna jämfört med valvgjutningar.

Varmare klimat har logiskt stor positiv inverkan på möjligheterna att använda klimatförbättrad betong. Risken för tidig frysning halveras vid ett "varmt år" jämfört med normalt år. Om "kallt år" inträffar ökar frysrisken med nästintill 70 % i jämförelse med det normala året för orten ifråga, enligt Larssons avhandling [6].



Figur A.1 Schematisk beskrivning av DHS-modell och dess delar, exempel från Larsson (2021) figur 8.4

BIM-stödd planering

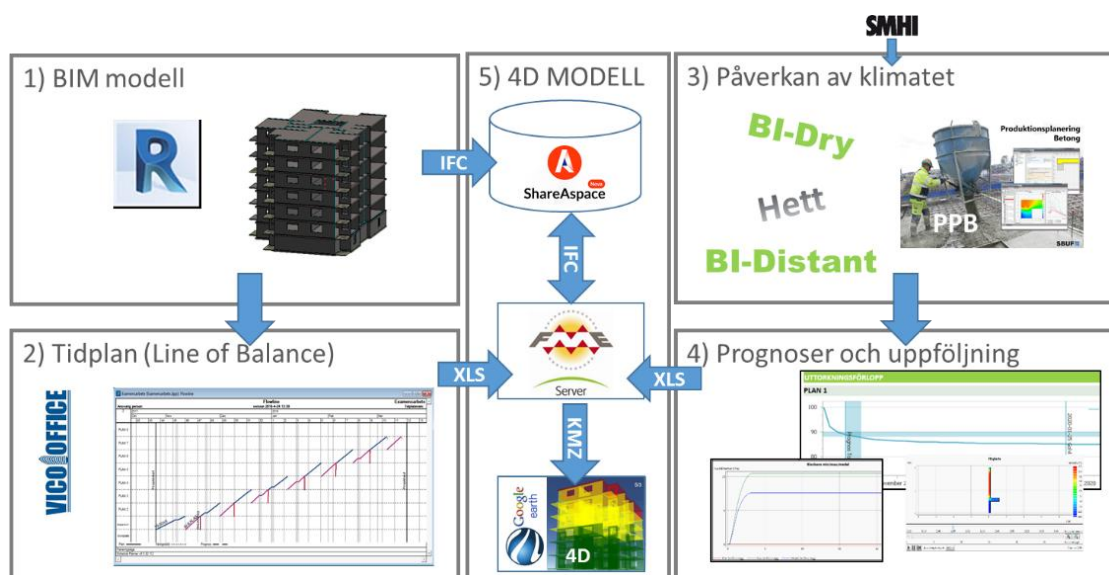
I SBE projektet studerats även hur BIM kan utgöra en bas för planeringsprocess där optimering av åtgärder analyseras, säkerställas och visualiseras. Planeringsprocessen utgick från en BIM modell av stommen, tidplanen visualiserades med LoB (Line of Balance). Tillgängliga prognosverktyg, t ex HETT22, PPB och Comsol Multiphysics, nyttjades för klimatpåverkan. Påverkan av åtgärder för härdning och uttorkning togs fram och hur dessa möter önskemål om produktivitet enligt tidplanen. Uppföljning kan sedan ske genom trådlösa sensorer, t ex BI Distant, Electrotec, Giatec.

I projektet utvecklades tre prototyper där stomdriftsplaner direkt kopplades till BIM: BIM och 4D, platsknuten planering (LoB) samt optimering kostnad, tid och CO₂-utsläpp.

Exempel B) Prototyp I - BIM 4D och stomdrift

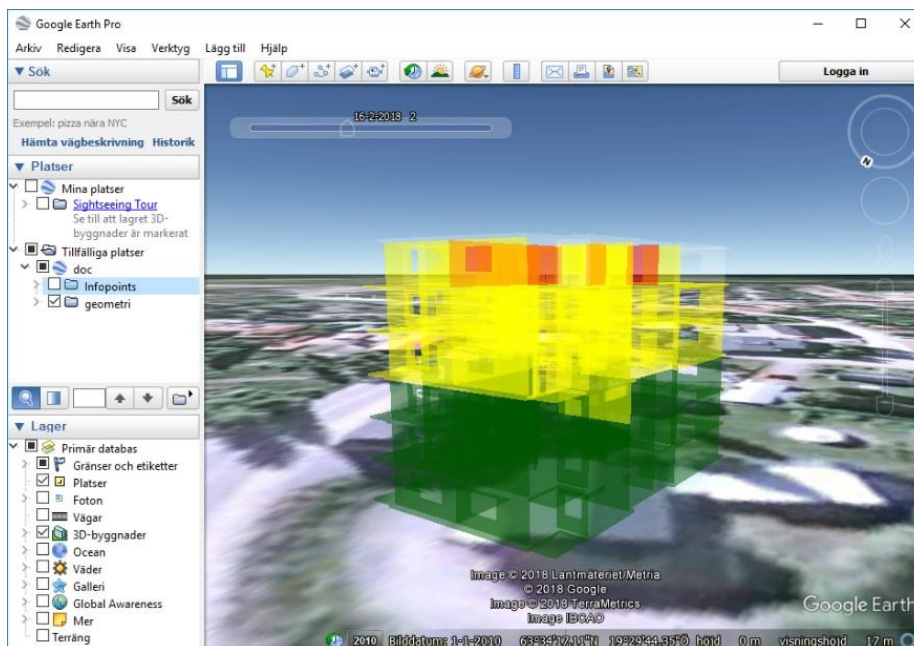
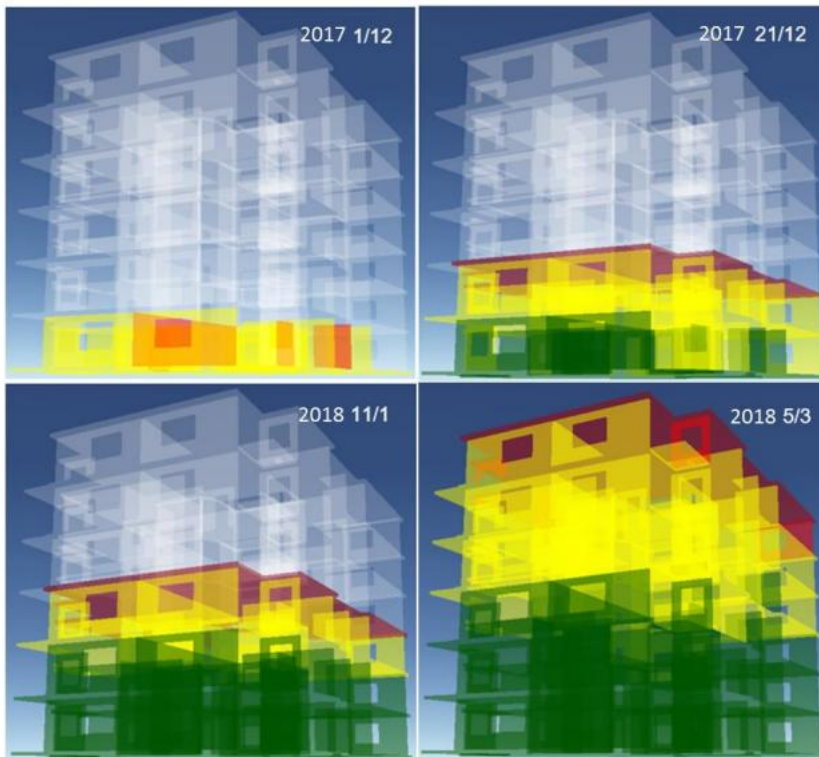
Syftet med prototypen var att kunna studera och visualisera betongens hållfasthetsutveckling i relation till formhantering. BIM modellen överfördes till PLCS servern Share-A-Space Nova (utvecklad i SBE projektet "Testbädd för Smarta plan-, bygg- och förvaltningsprocesser över hela livscykeln¹") i det neutrala BIM formatet IFC, se (5) i figur A.2. En 4D – modell skapades (s k KMZ format med FME skript). Via ett REST API och fil-import hämtar BIM modellen (IFC) och dess tidplan och hållfasthetsinformation (XLS) från s.k. NOVA-server och skapade Excel filer i (2) och (4).

4D modellen kunde t ex visualiseras med t ex Google Earth, se exempel i figur A.3 där olika färger indikerar stadier i hållfasthet (dvs röd: för låga värden för avformning, gul: "mellanvärden", grön: acceptabla värden). Endast preliminära beräkningar med prototyp utfördes.



Figur A.2. Prototyp I: BIM och stomdriftens 4D – flöde, från Digitaliserat stombyggande med platsgjuten betong

¹ <https://www.smartbuilt.se/projekt/innovationer-och-nya-tillampningar/testbadd/>



Figur A.3 BIM 4D, prototyp I, exempel på visualisering av för några datum i planerad stomdrift och placering i Goggle Earth, från Olofsson i slutrapport Digitaliserat stombyggnande med platsgjuten betong

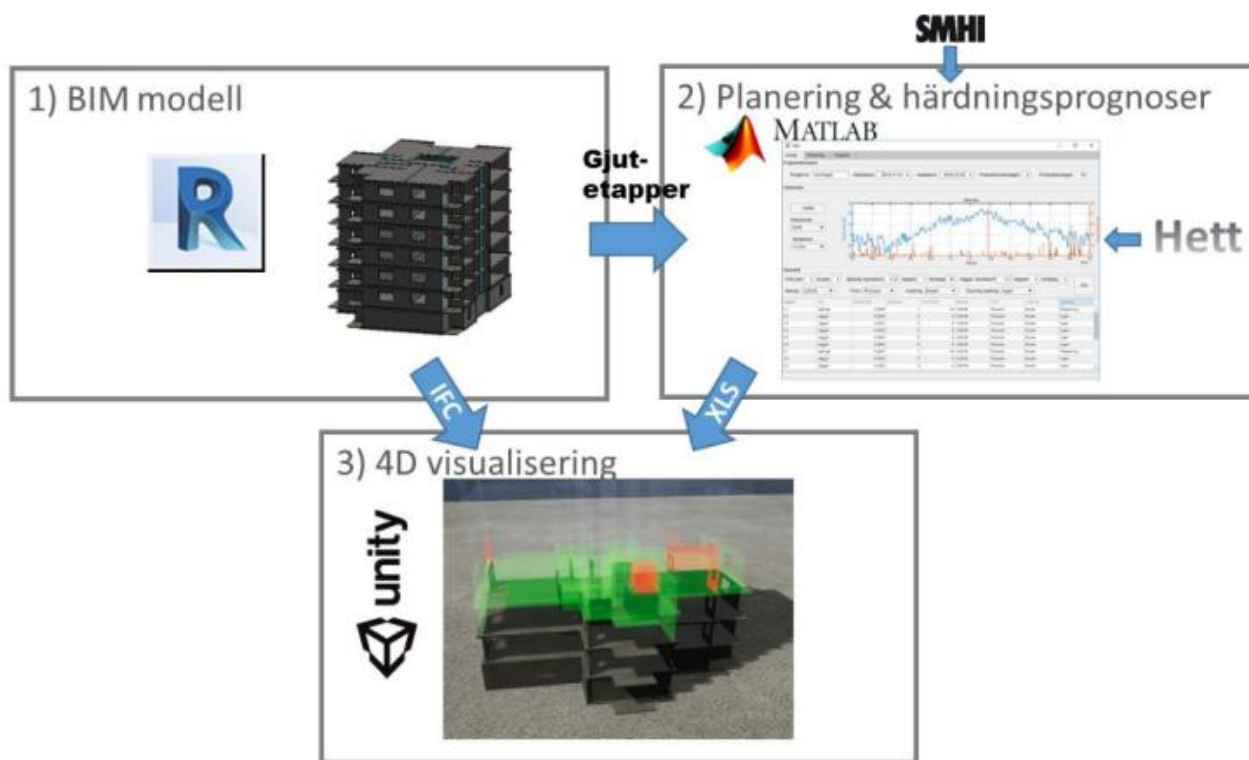
Exempel C) Prototyp II – Platsknuten planering (LoB)

Syftet var att kunna automatisera koordineringen av betongens härdningsprocess med den planerade stomdriften. Genom inläsning av SMHI data och integrera denna i tidsplaneringen med prognoser på hållfasthetstillväxt med valda åtgärder kan en 4D

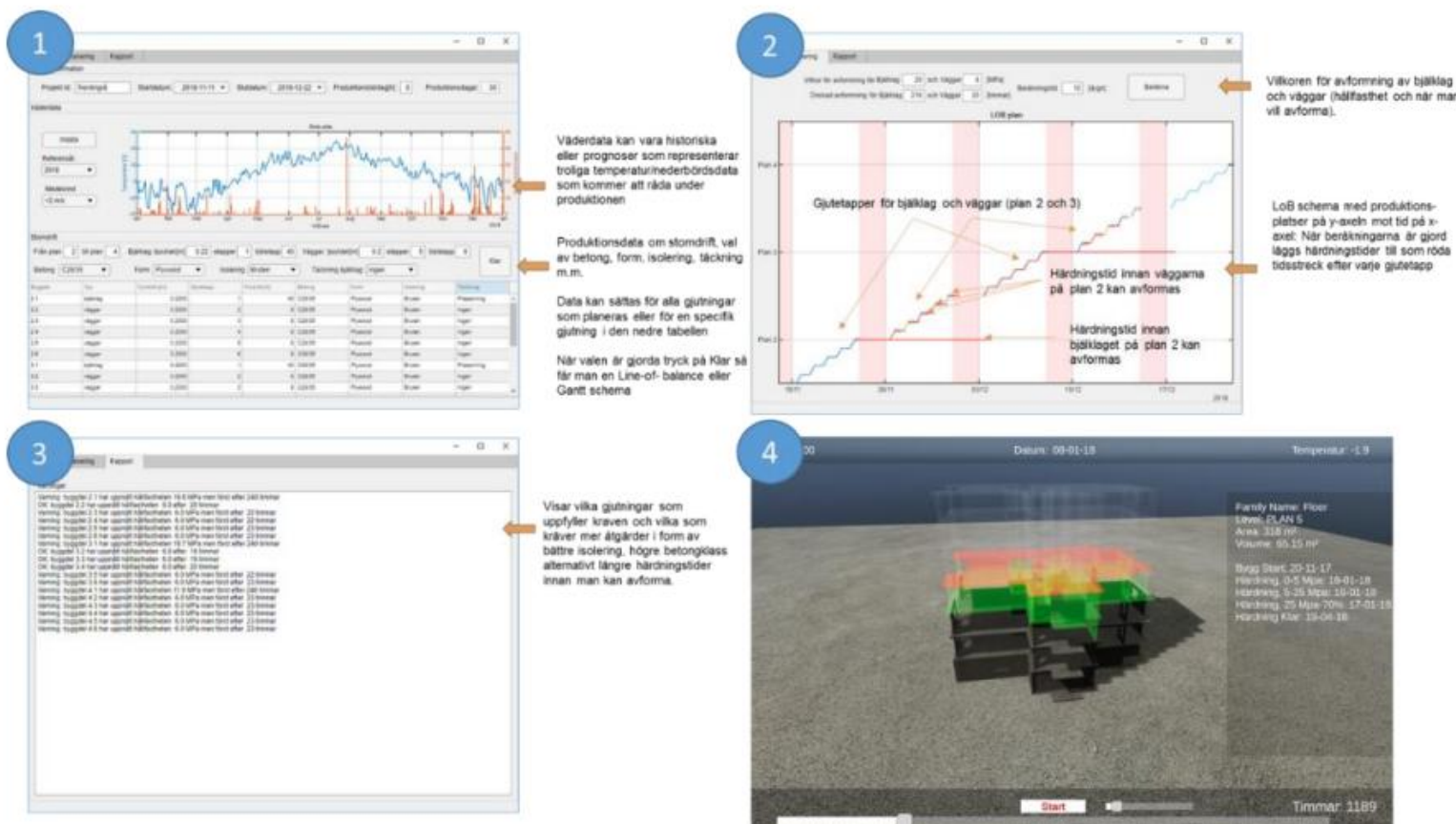
visualisering av den planerade stomdriften automatiskt skapas, figur A.4. Planeringsprocessen förenklas för platsledningen. SMHI-intdata är intressant ur ett scenario av klimatförändring där t ex framtida varmare väderlek simuleras. Redan nu märks skillnader i medeltemperaturer som inte har uppmätts i mannaminne.

Prototypen utvecklades i MATLAB och består av följande användargränssnitt, se figur A.5: 1) Väderdata från SMHI (både historiska såväl som framtida prognoser) och gjutetapper med valda åtgärder 2) Tidplan (LoB diagram) med härdningsvillkor för avformning av väggar och bjälklag. Nödvändig tid tydliggörs för att uppnå formrivningskriterier väggar resp. bjälklag enligt aktuell stomdriftshastighet. 3) Lista på gjutetapper som uppfyller/inte uppfyller uppsatta villkor på betonghållfasthet vid avformning, dvs "varningslista". 4) Visualisering (4D) av gjutetapperna i Unity där användaren kan få de olika vägg- och bjälklagselements egenskaper över tid på liknande sätt som prototyp I.

Prognosprogram enligt prototyp I kan användas. I framtiden är det möjligt att modellera hela stommen i 3D där man importerar modellen från t ex Revit och utföra beräkningar i Comsol Mutiphysics FE-modell.



Figur A.4. Prototyp II – Integration av tid planering och prognostiserad hållfasthetstillväxt



Figur A.5. Prototyp II – användargränssnitt, från Olofsson

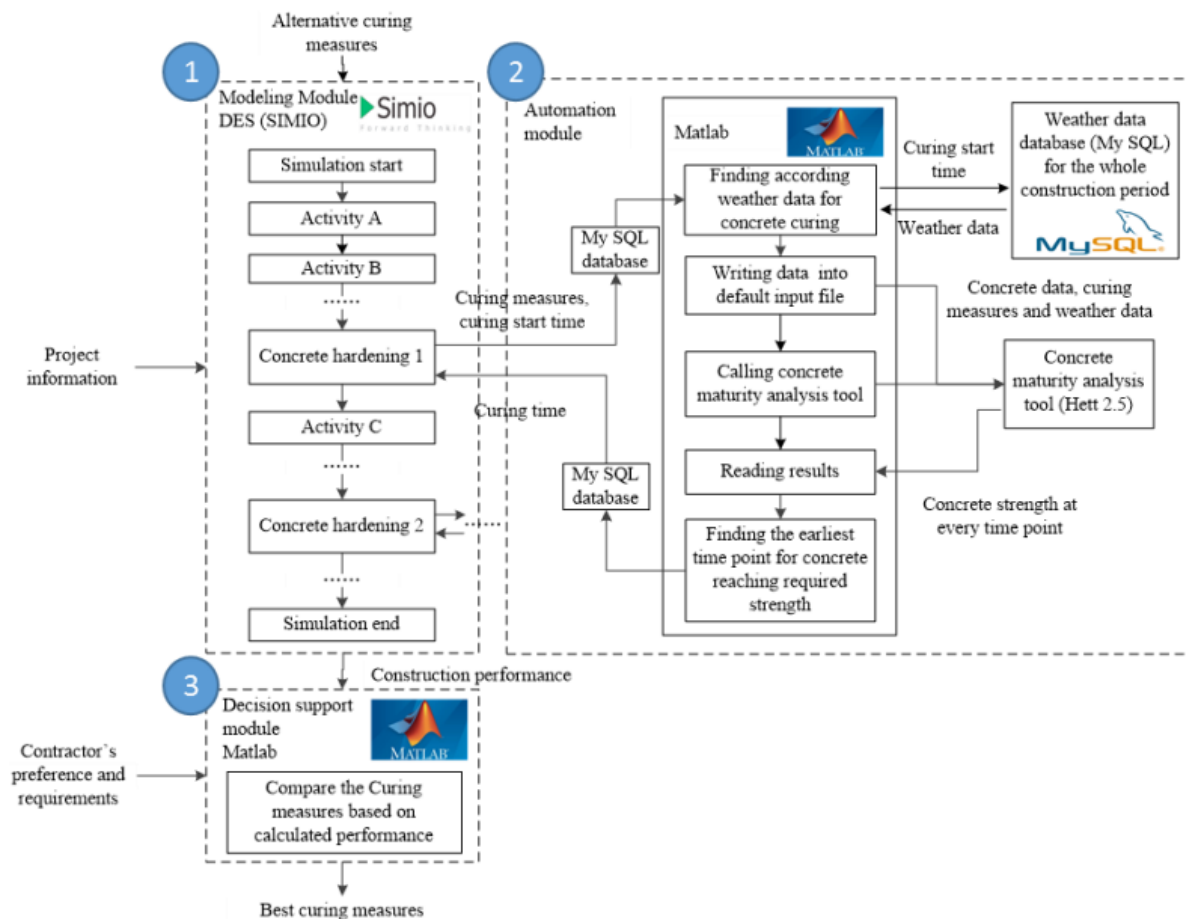
Exempel D) Prototyp III – Optimering av kostnad, tid och CO_{2eq}

Prototypen optimerar valet av härdningsbefrämjande åtgärder vid gjutning i kall väderlek med avseende på tid, kostnader och utsläpp av växthusgaser CO₂. Optimeringen hade karaktären av en s.k. multiobjektiv optimering där det går att finna flera optimala lösningar beroende vilken av målfunktionerna ovan (tid, kostnad eller CO₂) man vill optimera (minimera i detta fall).

Specifika lösningar när någon av målfunktionerna blir bättre samtidigt som de andra målfunktionerna blir sämre brukar benämnas Pareto-lösningar eller att en lösning ligger på s.k. Pareto-fronten. Prototypen utvecklades för att ta fram sådana kombinationer för att stödja tänkt platschef i sina beslut hur härdningsbefrämjande åtgärder väljs vid gjutning i kall väderlek. Figur A.6 visar schematisk skiss på prototypen med simuleringsmodul, härdningsmodul och beslutstödsmodul.

I projektet analyserades 192 alternativa scenarier vid en preliminär provkörning av prototypen. Det visade sig bl a att man kunde minska utsläpp av växthusgaser med upp till 70 % vid kallt klimat genom eftertänksamma val i stomdriften. Vid vissa förhållanden (temperatur/cementtyp/energimix) kunde det löna sig att gå upp i en högre hållfasthetsklass i stället för att värma formar (underifrån på bjälklag med infravärmare) och betongmassa.

En mer detaljerad redogörelse ges i artikeln “Concrete construction in cold climate: how to explore environmental and economic sustainability”, Chen et al. (2020)[7] och Chens avhandling², sept 2025 [17].



Figur A.6. Prototyp III – Multiobjektiv optimering av härdningsbefrämjande åtgärder vid gjutning i kall väderlek med avseende på kostnad, tid och CO2.

Reflektion

I projektet hade det varit logiskt och givande att direkt ta in någon av de fyra planeringsmetoderna och vidareutveckla denna så att den tillpassas in som projektets Prototyp.

Projektgruppen menade att ambitionerna då kunde bli för högt ställda innebärande stor risk att man inte når ända fram under projektiden. Dessutom bedömdes att en lösning som blir för komplex att nyttjas och skapar då svårigheter för implementering och möjligheter för att nå effektmålet. Den blir helt enkelt tämligen "användarovänlig".

² Chen, Shiwei (2025). SCM Concrete Construction: Economic and Environmental Performance Quantification, Optimisation and Uncertainty Analysis. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1956083/FULLTEXT02.pdf>

Projektgruppen valde istället att verktygsutformningen utformas till ett förenklat visualiserings- och analysverktyg där bakomliggande betongprognoser sker separat.

Likheter finns med planeringsmetoderna ovan, t ex läser de använda prognosprogrammen (samma som i exemplen) in väderdata från SMHI (alt Yr.no), därberäkningar sker med variation av förutsättningar, förslag av optimal lösning tas fram mötande stomdriftens takt, visualisering sker etc.

Bilaga B Utförande vintergjutning – inverkan klimatförbättring

B.1 Hållfasthet – vintergjutning och klimataspekter

Känt är att tryckhållfastheten är den betongegenskap som flitigast studerats för såväl hårdnande som hårdnad betong. Den är lätt att bestämma och ger information om många andra egenskaper men påverkas av flera faktorer: mängd och typ av cement och andra bindemedel, vattencementtal, tillsatsmedel, temperatur- och fuktförhållanden samt inte minst av storlek, geometri och lagringsförhållanden hos provkroppar.

Vid stombyggnad är vetskap om tryckhållfasthetens tillväxt i tidig ålder en förutsättning för att exempelvis undvika tidig frysning, säkerställa kontrollerad formrivning och andra moment samt att fastställa tid för glättning och annan ytbehandling. Detaljering sker nedan.

Hållfasthetsutveckling

Information om hållfasthetstillväxt i tidig ålder är en förutsättning för att undvika tidig frysning, säkerställa kontrollerad formrivning och andra moment, som att fastställa tid för glättning och annan ytbehandling av golv. Hållfasthetsutvecklingen ger indikation om hydratationsförlopp; kärnparametern vid sprickriskanalyser och uttorkningsprognoser.

Tryckhållfastheten är den betongegenskap som flitigast studerats för såväl hårdnande som hårdnad betong. Den är lätt att bestämma och ger information om många andra egenskaper. Den påverkas av flera faktorer: betongsammansättning, temperatur- och fuktförhållanden samt inte minst av storlek, geometri och lagringsförhållanden hos provkroppar.

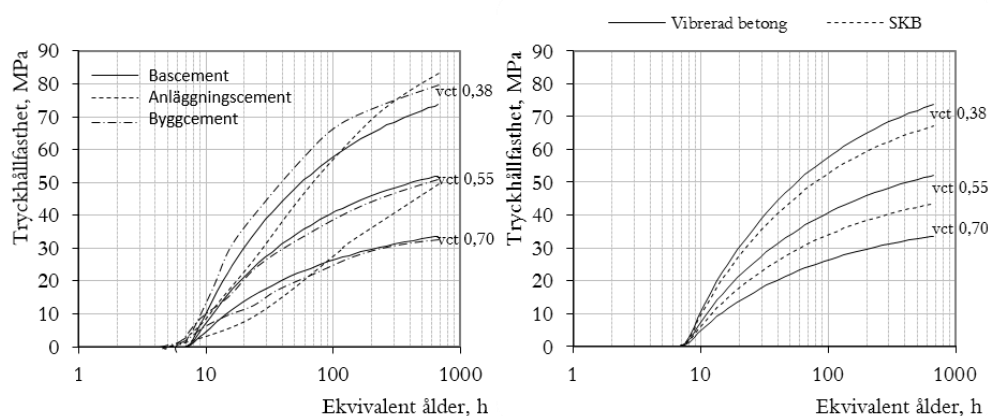
Vid mycket tidig ålder sker tillväxten långsamt för att därefter övergå till en snabb ökning följt av en efterföljande period med långsam tillväxt – redan inom några dygn. Betongsammansättning och konsistens (t ex om SKB är fallet) påverkar tillväxthastigheten tydligt, se figur B.1. Med moderna bindemedelskombinationer påverkas även starttiden, dvs direkt efter öppethållandetiden.

Temperaturen har som bekant en stark inverkan på hållfasthetsutvecklingen. Temperatureffekten modelleras med beta-faktorn β_T (även nämnd mognadsfaktorn K_T i certifieringskurser för handberäkningstabeller); för temperaturer över 20 °C är den tydligt större än 1, för temperaturer under 20 °C är den markant mindre än 1, se figur B.2. Det senare har en intressant negativ påverkan vid gjutning i kall väderlek och en viss osäkerhet finns beträffande faktorns värde vid temperaturer ner mot 0 °C. Med välanpassad β_T -funktion tas ekvivalent mognadstid, t_{20} (t_{ekv}), fram och hållfastheten kan fås från tendenskurvorna för aktuell kvalitet, (figur B.1, se även t ex Betonghandbok M – kap 9 och diverse produktblad). Så sker i prognosprogrammen.

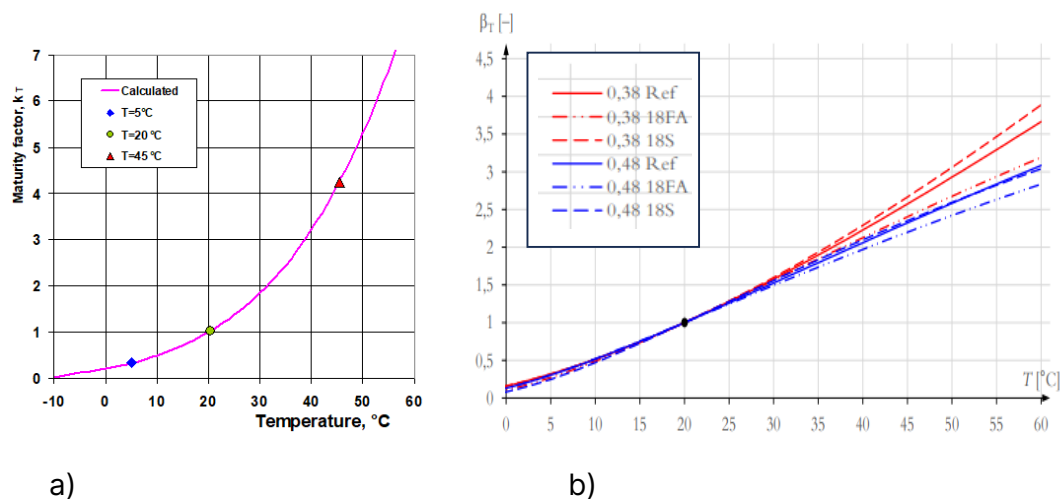
Välkända åtgärder vid vintergjutning går ut på att bibehålla färska betongens temperatur så att hydratationen kan starta och tidigt ge den fördelaktiga

temperaturhöjningen och en hälsosam fortsättning av härdningen. En tidig avkyllning kan, som alla vet, vara förödande; temperaturfaktorn går ned mot noll, ingen hydrataion sker och i slutändan ingen temperaturutveckling.

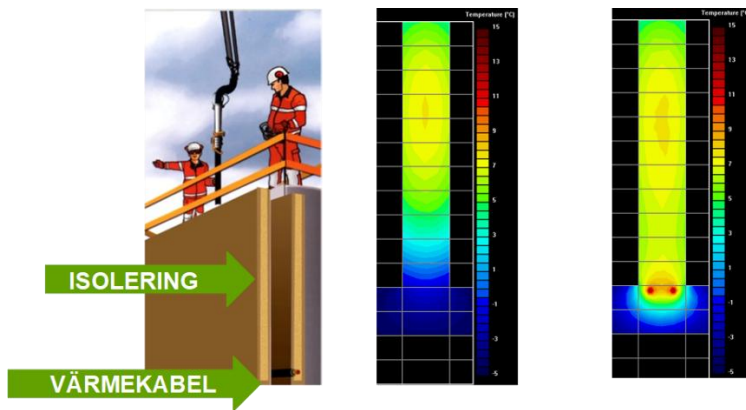
Hänsyn bör således tas till eventuella avkyllningseffekter vid planering av gjutning vintertid. Exempelvis kan hörn av plattor utgöra ett problem liksom urtagningar för fönster i väggar, hörn av väggar etc. Figur B.3 visar ett skolexempel på den kanske mest kritiska, och mest omtalade, avkyllningen i en väggs nederdel mot underliggande platta. Det är effektivt att gjuta in värmeslingor.



Figur B.1. Hållfasthetstillväxt som funktion av ekvivalent ålder, (tendenskurva), a) effekt av bindemedel (ca 10 år gamla) och vct b) effekt av vibrerad betong alternativt SKB. (Obs. äldre betonger – liknande beteende finns idag).

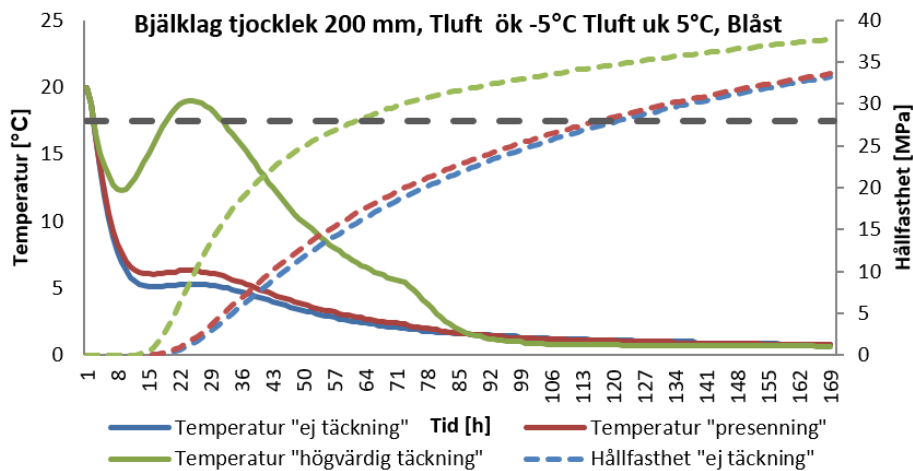


Figur B.2. Temperaturkänslighetsfaktorn β_T (k_T) påverkande hydrationshastighet a) för stombyggnadsbetong (äldre Byggcement), b) betong för anläggningstillämpningar (AnIFA med tillsats av slagg resp flygaska). Obs. olika känsligheter – trots olika skalor.



Figur B.3. Gjutning av vägg i kallt klimat (-5 °C): avkylningseffekt i väggs nederdel från den kalla plattan (0 °C) och hur denna kan motverkas genom värmeslingor i plattan (eller vägg). Väggtopp är också isolerad. Presentationsmaterial baserat på HETT22 beräkningar, från HM Betong.

Hur hållfasthetstillväxten påverkas i ett bjälklag vid kallt väder om man vidtar åtgärder eller inte visas i figur B.4. En högvärdig täckning ger en hälsosam tillväxt som är dubbelt så snabb som om man inte gör något eller endast lägger på en presenning, vilket förstärkt inte tillför någon nämnvärd isolering.



Figur B.4. Gjutning av bjälklag, inverkan av täckning på temperatur och hållfasthet vid gjutning i kallt klimat. Beräkningar med HETT 11 (förlaga till HETT 22).

Reflektion

Med tillgängliga prognosverktyg för hållfasthetstillväxt, t ex HETT22 och PPB, kan prognoser enligt ovan enkelt utföras. Standardparametrar för tendenskurvor och temperaturfaktorer finns och det är möjligt att själv ge egna indata. Egenkontroll av proceduren rekommenderas och för exakt framtagning av tendenskurvor och temperaturkänslighet är egna försök lämpliga, speciellt när nya klimatförbättrade betonger ska användas.

Flera mätsystem för hållfasthetsuppföljning i konstruktionen baseras på omräkningsfaktorerna och processen ovan. Även här är det av värde att kontrollera hur

parametrarna för mätsystemen är framtagna och att de verkligen representerar den betong som används samt om parametervärdena är desamma som används vid eventuella förprognoser. I BI Distant, ett av de tillgängliga mätsystem, baseras på materialdata som är identiska med de i HETT22. I HETT22 kan även mätdata läsas in för beräkning av hållfasthetstillväxt vid uppföljning.

Materialparametrar för klimatförbättrade betonger tas fram kontinuerligt. Med korrekt utförda prognoser och uppföljningar studeras effekter på hållfasthetsutveckling och relateras till eventuella adderade behov av åtgärder vid exempelvis vintergjutning. Gynnsamma hållbara lösningar erhålls.

B.2 Fenomenbeskrivning

Tidig frysning

Det är således den tidiga hållfasthetstillväxten som styr risken för tidig frysning - om betongen inte har uppnått tillräcklig strukturuppbyggnad vid avkylning under fryspunkten fås bestående skador. Skadorna blir logiskt mindre ju längre tid betongen fått härda vid plustemperaturer före frysningen och betongen når ganska snabbt en härdningsgrad då den inte längre skadas av nedfrysningen - betongen har blivit *frostsäker* (Betonghandbok Material - kap 9). Som nämnts i handboken får inte detta fenomen förväxlas med frostbeständighet, dvs den hårdnande betongens motståndskraft mot upprepad frysning och tining under lång tid.

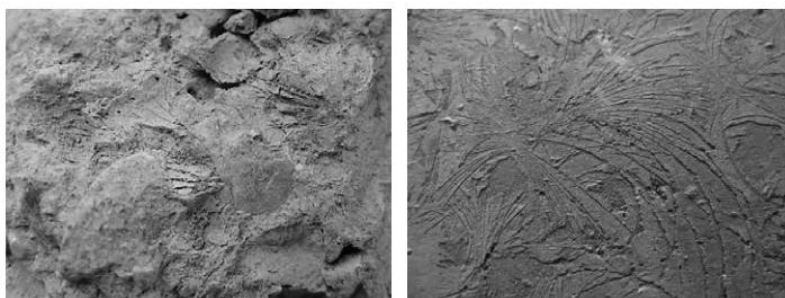
Skador av tidig frysning är tämligen väl undersökta på äldre typer av betonger: reduktion av hållfasthet, förändring av elasticitetsmodul, försämrad täthet etc. Sprickbildning kan förekomma. Det är hållfasthetsförlusterna som konstateras vara mest kritiska - de kan bli stora och blir *inte* mindre vid lägre vbt, dvs en starkare betong, och inte heller vid kortare längd på nedfrysningen.

Stora frysskador kan de ses som avtryck av islinser, se figur B.5. Mycket allvarliga konsekvenser av tidig frysning har förekommit i Norden och på annat håll - bl. a. några fall av kollaps av hela bärverk.

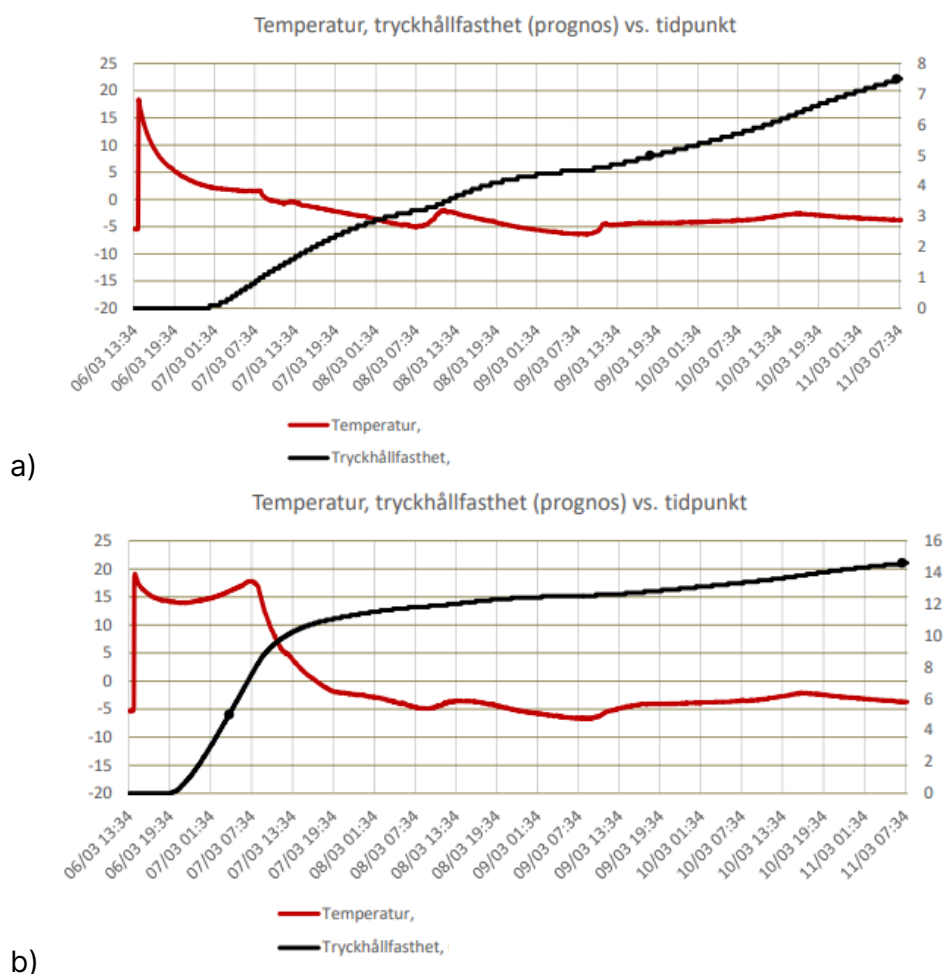
Det behövs således tillräcklig sk förhärdning av betongen innan den tillåts passera fryspunkten, dvs "nollan". Ofta nämns tillräcklig härdningstid i olika sammanhang men i de flesta undersökningarna har valts hållfasthet som ställföreträdande parameter för bestämning av förhärdningen. Slutsatser från äldre studier (givetvis inte på klimatreducerad betong) har gett hållfasthetsmedelvärden på 3 - 4 MPa innan frysning tillåts ske. Andra nyare undersökningar ger samma indikationer och i den svenska utförandestandarden SS-EN 13670 ges värdet 5 MPa, dvs med en viss säkerhetsmarginal.

Låg vattenhalt i porer sägs lindra fenomenet - men det konstateras ju att betongen inte har torkat nämnvärt i det tidiga skedet. Viktigt är däremot en omvänd betraktelse: härdning i fuktig miljö eller med vattentillförsel *förlänger* markant den erforderliga förhärdningstiden. Därför ska inte vattenhärdning ske vid temperaturer nära nollan eller strax under.

Det är således det allra tidigaste skedet av härdning som är intressant i sammanhanget. Kommer inte hydratationen igång kan betongtemperaturen snabbt gå ned och snabbt nå "nollan" – speciellt om gjuttemperaturen av någon anledning varit låg. Någon nämnvärd hållfasthetstillväxt sker inte – mognadsfaktorn (β – faktorn) är i stort sett noll – och vi får ett kritiskt läge med hållfasthet tydligt under 5 MPa vid fryspunktpassage, se t ex exempel i figur B.6a med snabb avkylning från gjuttemperatur att jämföra med en något mer fördelaktig temperatur- och hållfasthetsutveckling i figur B.6b där hållfasthetstillväxten är tillfredställande.



Figur B.5 Iskristaller i härdnad betong bildade vid tidig frysning, från Betonghandbok Material, kap 9



Figur B.6 Temperaturuppföljning vid gjutning av valv och framräknad hållfasthetsutveckling (mätsystemet baserat på inmätta mognads-/hållfasthetsparametrar), a) situation med risk för tidig frysning, b) fall där frysrisk undviks. Ungefär samma gjuttemperatur, 20 °C, i båda fallen.

Hantering stödjande väggformar

I formhanteringsammanhang diskuteras då och då vilken hållfasthet som är nödvändig för att kunna demontera stödjande väggform. Relatering sker oftast till det väldefinierade fallet fritt stående vägg på platta utsatt för vindlast. Olyckligt förekommande stötar och dylikt under själva formrivningen nämns även. Det handlar om att motstå sidokrafternas framkallning av böjande moment i väggens bas eller annat kritiskt snitt, se t ex figur B.7 visande situationer av tippande vägg där två kritiska snitt definieras, Vinterbetong³ (1999)[18]. I kompendiet nämns att "en fallande vägg är livsfarlig" och "ett begynnande fall är svårt att se eftersom hastigheten är låg i början och det är svårt att hålla uppsikt alla nyss avformade väggar" – viktiga iakttagelser!

I kompendiet nämns även andra skador; lossnande ingjutningsgods, kant- och hörnskador, lösa ytskikt – indikerande på mycket låga betonghållfastheter och stora tipp-risker, se figur B.8. Mörk färg på betongyta, t ex lokalt i väggs nederdel, pekar på mycket låg hållfasthet – alltför låg.

Momentkapaciteten i väggen beror på samverkan mellan betongens tryck- (framförallt denna) - och draghållfasthet i väggbasen samt vidhäftning mot den uppstickande armeringen. Faktiskt kan ett övre snitt med eventuell lägre armeringsmängd vara dimensionerande trots ett lägre böjmoment av vind i jämförelse med basen med större armeringsmängd och större påverkande moment.

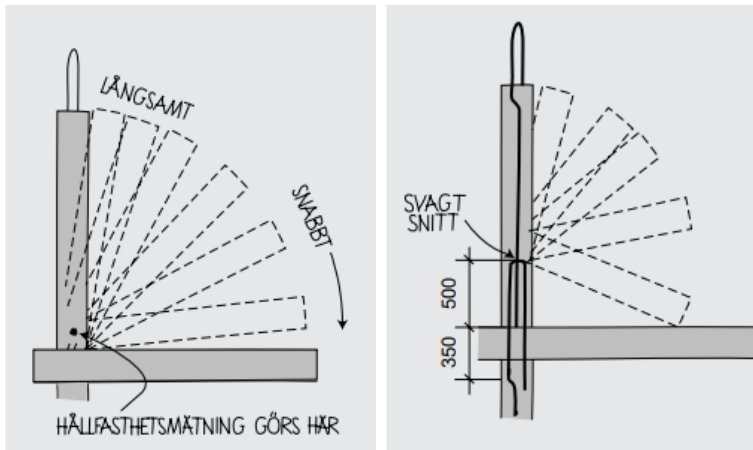
I en sådan bedömning ingår även att beakta att hållfasthetsutvecklingen kan vara långsammare i väggens bas eftersom avkylning sker mot plattan.

Undersökningar av tippmotstånd har utförts i Sverige långt tillbaka, Figur B.9. Det konstaterades då, och även i senare studier, att betonghållfastheter över 4- 5 MPa ger en god säkerhet mot väggtippning. I utförandestandarden anges därför 5 MPa.

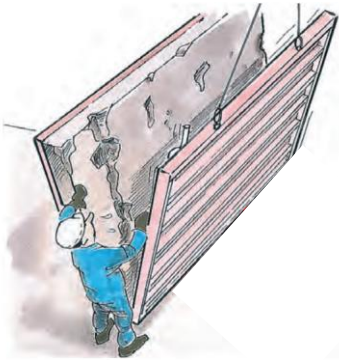
Det skulle vara av värde att göra om dessa tippstudier för några av dagens standardutformningar av vägg-bjälklaganslutningar.

Det inses att gjutningar av flera väggar längs efter varandra där riktningsändringar förekommer innebär en självstabilisering, figur B.10. Vägg i 90 grader mot en annan vägg ger hundraprocentig stabilisering mot tippning,

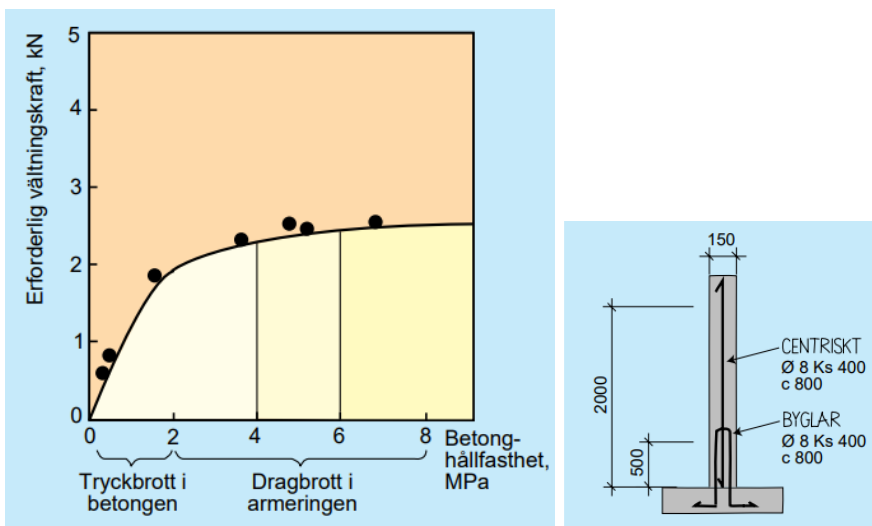
³ <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/5562516/4175109.pdf>



Figur B.7. Risk för fallande vägg vid avformning, från Vinterbetong (1999) [18]



Figur B.8. Lossnande ingjutningsgods, kant- och hörnskador, ytskador vid formrivning (lättning av form), från Vinterbetong (1999) [18]



Figur B.9. Fullskaletester av vägg där vältningskraft ansatts i väggens hjässa, från Vinterbetong (1999) [18], (Samuelsson (1983) [33])

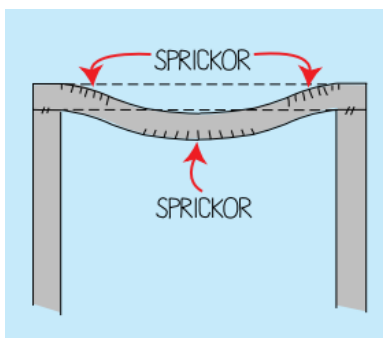


Figur B.10. Väggsektioner som är självstabiliserande efter formdemontering. Formstöd före gjutning finns alltid (från PERI)

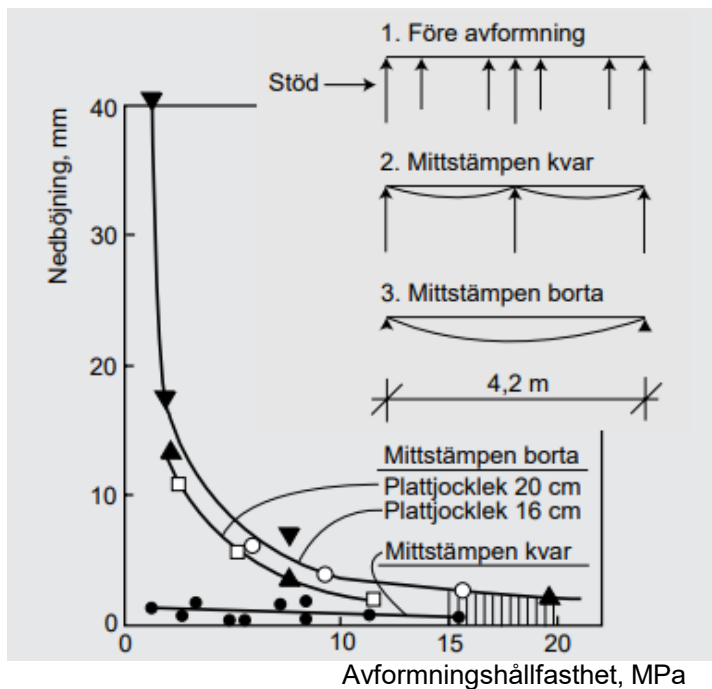
Hantering bjälklagsformar

Bjälklagshantering är något mer komplex jämfört med väggsituationen eftersom dessa bärande formar inbegriper fler moment än för den stödjande väggformskonstruktionen: demontering av bärande bjälklagsform och bockryggar, montering stämp och deras hantering etc. Alternativ med kvarsittande form, dvs plattbärlag, förekommer vilket ger andra förutsättningar.

Nedböjningen är fokusparametern. Stora nedböjningar kan medföra sprickbildning och risk för bristfällig beständighet, figur B.11. Spackling kan vara nödvändig. Spännvidden har logiskt stor inverkan på erforderlig avformningshållfasthet. I Vintergjutning (1999) [18] ges exempel på äldre undersökning visande nedböjning som funktion av stödutformning före avformning och två varianter efter avformning; en med mittstämp kvar, figur B.12. Tydliga effekter ses av mittstämp och hållfasthet på nedböjning – intressanta iakttagelser som borde bekräftas av nya undersökningar!



Figur B2.7 Nedböjning vid demontering av bjälklagsform, från Vinterbetong (1999) [18]



Figur B.12. Fullskaletest vid demontering av bjälklagsform – effekter av stödutformning, bjälklagstjocklek och hållfasthet, Samuelsson (1983) [33], från Vinterbetong (1999) [18]

Det är således egentligen styvheten man är ute efter för att kontrollera nedböjningen, dvs elasticitetsmodulen. För enkelhetens skull relateras denna till hållfasthet. I dagens utförandestandard anges styrande krav på hållfasthet som 70 % av nominellt dimensionerande hållfasthet, dvs exempelvis 21 MPa vid en konstruktivt vald betong C25/30.

Till ett sådant kriterium kan även ställas krav på hållfasthet för att kunna montera väggformsstöd för ovanliggande våning efter bjälklagsgjutningen. Beroende på förankringsmetod förekommer här värden på mellan 5 MPa och 10 MPa som ska uppnås långt tidigare än den styrande 70 % - hållfastheten.

B.3 Initialt låga temperaturer - effekter

Det inses att hydratationens påverkan av temperaturpåverkan är väsentlig för fenomenen ovan. Det är tämligen självklart att denna är ansenlig – temperaturen påverkar alla kemiska processer. Kännetecknen för betonghydratationen är den stora inverkan i tidiga skeden.

Beträffande temperaturnivå i betongmassan observeras att redan under transport och hantering av betongen på byggarbetsplats kan en tidig avkylning ske. Är omgivningens och utrustningens temperatur mycket låg kan nedkylningen uppgå till 7 °C. Det rekommenderas därför att snabba på hanteringen av den färska betongen vintertid.

Därefter finns risk för avkylning av oskyddad betong i form, speciellt vid gjutning av horisontella ytor och blåsigt väder, se figur B.13 och B.14.

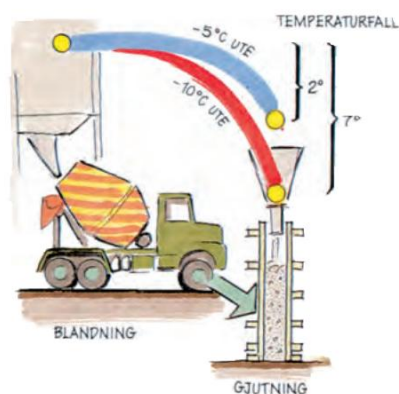
Låg temperatur påverkar starkt bindetiden, dvs hydratationens starttid - betongen kommer i gång betydligt senare, figur B.15a. Under tiden kyls betongmassan ned.

Man kan således ha tappat viktig inneboende lagrad energi hos betongmassan redan innan ens den kemiska processen har satt i gång.

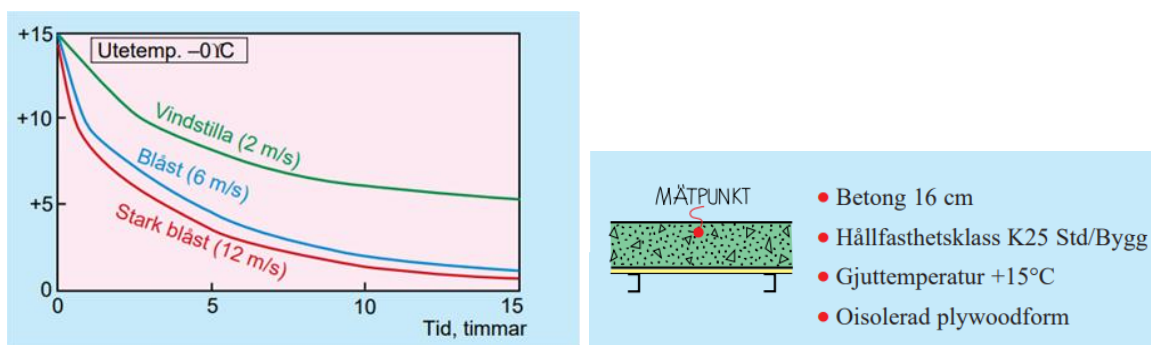
Därefter påverkas hydrationshastigheten starkt av temperaturnivån. Man kan aldrig upprepa för många gånger hur stor temperaturfaktorn (β_T , K_T) verkligen är. Det handlar alltså om 50 % högre hastighet vid en tiogradig temperaturhöjning från 20 °C och vid 40 °C är hydrationshastigheten 200 % högre, figur B.15b. Mer intressant för stombyggande är observationen att hastigheten halveras vid en tiogradig temperatursänkning och ca 1/4 vid 5 °C – situationer som mycket lätt kan inträffa under vinterhalvåret.

Exemplet i figur B.15b visas att klimatförbättring – här med drygt 15 % slagg eller flygaska i en anläggningsbetong – inte nämnvärt påverkar temperaturkänsligheten. Detta är inte alltid helt säkert.

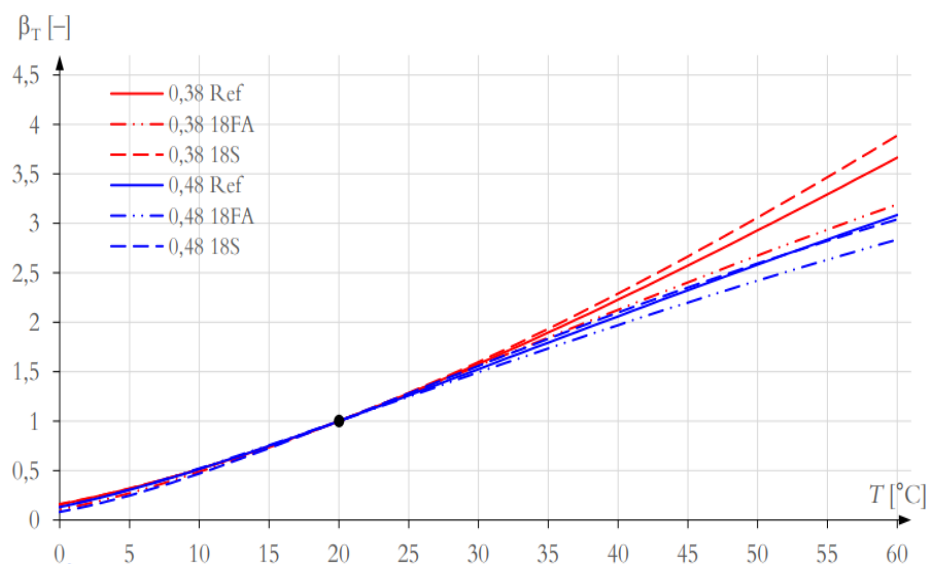
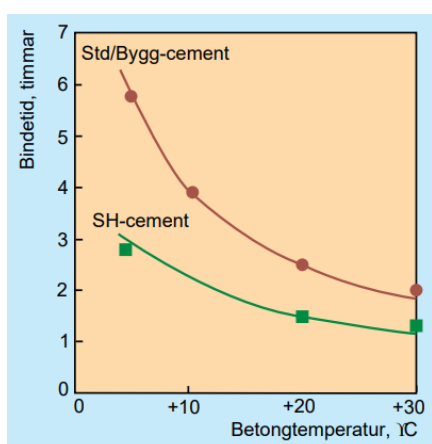
Flera faktorer påverkar känsligheterna ovan - inte alla är relaterade till strävan av klimatförbättringar hos betongen. Förändring av konsistensklass har en känd påverkan liksom inverkan av accelerator- alt. retardertillsättning.



Figur B.13. Avkylning av betongmassa under transport och hantering, från Vinterbetong (1999) [18]



Figur B.14. Avkyllning av betongmassa av oskyddad betong, från Vinterbetong (1999) [18]



Figur B.15. a) Bindetid (tillstyvnadstid), inverkan av betongtemperatur, från Vinterbetong (1999), b) mognadsfunktion; temperaturfaktorn (β_T , K_T), Anl FA med tillsättning 18 % flygaska resp slagg, två vbt, från Nilsson et al (2024) [25]

B.4 Låga härdningstemperaturer - åtgärder

Om det finns anledning att misstänka försenad och långsam hållfasthetstillväxt – innebärande betänkligheter kring någon av effekterna ovan – måste åtgärder vidtas.

I diverse handböcker (och läroböcker) listas en uppsjö av åtgärdsförslag att utvärdera tidigt i planeringen, dvs i förplaneringsskedet. I kompendiet Vinterbetong listas exempelvis ett smörgåsbord, se figur B.16. Även om några är något otidsenliga i dagens byggande – kan de tjäna som första utgångspunkt i byggarbetsplatsens planering utifrån förutsättningar, traditioner o dyl samt framförallt utifrån den tänkta byggprocessen.

Initialt sker företrädesvis ett klargörande om risken för ofördelaktiga gjutförhållandesituationer alls kan uppträda genom bedömningar och enkla prognoser med tillgängliga beräkningsprogram.

- Snabb täckning av bjälklag
- Isolerade vägg- och pelarformar
- Värmetillförsel till underdelen av väggar och pelare
- Täckning av vägg- och pelartoppar
- Isolering av bjälklagskanten
- Inga vattenreducerande, retarderande tillsatsmedel
- Välisolerad väggform
- Värmeisolerad bjälklagsform
- Höjd betongkvalitet
- SH-cement
- Strålningsvärme
- Värmning med ingjutna trådar
- Värmning med byggtork
- Varmskjul
- Varmbetong upp till +30°C



Figur B.16. Lämpliga vinteråtgärder och exempel på intäckning plan, från Vinterbetong (1999) [18]

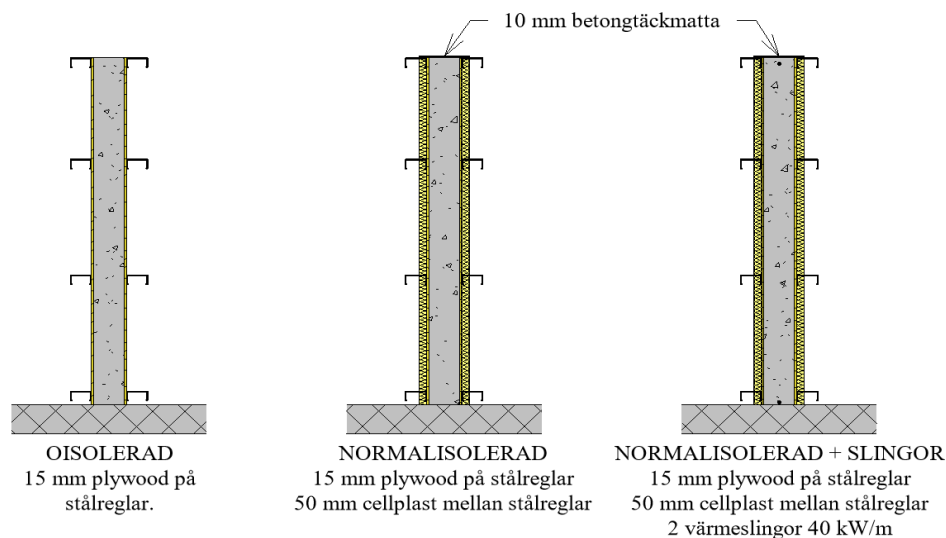
B.5 Prognoser i olika skeden – förberäknade typfall

Planeringen för vinteråtgärder kan således enkelt göras i samband med aktuellt projekt genom prognoser eller varför inte baserat på tidigare projekt genom att en erfarenhetsbas har byggts upp. Resultat presenteras företrädesvis i någon form av tabell – ett inarbetat förfaringssätt hos några betongleverantörer och entreprenörer.

Inom projektet har ett dyligt underlagsexempel tagits fram för fallet vägg gjuten på platta, se figur B.17. Liknande underlag kan givetvis tas fram för bjälklagssituationer. Resultat från dylika beräkningar betraktas som första indikationer vid tidig planering, vid eller innan förprojekteringen

Väderleks- och gjutförutsättningar, formtyp och klimatförbättringsnivå betong varierades i exemplet. Ett par åtgärder studerades; formisolering och en variant av ingjutna elslingor. Inmätta materialparametrar för aktuella betonger nyttjades. Grad av åtgärdsbehov noteras genom färgindikering.

I exemplet genomfördes drygt 600 beräkningar med HETT22 och gav vägledning över vilka situationer som klimatförbättrade betonger är gångbara utan åtgärder, Bilaga C.



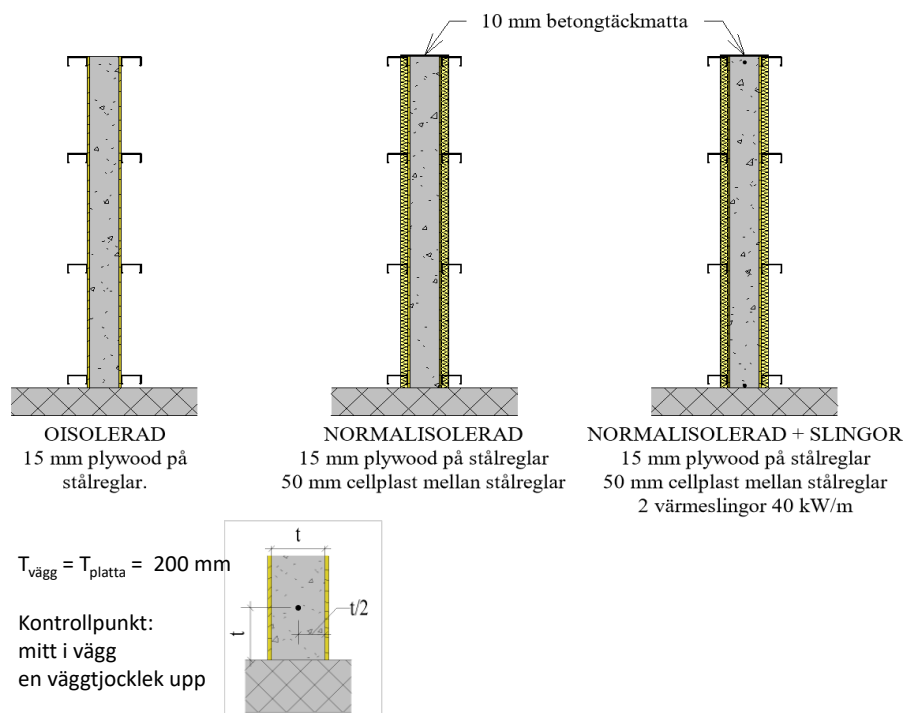
Figur B.17. a) Vägg på platta – generell simulering av temperatur- och hållfasthetsutveckling m h t formhantering, se bilaga C.

Bilaga C Prognoser vintergjutning – formrivning vägg

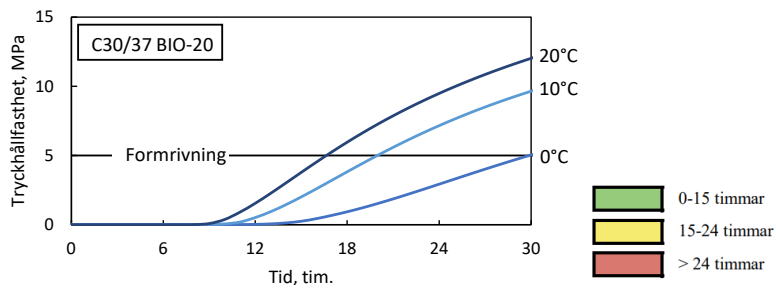
Inom projektet har tagits fram ett exempel på underlag som första indikation vid tidig planering för fallet vägg gjuten på platta med variation luft- och gjuttemperatur och vind för en betongkvalitet med olika grader av klimatförbättring. Indikationer erhöles om vid vilka situationer enklare åtgärder kan vidtas t ex elslingar. Figur C.1 och C.2 visar förutsättningar och figur C.3 demonstrerar exempel på inverkan på betong för en gjut-/härdningssituation. Figur C.3 visar att för betong C30/37 BIO-10 uppnås formrivningsvillkoret redan efter 16 timmar medan för betongen BIO-40 är formrivningstiden över 30 timmar. Drygt 600 beräkningar utfördes - resultat presenteras i figur C.4 – C.6.

Beräkningarna har utförts med vägg tjockleken 200 mm som gjuts på 200 mm bjälklag. I samtliga fall har det antagits att bjälklaget har samma temperatur som utomhustemperaturen. I fallen då utetemperaturen understiger 5°C har det däremot 5°C ansatts som starttemperatur i bjälklaget.

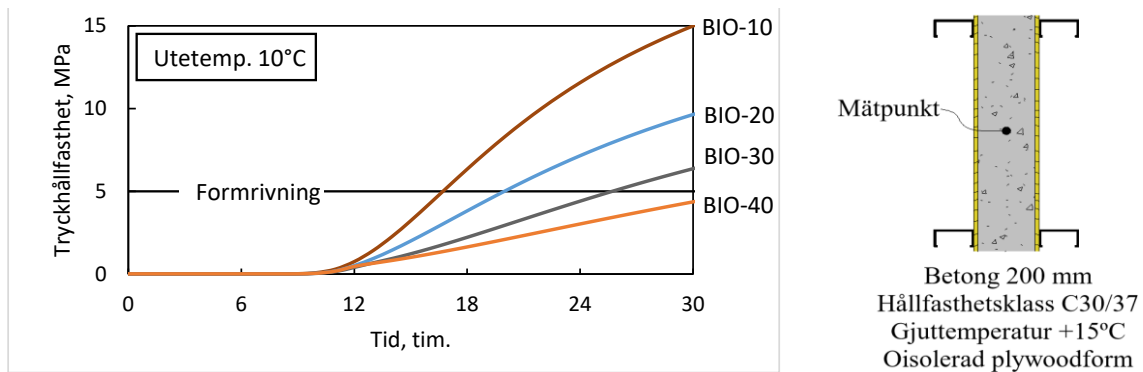
Figur C.6 visar resultat från simulering av väggjutning med normaliserad form och två värmeslingor med en effekt motsvarande 40 kW/m. Den undre slingan har placerats i centriskt i underkant av väggen, 10 mm ovan befintligt bjälklag och den övre slingan har placerats centriskt i väggen och 100 mm från överkant.



Figur C.1. Vägg på platta, HETT22-simulering - förutsättningar $T_{\text{bjälklag}} = T_{\text{luft}} ; = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ vid $T_{\text{luft}} < 5 \text{ }^\circ\text{C}$, klimatreducerad betong BIO 20 – 40 % jfrt m referensbetong.



Figur C.2 Vagg på platta, HETT22-simulering- färgindikering för tid då 5 MPa har uppnåtts, schematiskt illustrerat.



Figur C.3. Exempel prognos vid variation klimatförbättring för betongkvalitet C30/37 med olika grader av klimatförbättring.

Uteluftstemp.	T _{btg}	C30/37			
		BIO-10	BIO-20	BIO-30	BIO-40
20°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
15°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
10°	25°	Green	Yellow	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
5°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
0°	25°	Yellow	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-5°	25°	Yellow	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-10°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-15°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-20°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red

Uteluftstemp.	T _{btg}	C30/37			
		BIO-10	BIO-20	BIO-30	BIO-40
20°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
15°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
10°	25°	Green	Yellow	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
5°	25°	Yellow	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
0°	25°	Yellow	Red	Red	Red
	20°	Yellow	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-5°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-10°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-15°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-20°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red

Figur C.4. Sammanställning prognoser för vind = 2 m/s (överst) respektive 7 m/s (nedre). Oisolerad form, inga åtgärder.

Uteluftstemp.	T _{btg}	C30/37			
		BIO-10	BIO-20	BIO-30	BIO-40
20°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
15°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
10°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
5°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
0°	25°	Green	Green	Yellow	Red
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-5°	25°	Green	Yellow	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
-10°	25°	Green	Yellow	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
-15°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-20°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red

Uteluftstemp.	T _{btg}	C30/37			
		BIO-10	BIO-20	BIO-30	BIO-40
20°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
15°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
10°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
5°	25°	Green	Green	Yellow	Red
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
0°	25°	Green	Yellow	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-5°	25°	Green	Yellow	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
-10°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-15°	25°	Green	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-20°	25°	Red	Red	Red	Red
	20°	Red	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red

Figur C.5. Sammanställning prognoser för vind = 2 m/s (överst) respektive 7 m/s (nedre). Normaliserad form, inga åtgärder.

Uteluftstemp.	T _{btg}	C30/37			
		BIO-10	BIO-20	BIO-30	BIO-40
20°	25°	Green	Green	Green	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
15°	25°	Green	Green	Green	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
10°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
	15°	Green	Yellow	Yellow	Red
5°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
0°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-5°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-10°	25°	Green	Green	Yellow	Red
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-15°	25°	Green	Green	Yellow	Red
	20°	Green	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
-20°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red

Uteluftstemp.	T _{btg}	C30/37			
		BIO-10	BIO-20	BIO-30	BIO-40
20°	25°	Green	Green	Green	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
15°	25°	Green	Green	Green	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
	15°	Green	Yellow	Yellow	Yellow
10°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Green	Yellow	Yellow
	15°	Green	Yellow	Yellow	Red
5°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Yellow	Red
0°	25°	Green	Green	Yellow	Yellow
	20°	Green	Yellow	Yellow	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-5°	25°	Green	Green	Yellow	Red
	20°	Green	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Yellow	Red	Red
-10°	25°	Green	Green	Yellow	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Yellow	Red	Red	Red
-15°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Red	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red
-20°	25°	Green	Yellow	Red	Red
	20°	Yellow	Yellow	Red	Red
	15°	Red	Red	Red	Red

Figur C.6. Sammanställning prognoser för vind = 2 m/s (överst) respektive 7 m/s (nedre). Normaliserad, värmeslinga på befintligt bjälklag (figur C.1).

Bilaga D. 3D prognoser temperatur hållfasthet – vägg, bjälklag

Av intresse vid vintergjutningssituationer är att få en uppfattning om avkylning i tredje riktningen i byggnadsdelar och eventuellt de menliga effekter denna kan medföra. Vägg-gavlar, bjälklagshörn och kanter är typiska situationer där 3D avkylning sker. Beräkningar med prognosprogram för betonghårdning på marknaden, sker nästan uteslutande i 2D för förutbestämda typfall – så det kan finnas ett intresse.

I detta SBUF-projekt har fri vägg på platta, vägg på platta mot annan vägg samt bjälklag gjutet på väggar studerats med FE-programmen Abaqus och Comsol. Båda innehåller samma modeller för temperatur och hållfasthetsutveckling som HETT22. Indata är desamma.

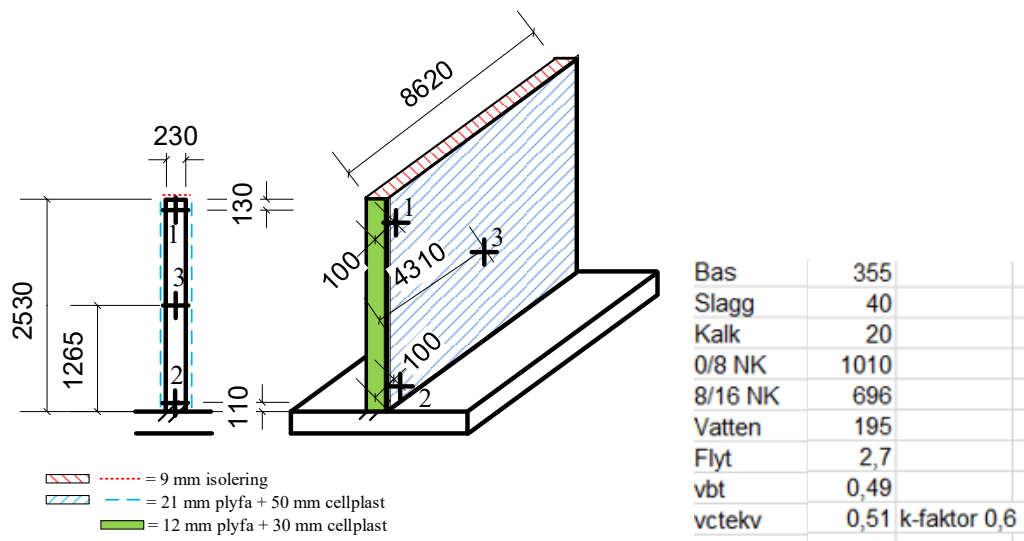
3D-effekter kan studeras för andra tillämpningar, infrastruktur osv, där de är ofta förekommande. Även inom uttorkningsområdet är det möjligt att utföra 3D beräkningar med Comsol.

D.1 Vägg på platta – analys Abaqus

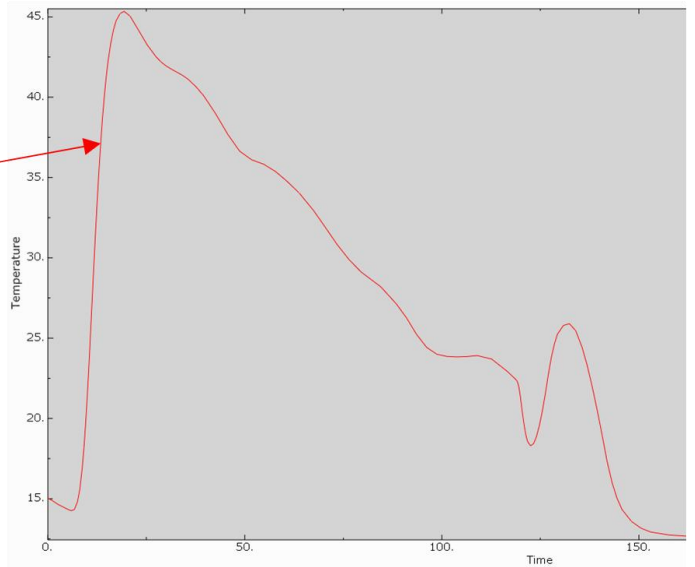
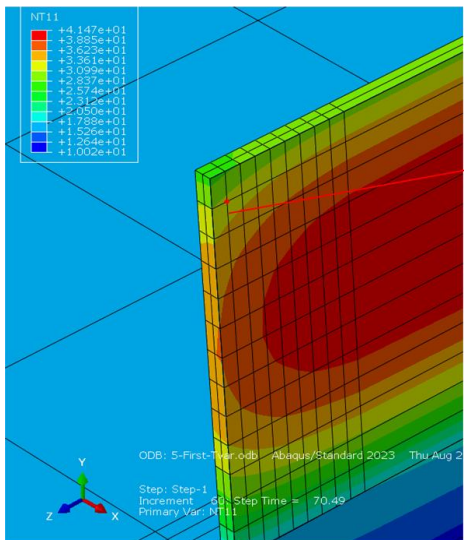
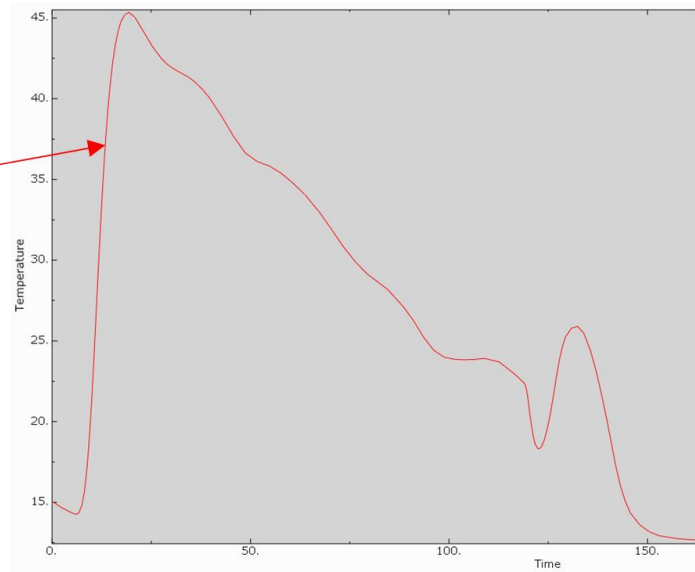
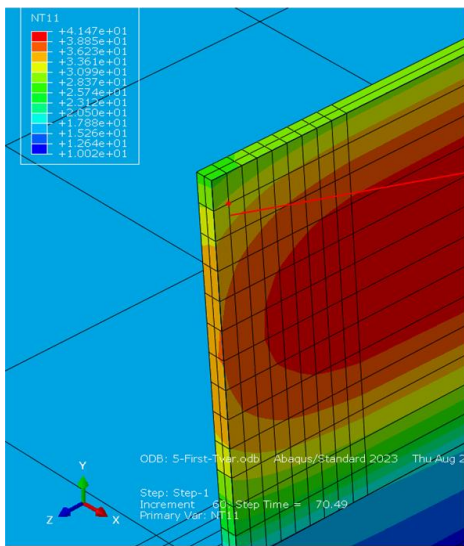
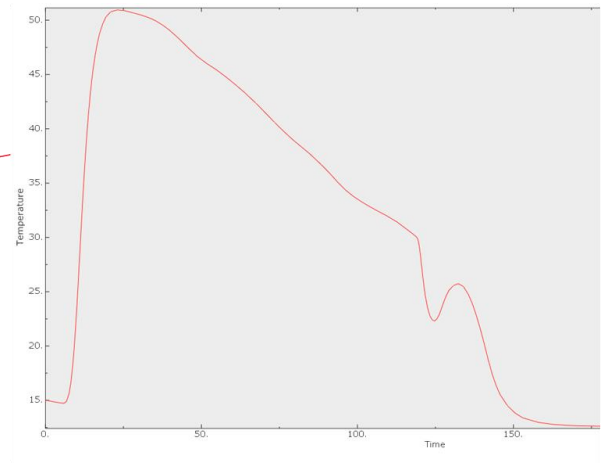
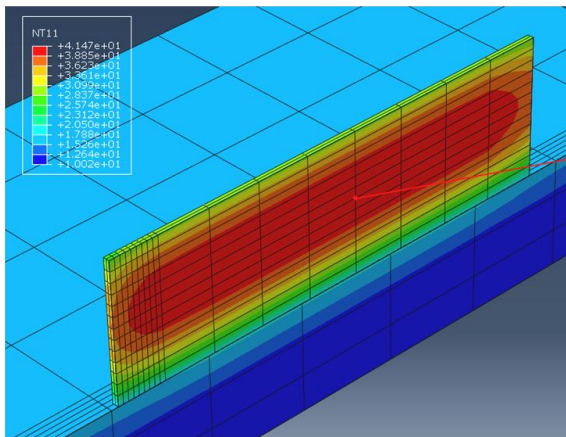
Fri vägg på platta analyserades med förutsättningar och resultat enligt figurer D.1 – D.3.

Resultat i figur D.2 jämförs med mätningar vid projekt Skellefteå för samma förhållanden och betong (inmätt vid LTU), figur D.3. Det observeras en påverkan i tredje riktningen på vägg-gavel, topp respektive nedre del på en sträcka av ca 0.2 m, 0.3 m respektive 0.4 m från gaveln. Högsta temperaturer vid position för aktuella givare var ca 5 °C (övre hörn) respektive 13 °C lägre (nedre hörn än motsvarande den som har beräknats i väggens mitt-del. Skillnader mot mätningar är mycket stora vilka eventuellt kan ha berott på påverkan av mätenhet från inkommande solbestrålning.

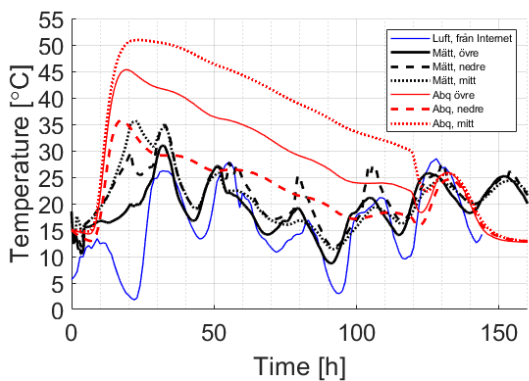
För lägre lufttemperaturer visar isoleringen i gaveln och väggtopp ge tillräcklig isolering för att undvika tidig frysning. Detta bekräftas av mätningar på bygget. Avkylning mot underliggande platta vid lägre temperaturer kan motverkas genom iläggning av värmeslinga. Temperatur hos motgjutning ska enligt kriterier vara > 5 °C.



Figur D.1 Förutsättningar beräkning enligt Abaqus. Temperaturfall enligt mätningar figur D.2, dvs gjuttemperatur av 15 °C och varierande lufttemperatur första dygnet 7 till 13 till 2 °C.

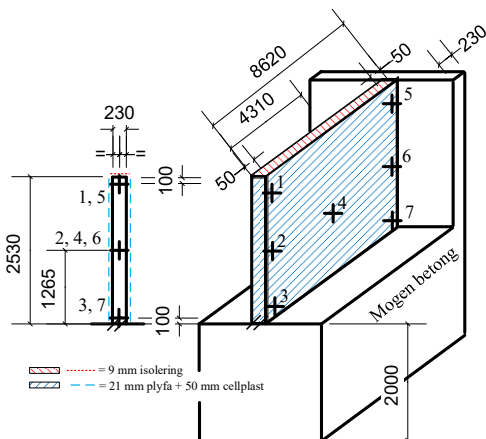


Figur D.2. Beräkningar temperaturer Abaqus: fördelning vid ca 1 dygn och utveckling med tid. Temperatur i mitt av sektion, lägen för punkter enligt pilar och figur D.1 (uppifrån: givare 3, 1 och 2)

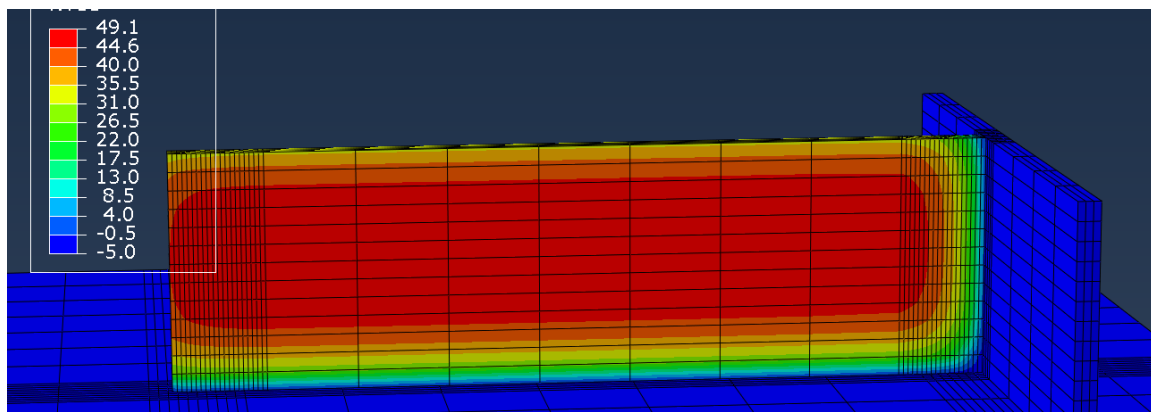


Figur D.3. Beräkningar temperaturer Abaqus: utveckling med tid (rött), jämförelse med mätningar för givarelägen enligt figur D.2 (svart). Temperatur i mitt av sektion.

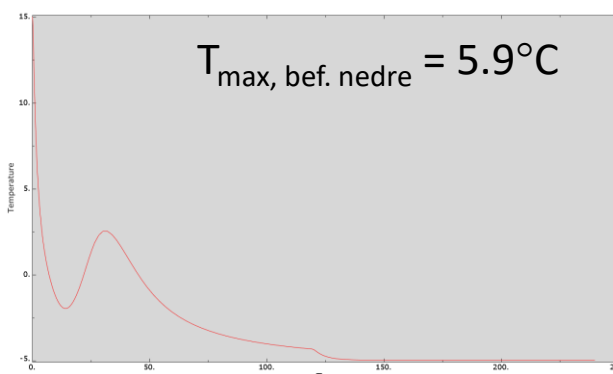
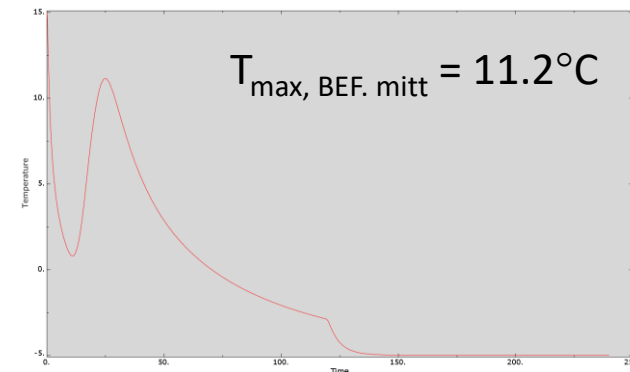
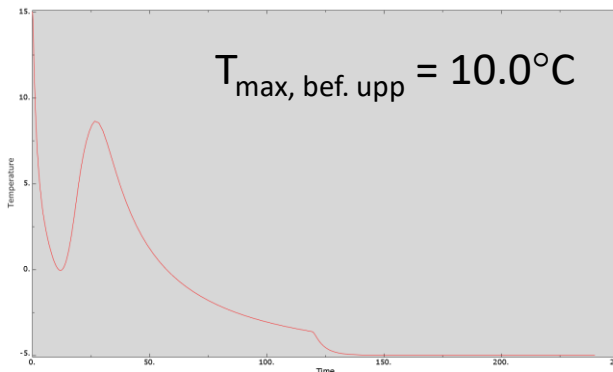
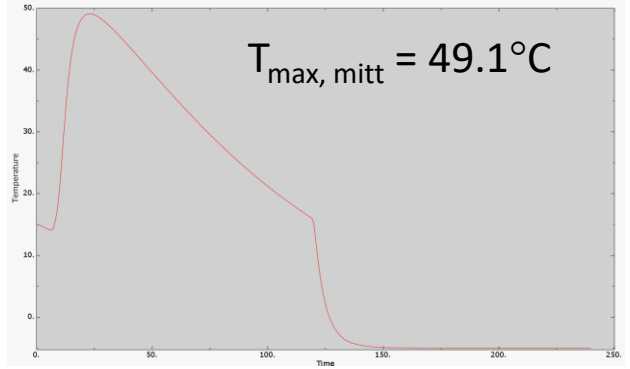
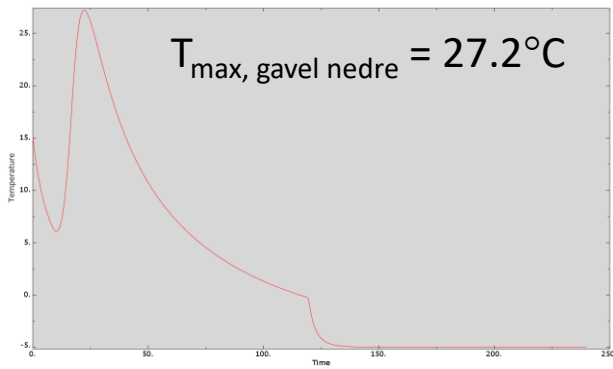
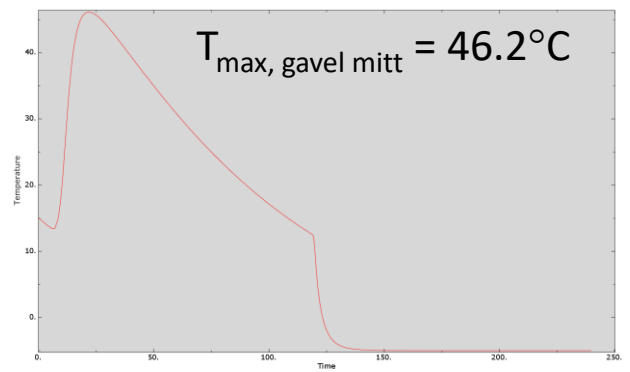
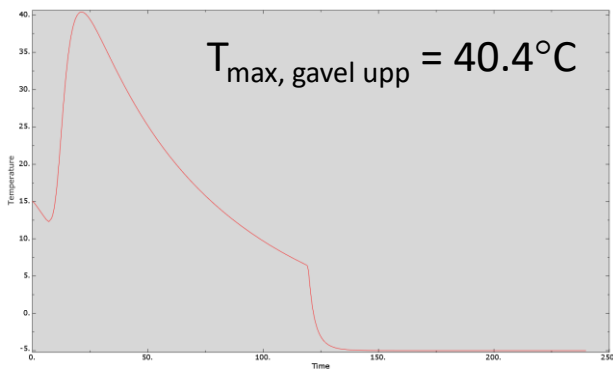
Avkylning vägg vid anslutning mot befintlig vägg undersöktes med förutsättningar enligt figur D.4 dvs med något annorlunda isoleringsförhållanden i den fria vägg-gavel och underliggande plattas tjocklek. Figurer D.5 och D.6 visar beräkningsresultat för kallt fall $T_{\text{luft}} = -5\text{ °C}$, $T_{\text{gjut}} = 15\text{ °C}$. Stor avkylning observeras mot bottenplatta och större mot befintlig vägg inom ett område ca 200 mm från den tidigare gjutna väggen. I det nedre hörnet, i detta fall 50/100 mm från botten/gavel, finns risk för tidig frysning om inte åtgärd vidtas (figur D.6b,c). Låg avkylning uppåt genom isolering.



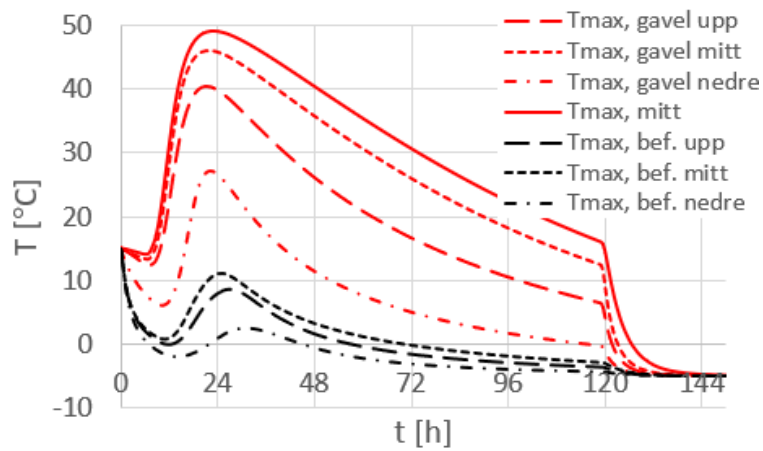
Figur D.4 Beräkningar temperaturer vid motgjutning tidigare gjuten vägg : förutsättningar (tidigare gjuten vägg har samma utgångstemperatur som luft). Temperatur i mitt av sektion.



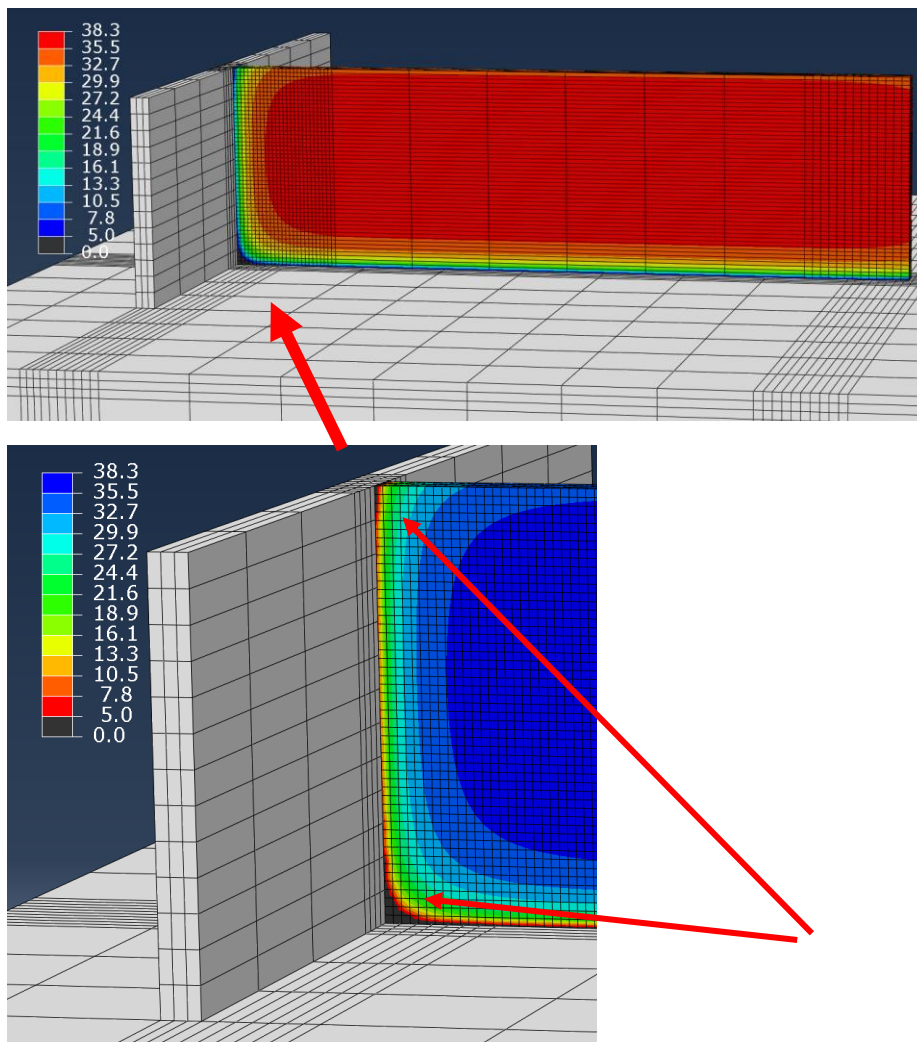
Figur D.5 Beräkningar temperaturer vid motgjutning tidigare gjuten vägg : fördelning 1 dygn. (tidigare gjuten vägg till höger, samma utgångstemperatur som luft). Temperatur i mitt av vägg.



Figur D.6 a) Beräkningar temperaturer vid motgjutning tidigare gjuten vägg: Temperaturutveckling för några vägglägen: Gavel – 50 mm från gavel, 100 mm från övre resp nedre kant. Mitt – centr vägg, Bef – 50 mm fr befintlig vägg, 100 mm från övre resp nedre kant. T_{gj} = 15 °C. T_{luft} = - 5 °C.



Figur D.6 b) Sammanställning figur D.6a



Figur D.6. c) Beräkningar temperaturer vid motgjutning tidigare gjuten vägg enligt ovan (övre figur): Identifiering kritisk avkylning i anslutning mot befintliga väggen dvs områden med låga temperaturer och hållfastheter (konstant < 5 MPa under hela härdningen) och risk för tidig frysning. Obs inverterad färgskala hållfasthet i nedre figuren – rött risk för tidig frysning.

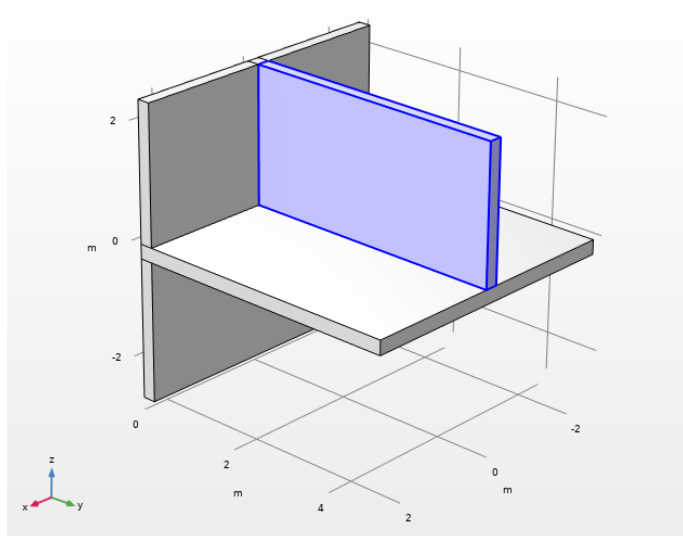
D.2. Vägg på platta analys Comsol

Vägg med anslutning mot befintlig vägg analyserades med Comsol Multiphysics på liknande sätt som ovan; förutsättningar figur D.7 och resultat enligt D.8 – D.10.

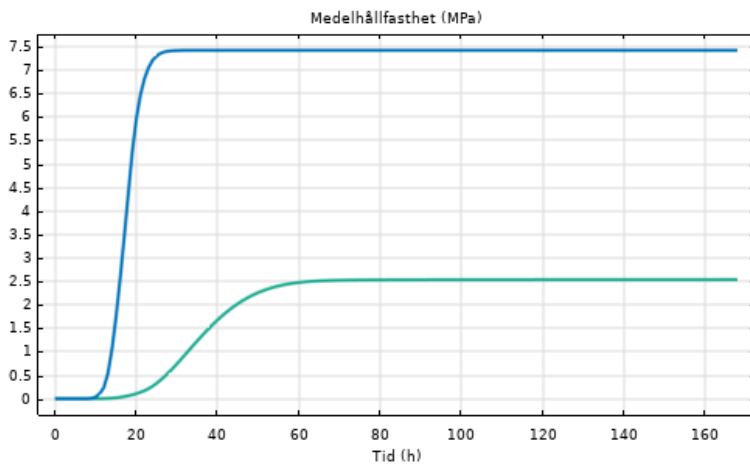
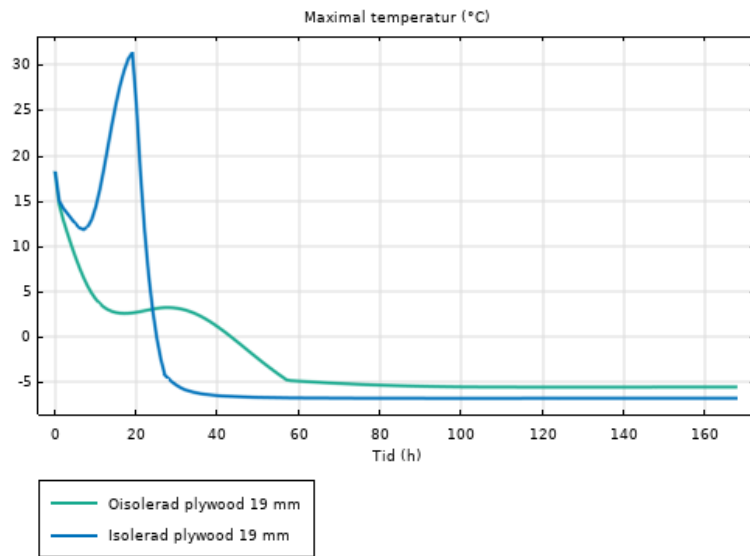
Genom att den oisolerade formen inte kan rivras (hållfastheten är under 5 MPa) fås inte den snabba avkyllningen som i det isolerade fallet där formen rivs vid ca 20 timmar. Trots en lägre temperatur efter 24 timmar ca innebär det isolerade fallet en betydande säkerhet mot formras.

Stor avkyllning mot befintlig vägg och platta observeras – åtgärder måste vidtas.

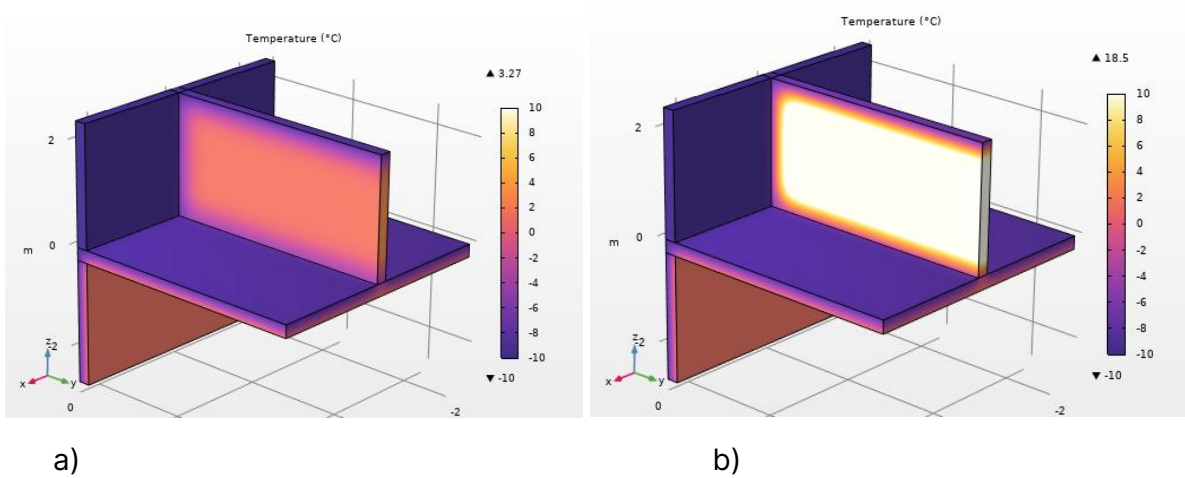
Inverkan av gjuttemperatur är tydlig, se figur D.11 och figur D.12.



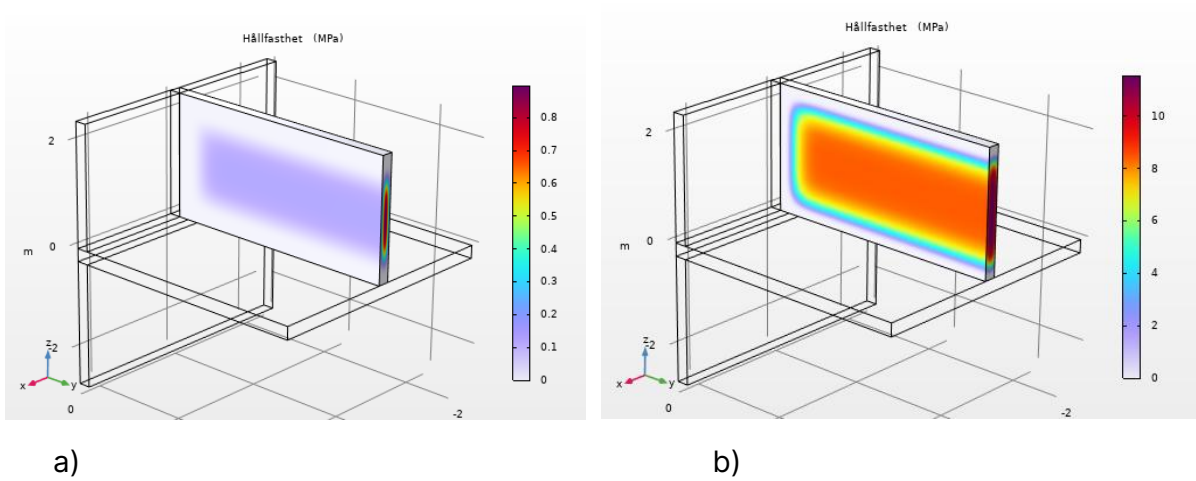
Figur D.7. Analys 3D temperatur och hållfasthet vägg (0,23 m tjocklek + 2,4 m höjd) på platta (0.25 m) i anslutning mot tidigare gjuten vägg (med samma temperatur som luft), oisolerad/isolerad form, formrivning vid 5 MPa medel över tvärsnitt. Betong C30/37, (materialdata: se HETT22), symmetri ut från bild. Variationer har skett av gjuttemperatur och lufttemperatur. Vind 7 m/s, Comsol Multiphysics.



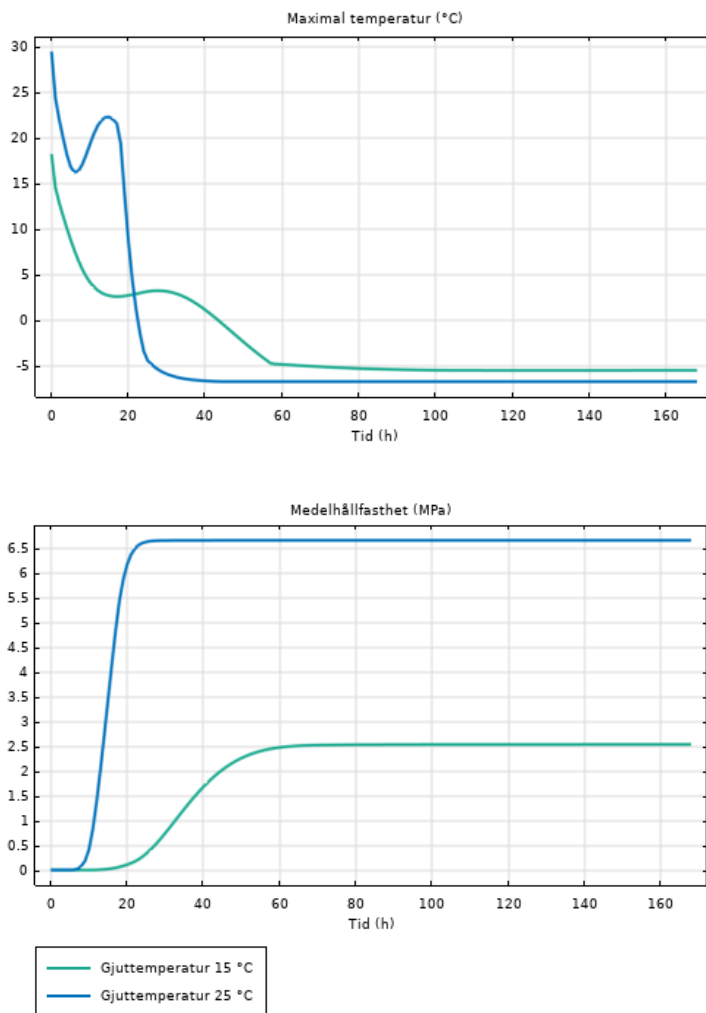
Figur D.8. Temperatur/hållfasthetsutveckling. Gjuttemp = 15 °C, luft -10 °C, oisolerad form, respektive isolerad form.



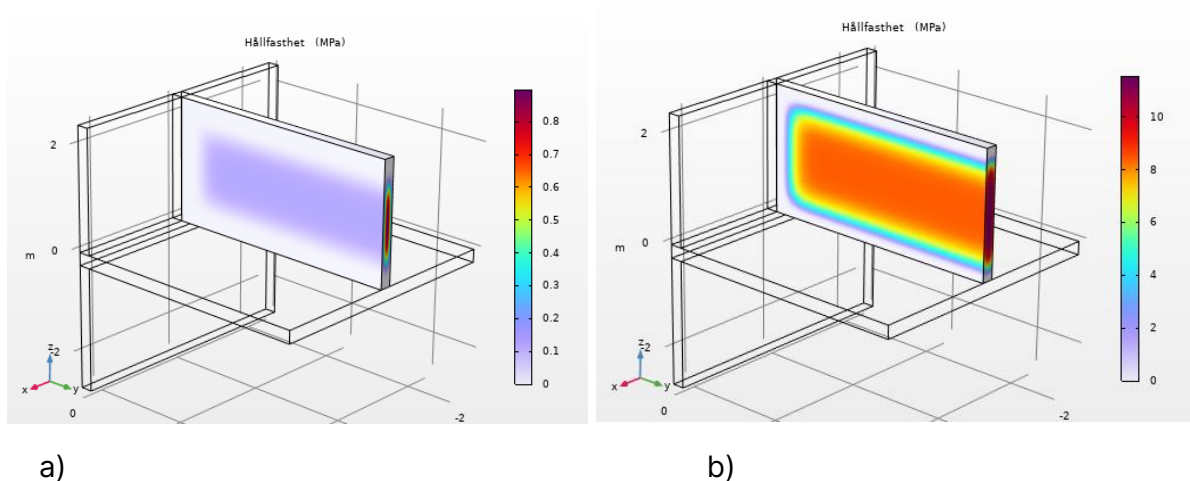
Figur D.9. Temperatur vid 24 h. Gjuttemp = 15 °C, luft - 10 °C, a) oisolerad form, b) isolerad form.



Figur D.10 Hållfasthet 24 h. $T_{gjut} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{Luft} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, a) oisolerad b) isolerad form (olika färgskalor)



Figur D. 11 Temperatur/hållfasthetsutveckling. Gjuttemp = $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, Luft = $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, isolerad form



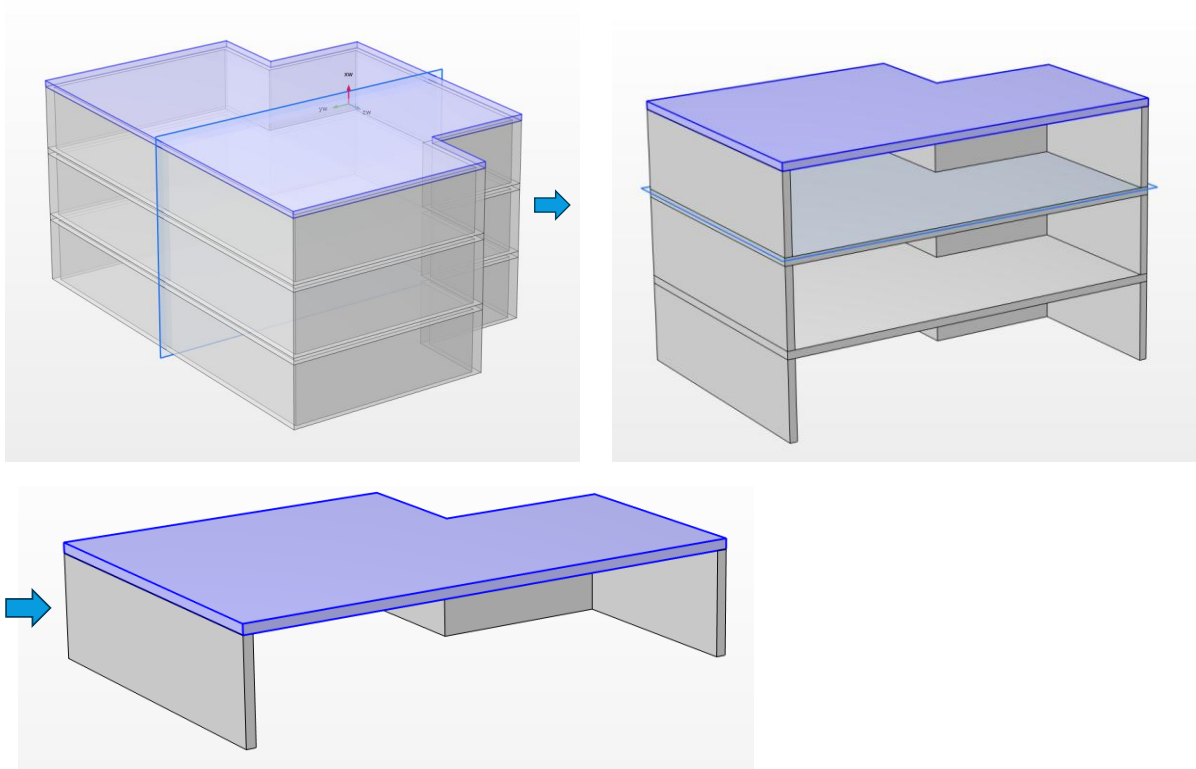
Figur D.12 Hållfasthet vid 24 h, lufttemp- 10 °C , gjuttemp = 15 °C a) oisolerad form, b) isolerad form, notera olika färgskalor.

D.3. Bjälklag gjutet på befintliga väggar, analys Comsol

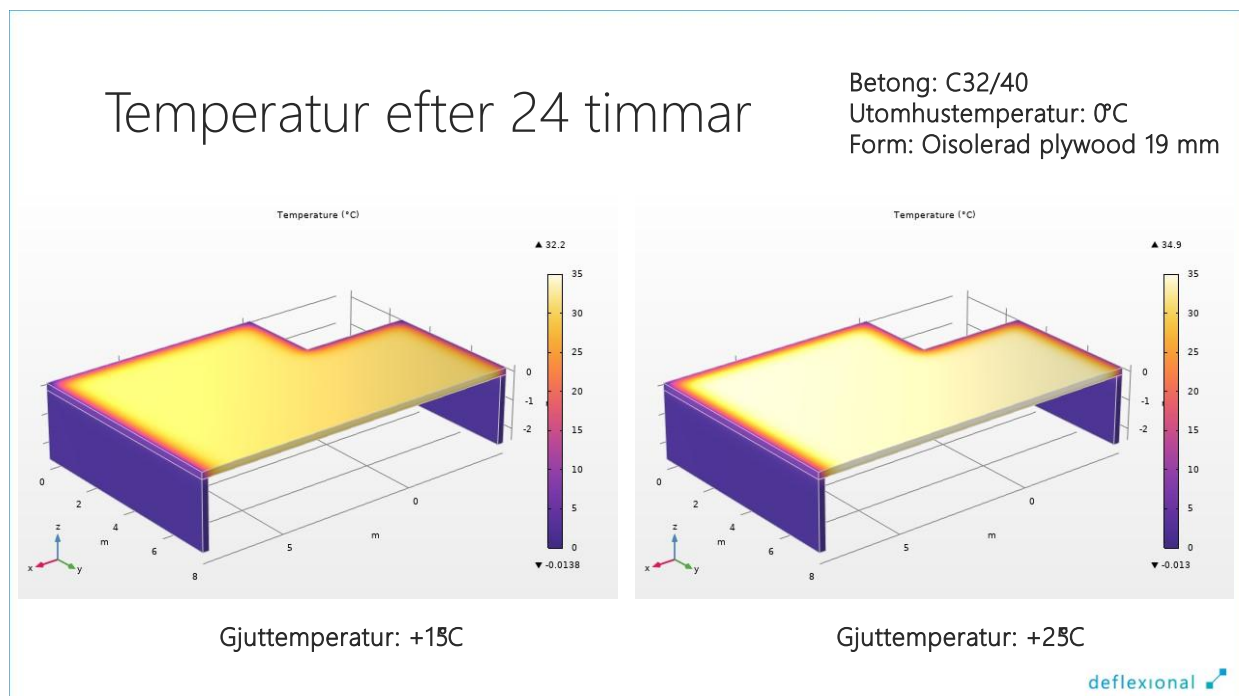
Av intresse är att studera avkylning mot kant, hörn och mot underliggande väggar. Undersökning av storlek på avkylningen jämfört med mittsektion och påverkan på hållfasthetsutveckling skedde i ett antal beräkningar.

Figur D.13 beskriver geometri och övriga förutsättningar. Efterföljande figurer ger exempel på resultat. Mycket intressant är ansenlig avkylning över väggar – betydlig över 10 grader kan iaktas för beräkningar under varm väderlek dvs över nollan. Vid nolltemperatur och under kommer bjälklagets upplag således att få tydliga reduktioner av hållfasthet under tidig härdning. Det kan finnas risk för tidig frysningseffekt i områden där stora tvärkrafter ska tas upp.

För oisolerade former som provats i dessa initiala 24 beräkningar indikeras frysrisker vid *alla* fall för $T_{\text{luft}} -10\text{ °C}$. Dvs för alla betongkvaliteter, även referensbetong. Den högre gjuttemperaturen ger logiskt fördelaktigare temperaturutveckling – men detta hjälper inte nämnvärt för de kritiska områdena.



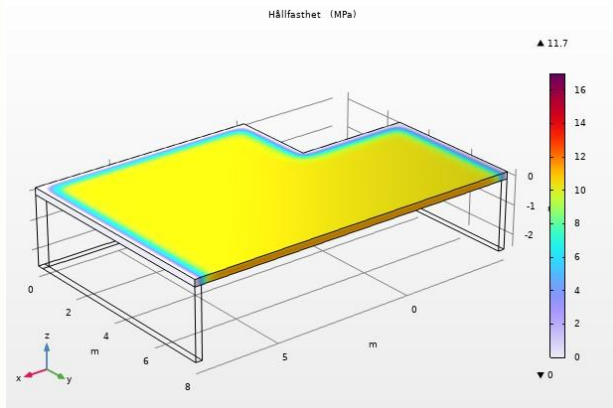
Figur D.13. 3D beräkningar av temperatur och hållfasthet, geometri och sektionering för fiktiv stomme. Vegg = 0,23 m x 2,4 m, bjälklag = 0,24 m, Btg C 32/40 referens, BIO-10, 20, 40, Oisolerad plywood, 19 mm, formrivning 5 dygn, $T_{luft} = +10, 0, -10 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{gjut} = 15, 25 \text{ }^\circ\text{C}$, vind 7 m/s ovansida, 1 m/s undersida, tidigare gjuten betong – samma temperatur som utomhus.



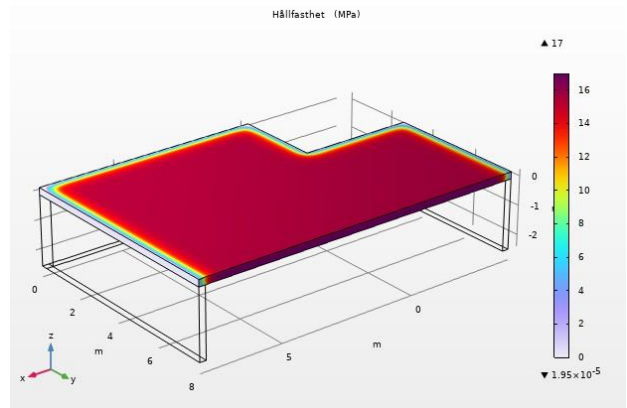
a)

Hållfasthet efter 24 timmar

Betong: C32/40
Utomhustemperatur: 0°C
Form: Oisolerad plywood 19 mm



Gjuttemperatur: +15°C

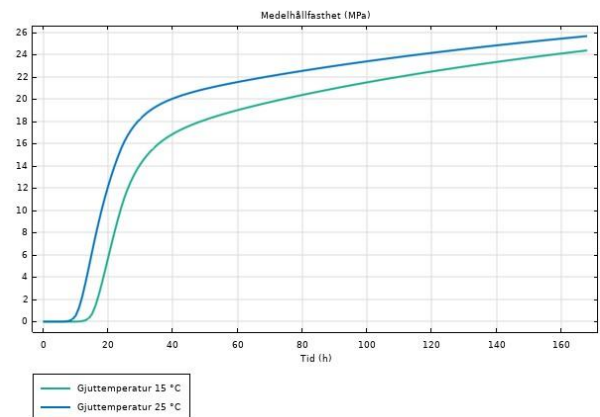
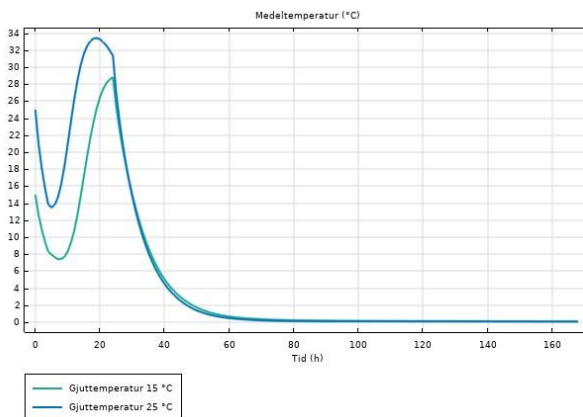


Gjuttemperatur: +25°C

deflexional

b)

Medeltemperatur och medelhållfasthet



Betong: C32/40
Utomhustemperatur: 0°C
Form: Oisolerad plywood 19 mm

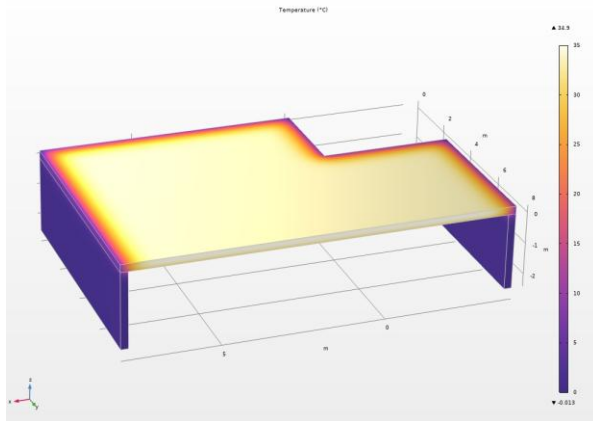
deflexional

c)

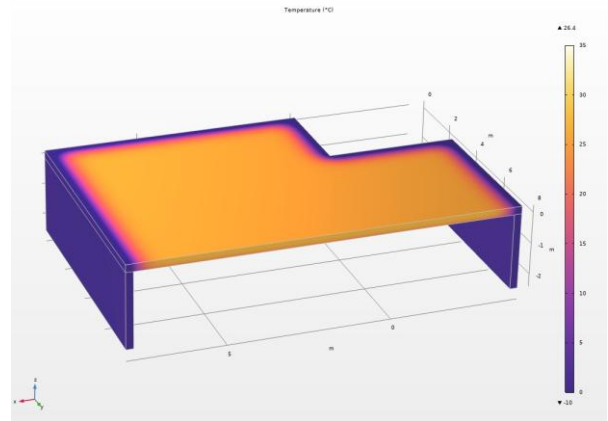
Figur D.14. 3D beräkningar av temperatur och hållfasthet inverkan gjuttemperatur: a) temperaturfördelning, b) hållfasthetsfördelning respektive c) temperaturutveckling och hållfasthetsutveckling mitt i bjälklag.

Temperatur efter 24 timmar

Betong: C32/40
Form: Oisolerad plywood 19 mm



Utomhustemperatur: 0°C



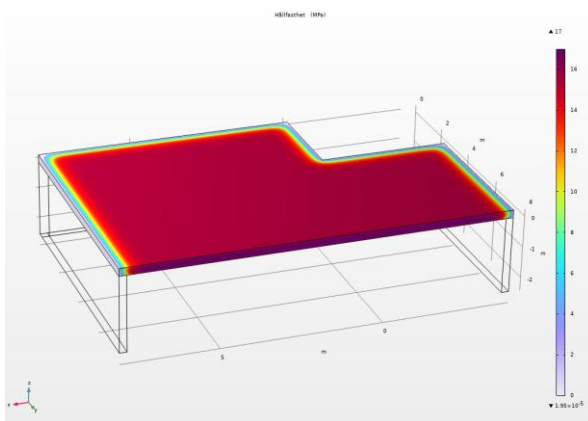
Utomhustemperatur: -10 °C

deflexional

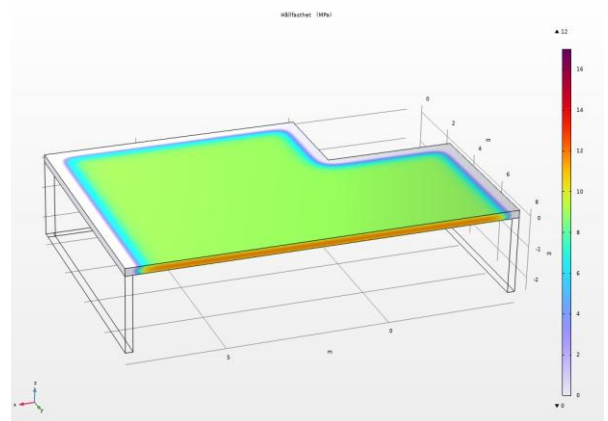
a)

Hållfasthet efter 24 timmar

Betong: C32/40
Form: Oisolerad plywood 19 mm



Utomhustemperatur: 0°C

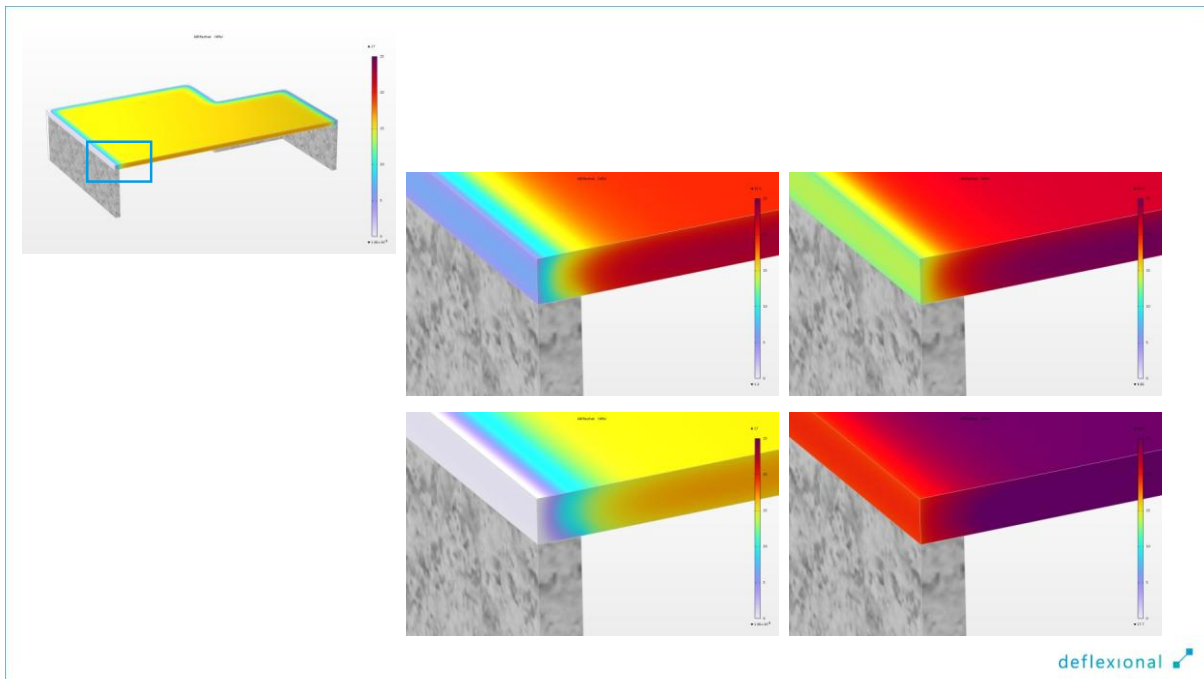


Utomhustemperatur: -10 °C

deflexional

b)

Figur D.15. 3D beräkningar av a) temperatur och b) hållfasthet inverkan lufttemperatur: temperaturfördelning, hållfasthetsfördelning.



Figur D.16. 3D beräkningar av temperatur och hållfasthet bjälklag - inzomning 3D -hållfasthetsfördelning över vägg vid några tidpunkter efter gjutning.

Bilaga E Stämp – översikt

Allmänt

Väl känt är att formsystemets (stödjande och bärande) uppgift är att supporta betongen tills hållfastheten har erhållit ett tillräckligt högt värde vid formrivningstillfället så att betongen kan vara självbärande och konstruktionens geometri bibehålls.

Eftersom formbyggnad, stämp etc utgör en stor andel av den totala kostnaden för betongkonstruktioner (30 – 60 % av den totala kostnaden för betongkonstruktioner har nämnts), är det i utförarnas intresse att kunna effektivisera formhanteringen. Snabbare stämp- och formhantering ger, förutom att minska hyreskostnaden, möjligheter för andra yrkesgrupper att tidigare kunna påbörja sina aktiviteter.

Vikten med säkerhet vid formbyggnadsarbeten betonas och har blivit ett högaktuellt stoff i dagens byggande med tanke på olyckors nollvision. Som nämnts tidigare kan formkollaps få stora konsekvenser. Ett exempel i närtid är ett brobygge i Ludvika där en gjutform rasade och där 12 personer skadades. Utredning visade att formställningarna var underdimensionerade, se även Betonghandboken Arbetsutförande.

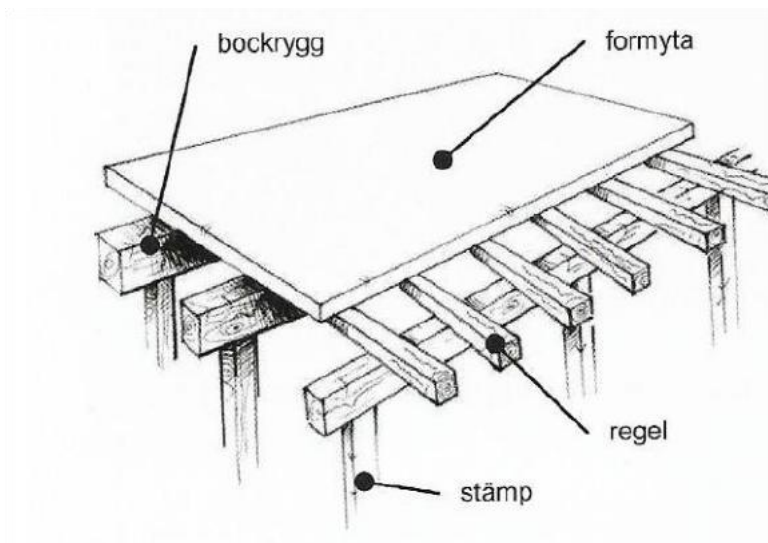
Inom det tidigare nämnda Smart Built Environment-projektet [11] skedde en utredning angående bjälklagsformar och stämphantering i form av ett examensarbete vid LTU, (Olsson, 2019⁴ [34]). Följande redogörelse är delvis hämtad från arbetet.

Bärande bjälklagsform

Ovanpå den bärande formbyggnaden (formstämp, bockryggar, valvreglar och ovanpåliggande valvreglar) ligger en formyta (stål, plast, plywood eller lösvirke), figur E.1, vilka stödjer betongen till den tidpunkten då bjälkaget är självbärande. Om inget annat föreskrivs i utförandespecifikationen anger SS-EN 137006 (2015), avsnitt 5.7, att tryckhållfastheten vid tillfället för formrivning ska uppgå till minst 70 % av 28-dygnshållfastheten (den ibland benämnda "nominella hållfastheten") innan formstämpan kan skruvas ner och avlastas. Bjälklaget tillåts då få en nedböjning över exempelvis en natt innan säkerhetsstämp ska placeras in enligt Svenska Fabriksbetongföreningens (SFF´s) anvisningar (numera ingående i Svensk Betongs handlingar).

Stämningen kan ske enligt olika filosofier och metoder; nedan beskrivs fyra metoder.

⁴ Olsson A. (2019) Modellering av tidig rivning av bärande form och stämpborttagning. Examensarbete. Luleå University of Technology, Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering. Luleå 2019, 49 sid. + bilagor. Identifikationer: URN: urn:nbn:se:ltu:diva-74119 OAI: oai:DiVA.org:ltu-74119 DiVA, id: diva2:1319460



Figur E.1 Uppbyggnad av traditionell bärlagsform, *Betong och armeringsteknik (2013)*.

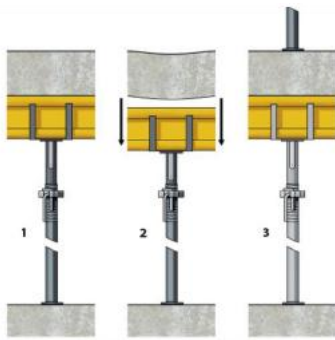
Anvisning för stämpling enligt Svenska Fabrikbetongföreningen (nu Svensk Betong)

För att klara lasten från det nygjutna valvet behöver lasten fördelas ut på flera våningar. Fördelningen av lasten sker genom att säkerhetsstämp finns på flera våningar.

Nilsson m.fl. [41] anger vikten med avlastning av stämpan genom ett exempel. Tillåts stämpan stå kvar under byggnationen kommer lasterna att byggas på våning för våning vilket ökar risken för överbelastning. Tillåts nedböjning ske för valven innan säkerhetsstämp monteras, visar exemplet på att lasterna från det nygjutna valvet fördelas mellan de underliggande våningarna, se *Betonghandboken*.

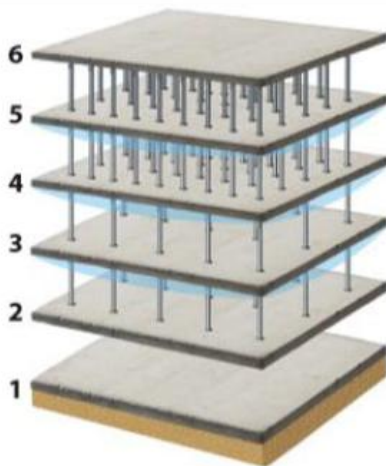
Avlastning av stämp sker i tre steg. Betongen gjuts med en uppbyggnad av bärande form, figur E.2. Då valvet har erhållit den krävda hållfastheten avlastas formen och stämpan. Valvet tillåts få en nedböjning för att därefter sätta in så kallade säkerhetsstämp. Examensarbetaren nämner här att anvisningen enligt steg 3 är felaktigt illustrerad då säkerhetsstämpan ska ha *direkt* anliggning mot betongen dvs formytan och bockryggarna *ska tas bort* efter steg 2, se vidare Olsson (2019) [34] och figur E.9.

Enligt anvisningarna från SFF behövs säkerhetsstämp i tre våningar för att tillåta en nyttig last på $q_{nyttig} = 0,75 \text{ kN/m}^2$. Effektivisering av byggprocessen kan uppnås genom att minska antalet säkerhetsstämp på de lägre våningarna för att skapa mer yta åt arbetspersonalen.



Figur E.2. Avlastning av stämp enligt SFF:s anvisningar. Obs felaktig illustration steg 3, se text.

I figur E.3 illustreras formstämpan i mörkgrå färg och säkerhetsstämpan i ljusgrå färg. Exjobbarens egen tolkning av anvisningarna från Svenska Fabriksbetongföreningen är att den övre våningen med säkerhetsstämp ska vara fullstämpad. De två nedre våningarna med säkerhetsstämp kan enligt examensarbetarens tolkning minskas till 50 % av antalet formstämp, (som anas i figur E.9).



Figur E.3. Formstämp samt säkerhetsstämp i tre våningar, SFF

Anvisningar enligt Abetong (HM betong Prefab)

Vid avlastning av stämpan enligt Abetongs anvisningar (Lagerstam & Löfstrand, 2018 [35]) behövs två våningar med säkerhetsstämp förutom våningen med formstämpan. Avlastning av formstämpan kan ske när betongen har erhållit en hållfasthet på 75 %. Den övre våningen med säkerhetsstämp ska vara fullstämpad d.v.s. ha samma antal säkerhetsstämp som antalet formstämp. När betongens hållfasthet har erhållit ett värde på 90 % av föreskriven hållfasthet kan de yttre raderna tas bort. Minimikravet är dock att minst 2 stämprader är kvar. När betongen har uppnått 100 % av hållfastheten kan stämpan avlägsnas helt. En nyttig last på $0,5 \text{ kN/m}^2$ tillåts då enligt Abetongs anvisningar.

Examensarbetarens tolkning av likheter och skillnader mellan SFFs och Abetongs anvisningar anges i tabell E.1. Abetong nämner i anvisningarna, som en alternativ

metod, att öka antalet våningar med säkerhetsstämp för att kunna använda en nyttig last på bjälklagen på $0,75 \text{ kN/m}^2$ vilket skulle innebära liknande anvisning som SFF har, se (Lagerstam & Löfstrand, 2018 [35]).

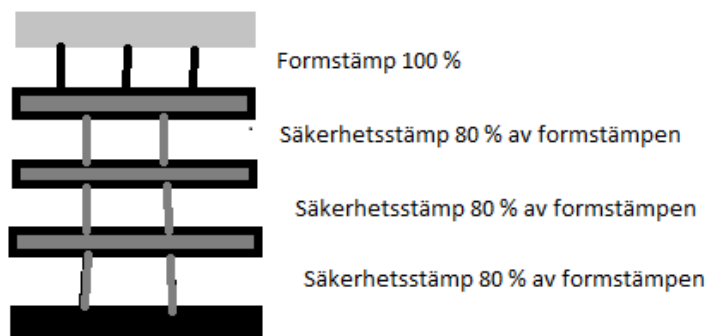
Tabell E.1. Likheter och skillnader mellan Svenska Fabriksbetongföreningens och Abetong´s anvisningar, från Olsson (2019)

Svenska fabriksbetongföreningen	Abetong
Likheter	
<p>Översta våningen med säkerhetsstämp ska vara fullstämpad</p> <p>Avlastning av formstämp vid 70% av hållfastheten</p> <p>3 våningar med säkerhetsstämp behövs för en nyttig last på $0,75 \text{ kN/m}^2$</p>	<p>Översta våningen med säkerhetsstämp ska vara fullstämpad</p> <p>Avlastning av formstämp vid 75% av hållfastheten</p> <p>3 våningar med säkerhetsstämp behövs för en nyttig last på $0,75 \text{ kN/m}^2$</p>
Skillnader	
<p>Vid färre än 3 våningar med säkerhetsstämp tillåts ingen nyttig last</p>	<p>2 våningar med säkerhetsstämp behövs för en nyttig last på $0,5 \text{ kN/m}^2$</p>

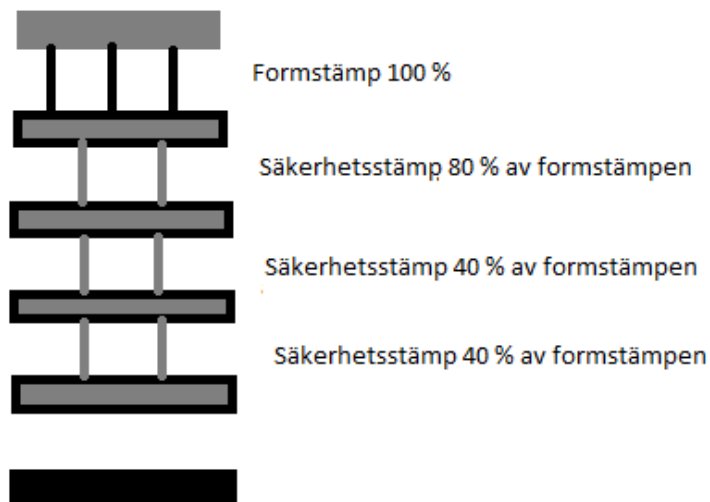
Anvisningar enligt Doka

När det gäller antalet säkerhetsstämp i förhållande till formstämp anger Doka (2006)⁵ att behovet av säkerhetsstämp är större om det underliggande valvet har en mycket högre styvhet (ca $0,8$ säkerhetsstämp/formstämp) jämfört med om valven har liknande styvhet (ca $0,4$ säkerhetsstämp/formstämp). Figur E.4 och E.5 illustrerar examensarbetarens tolkning av antalet säkerhetsstämp enligt Doka (2006) dvs att vid stämning mot bottenplattan figur 6.46 behövs 80 % av antalet formstämp på alla våningar med säkerhetsstämp. När entréplanet är fritt från stämp menar examensarbetaren att antalet säkerhetsstämp på de nedre våningarna kan minskas till 40 % av antalet formstämp, figur E.5.

⁵ Doka (2006) Dokaflex-formbord [Broschyr] hämtad 2018-10-23 från: https://direct.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999778010_2006_04_online.pdf



Figur E.4. Dokas beskrivning av säkerhetsstämp till bottenplatta, tolkning enligt Olsson (2019).



Figur E.5. Dokas beskrivning. Ingen säkerhetsstämp till bottenplatta, tolkning enligt Olsson (2019).

Anvisningar enligt Backshoring

Det förekommer även en metod för säkerhetsstämp som på engelska benämns Backshoring. Då placeras säkerhetsstämpan direkt in efter att formytan och formstämpan avlastas utan att bjälklaget tillåts få den nedböjning som tillåts enligt båda Svenska Fabriksbetongföreningens och Abetongs anvisningar. Bjälklaget har då inte möjlighet att bära sin egen vikt. Mer last kommer då att överföras till säkerhetsstämpan p.g.a. betongens krypning (Stivaros, 2005 [38]) se vidare i Olsson (2019).

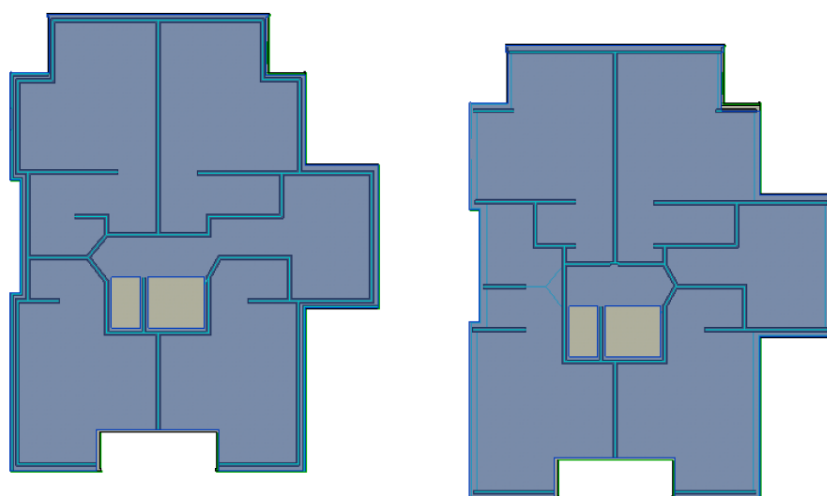
Examensarbetets genomförande

En Revitmodell, dvs en modell i 3D över stomme för Folkboendet importerades till FEM programmet Robot Structural Analysis där flera delmodeller skapades. PPB användes för att simulera betongens hållfasthetsutveckling. Antagna dimensioner på stämp har hämtats från formleverantörens hemsida och laster från Eurocode.

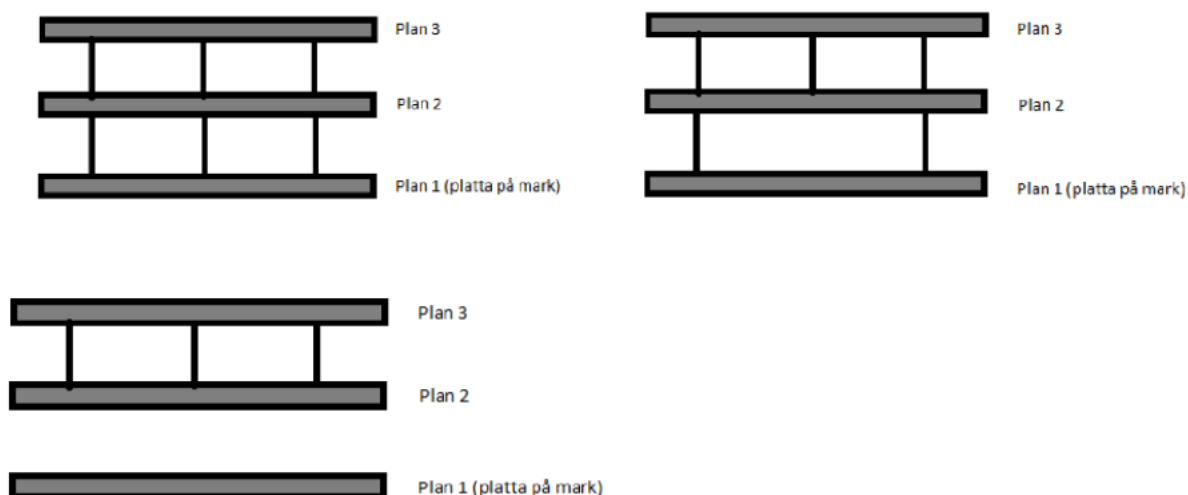
Erhållna resultaten från FEM analysen har därefter jämförts mot tillåtna värden för draghållfasthet, nedböjning och stämpkrafter. Delmodeller anser exjobbaren vara ett

bra alternativ att utföra studien på eftersom olika parametrar kan jämföras mot varandra. Olika frågeställningar adresserades: stämpavstånd bottenvåning, påverkan tidpunkt vid tidigare formrivning än 70 % hållfasthet (dvs motsvarande E-modulsvärde), påverkan av nyttig last.

FEM-analysen valdes således att utföras på en verklig byggnad av typen NCC Folkboende. Detta för att studera inverkan av rimliga upplagslängder samt samverkan mellan väggarna och bjälklagen. Figur E.6 visar exempel på plan 1 och plan 2 från modellen. För att besvara olika frågeställningar skapas olika varianter av modellen. Figur E.7 visar varianter av studerad stämpling i examensarbetet.



Figur E.6. Plan 1 och plan 2, Folkboende NCC.



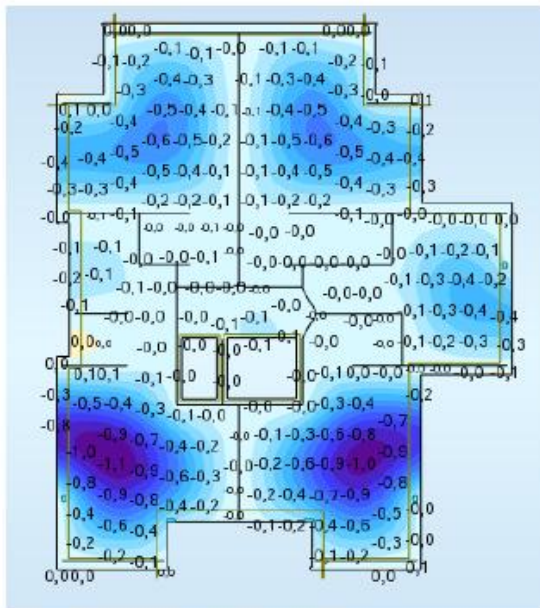
Figur E.7. Olika varianter av studerad stämpling, Olsson (2019).

Resultaten i examensarbetet presenteras i form av bilder från nedböjning, moment, stämplaster m m, se figur E.8. Resultaten är intressanta men de kan för den oinvidde vara något svårtolkade. För mer information hänvisas till Olsson (2019).

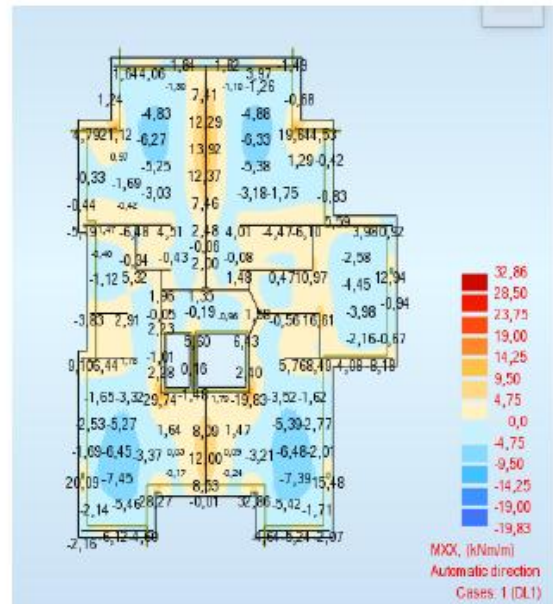
Examensarbetet visar olika villkor för stämpborttagning, (Fabriksbetongföreningen, DOKA, A-betong och konceptet Backshoring). Några direkta slutsatser kunde inte dras beträffande vilken metod som verkar mest trovärdig. Man såg både likheter och skillnader.

Resultaten från FE-beräkningar visar t ex att vid tidig formrivning (ned till 50 % hållfasthet) kunde man se att ökningen av initiala nedböjningar blir ganska liten. Detta beror bl a på att betongens E-modul ökar snabbare än hållfastheten och betongen, även vid tidig formrivning, och har tidigt uppnått redan då en relativt hög styvhet trots att inte hållfastheten visar på detta.

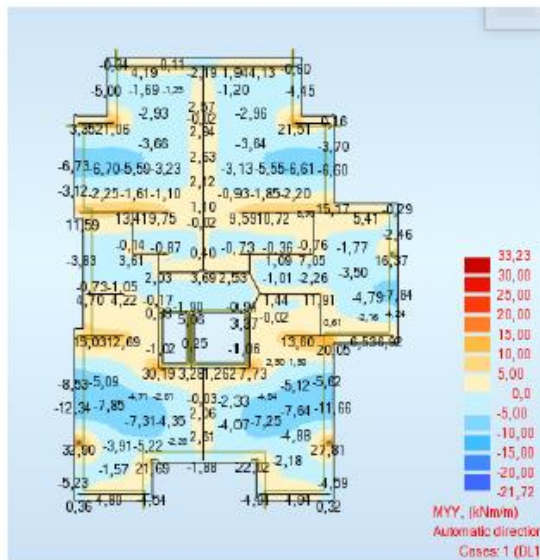
Formrivning 70 % tryckhållfasthet



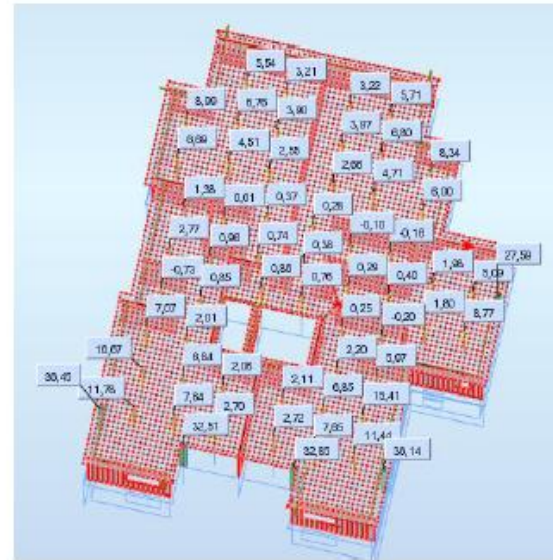
Figur 35 Nedböjning [mm] valv 3



Figur 36 Moment XX riktningen valv 3



Figur 37 Moment YY riktningen valv 3



Figur 38 Stämplaster [kN] plan 2

Figur E.8. Exempel resultat från FE-beräkningar – här formrivning vid 70 % av 28-dygnshållfasthet, Olsson (2019).

I studien konstateras att framtiden bör mer generella icke-linjära FEM-program användas. Man kan då använda modellen för att optimera formrivning och stämpanvändning och göra planer på materialhantering, lagerytor och annat under byggprocessen.

I examensarbete gavs några förslag på vidare studier: I laboratorieprovning studera koppling mellan hållfasthet och elasticitetsmodul för en bättre modellering av

nedböjning i tidigt skede. Även mäta och modellera effekter av krypning, i fältmätningar studera stämpkrafter och nedböjning.

Exempel på stämpling Folkboendet visas i figur E.9.



Figur E.9. Vy från byggarbetsplats med säkerhetsstämp

Bilaga F Uttorkning – detaljering fenomen, konsekvenser vid härdning, exempel

F.1 Fenomen

Som beskrivs i kap 4 handlar betonguttorkningen explicit om två i fenomenen: självuttorkningen av vattenkonsumtionen under hydratationen och utåtriktade fukttransporten genom betongens porer; den "vanliga" diffusionsuttorkningen. Fenomenen uppträder till viss del samtidigt och är sammankopplade - de påverkar varandra i olika grader under tidig härdning och i senare skeden. Nedan lyfts några iakttagelser fram.

Självuttorkning vid lågt vbt

Beträffande självuttorkningen konstateras primärt att denna startar direkt efter att bindetiden nåtts. Hög temperatur snabbar på start och hastighet, lågt vbt likaså liksom även finmalet bindemedel (speciellt cementtyp). En stor del av självuttorkningen sker under första veckorna, jämför den tidiga hållfasthetstillväxten som ju också är intimt förknippad med hydratationen.

Det noteras i Betonghandboken-Material kap 17 (uttorkningskapitlet, Nilsson L-O [22]) att betong med lågt vbt, med den dominerande och stora självuttorkningen, ger ansenliga möjligheter att förkorta torktiden som dessutom blir obetydligt beroende av byggnadsdelens dimensioner. Enlig kap 17 kan korta torktider därigenom säkerställas för t ex:

- Tjocka bjälklag
- Bjälklag med kvarsittande form, även stålform
- Bjälklag och platta på mark med voter eller förstävningar
- Platta på mark med tät, underliggande värme- eller fuktisolering

Där de tre sista innebär i stort sett hundra procentig enkelsidig uttorkning.

Betong med lågt vbt är så tät att den dessutom ger ett säkert skydd mot oväntad nederbörd eller inläckande vatten. Nackdelar finns med den täta betongen: om vatten blir liggande länge på ytan och uppfuktning till sist sker, tar efterföljande önskvärd uttorkning lång tid. Därutöver kan mattläggning bli mer komplicerad genom att betongen inte suger in limvatten. Det finns även risk för ansenlig krympning vilket påtalas i Betonghandboken-Material kap 18.

Temperaturinverkan på självuttorkningen är som nämnts betydande, dvs höga temperaturer ger liknande positiv påverkan som för hållfasthetstillväxt (dock inte vid mycket höga temperaturnivåer). Isotermen (se senare i bilagan) påverkas dock tyvärr på ett menligt sätt vid temperaturhöjning – man får en ökning av RH i porerna – tvärt emot den effekt som sker i luft. Detta förklaras t ex i Betonghandboken-Material genom att ju kallare material desto mer vatten binds hygroskopiskt i porerna och då sjunker RH.

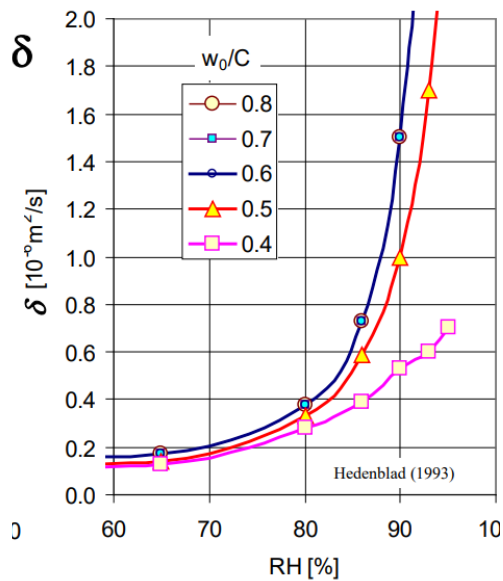
Diffusionsuttorkning genom fukttransport

Uttorkningen av diffusion, dvs den "klassiska uttorkningen", bestäms förutom av betongens täthet eller rättare sagt: otäthet, av skillnad i relativ fuktighet (eller ångtryck) mellan betongen - i dess porer - och omgivande luft. Det gäller därför att se till att relativa fuktigheten RH i luften alltid hålls på en så låg nivå som möjligt. Man inser att hela uttorkningsmekanismen på grund av diffusion kan kollapsa om yttre vatten blir stående på ytan, om det regnar/snöar kraftigt och/eller om betongfukten inte ventileras ut tillräckligt snabbt. Det har t ex ibland observerats i fältmätningar att relativa fuktigheten *ökat* i betongen långt efter gjutningen vilket sannolikt beror på något av dessa fenomen.

Diffusionsuttorkningen startar direkt när betongen kommer i kontakt med torrare omgivning – dvs så fort härdningsåtgärder har avslutats och lägre ånghalt (lägre RH) medges i omgivande luft.

Diffusiviteten, dvs transportmöjligheten, i betongen är hög i ett tidigt skede. Vid den högre tidiga porfuktigheten sker fukttransporten överlag genom just transport av vatten. Relativt snabbt, i takt med uttorkningen och den framskridna hydratationen, tätnar betongen och fukttransporten ändrar karaktär, se t ex Betonghandboken-Material. Tilltätningen är markant – man når snabbt halvering av diffusiviteten, se figur F.1, och hastigheten hos diffusionsuttorkningen går ner. Förtätningen beror även på att betydligt mindre porer bildas i det reagerade cementet, sk gelporer, vilket naturligt försämrar transportegenskaperna.

Fukttransporten gynnas således av låg relativ fuktighet hos omgivande luft och, enligt ovan, av långsam hydratation i tidigt skede (dvs låg temperatur initialt) samt av den högre porfuktigheten. Tyvärr ändras förr eller senare således uttorkningsmöjligheterna alltid till det sämre genom den högre hydratationsgraden och det lägre RH i porerna. Hur fort detta sker beror såklart på en mängd materialtekniska- och omgivningstekniska faktorer.



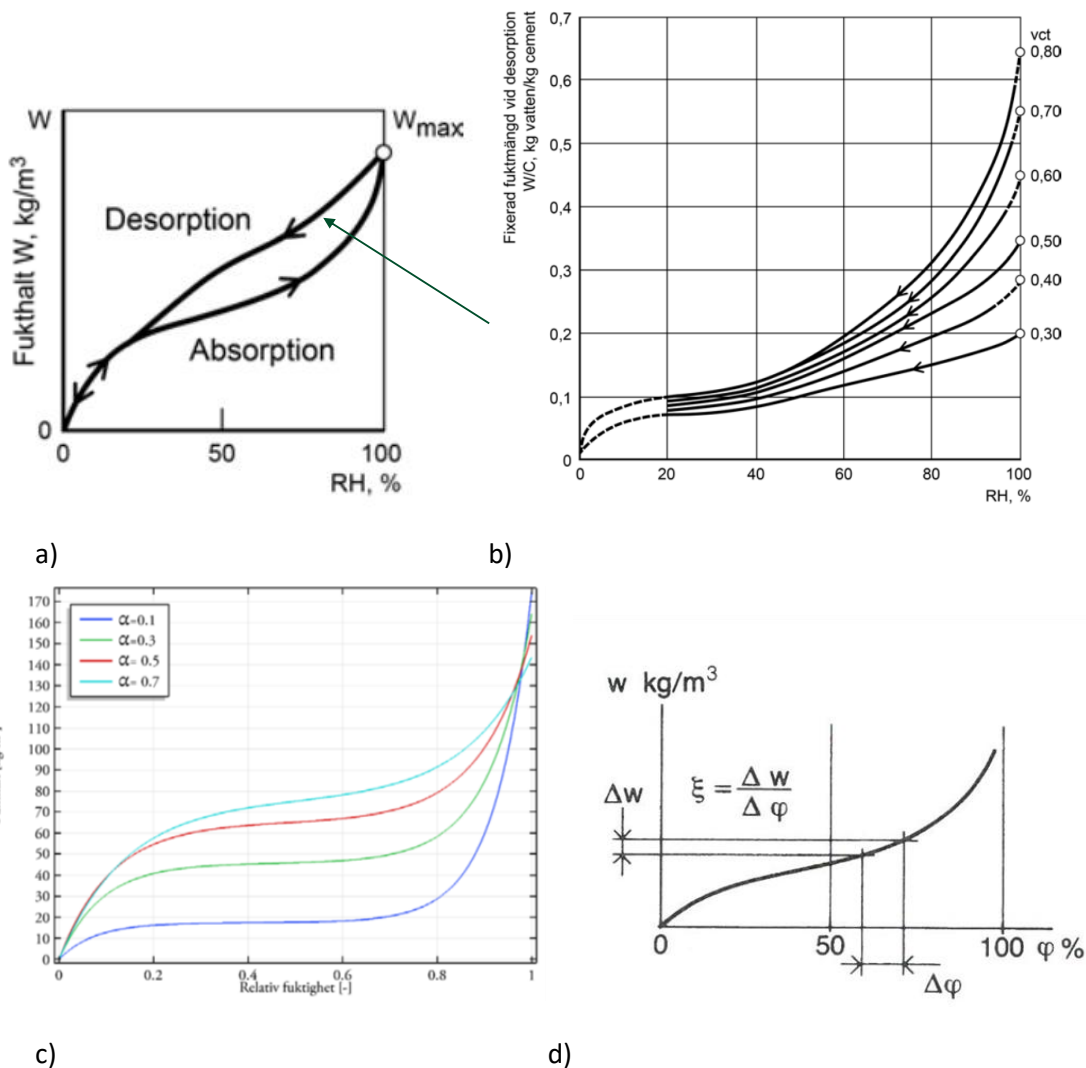
Figur F.1 Diffusivitet, dvs betongs transportförmåga, som funktion av porers relativa fuktighet och vct, Hedenblad (1993), från Betonghandboken Material – kap 17.

Desorptionsisotermen

Det som gör uttorkningsbeteendet komplext, definitivt mer komplicerat än "hållfasthetsbeteendet", är att uttorkningen, dvs minskningen av relativ fuktighet i porerna, är beroende av den fuktmängd som finns i porerna.

Sambandet mellan fuktmängd och RH i porerna under uttorkningen beskrivs av desorptionsisotermen, figur F.2a, där det iakttas att sambandet inte är linjärt. Dessutom beror isotermen på vattencementtalet (eller vbt;n), figur F.2b, och den påverkas även av hydratationsgraden, figur F.2c.

Intressant för uttorkning är lutningen på kurvan vilken beskriver effekten av en given vattenmängd som lämnar betongen på relativa fuktigheten, RH. En liten lutning ger således en stor effekt på RH vid en given ändring av vattenmängd Δw , se figur F.2d.



Figur F.2 a) Jämviktsfuktkurva för betong; fukthalt i porer vs RH (desorptionsisotermen gäller vid uttorkning) b) exempel inverkan av vbt (fukt i relation till kg cement) c) inverkan av hydrationsgrad (α i figuren), d) lutningen bestämmer ändringen av relativ fuktighet, $\Delta\phi$ (ΔRH) vid en vattenmängdsändring Δw (figurer bl a från Betonghandbok, kap 17).

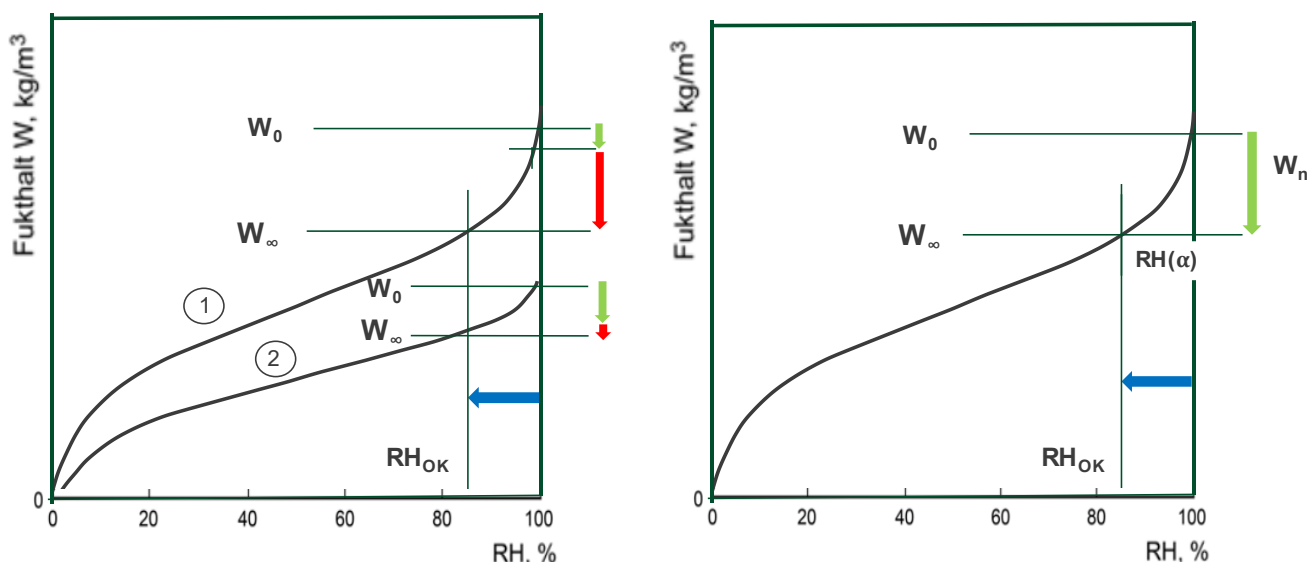
Sambanden ovan visar således relationen mellan det fysikaliskt bundna vattnet (det vatten som kan torkas ut) och relativa fuktigheten. Detta vatten är bundet i kapillärporerna och i de finare gelporerna i cementgelet, dvs i de som bildas i takt med kemiska reaktioner.

Tillkommer i fuktsammanhangen är det vatten som förbrukas vid hydratationen - det kemiskt bundna vattnet. Det är det vatten som direkt ger självuttorkningen, se figur F.3a där uttorkning för två betonger ger olika andelar av fysikaliskt respektive kemiskt bundet vatten. Figur F.3b visar att för en självtorkande betong sker *a*// uttorkning till målvärde av RH genom den kemiskt bundna vattenmängden.

Inverkan av betongkvalitet är tydlig dvs den ökade uttorkningshastigheten vid lågt vattencementtal beroende på ökad självuttorkning och den flackare isoterm. Med det låga vct (vbt) krävs mindre uttorkning, dvs vattenmängd, att nå en viss relativ

fuktighet, RH. Betong med lägre vbt har dessutom en högre täthet (figur F.1) vilket är fördelaktigt om betongen utsätts för regn och annan yttre vattenbelastning, Å andra sidan innebär den högre tätheten att betongen torkar ut långsammare i ett senare skede, t ex om sen yttre fuktbelastning (nederbörd) har skett.

Det kan även noteras att jämviktskurvan ser också olika ut vid olika temperaturer.



Figur F.3 a) Jämviktsfuktkurvor (fukthalt i relation till RH) för två betonger med olika vbt (nr 2 med lägre dvs högre hållfasthet) och olika isothermlutningar. Från ursprunglig fukthalt w_0 till avsedd fukthalt w_{ok} för att möta kriterier på relativ fuktighet RH_{ok} krävs olika fuktmängder; uppdelade i fysikaliskt bundet (rött) respektive kemiskt bundet (grönt) vatten. b) Situation för snabbtorkande betong; förbrukning kemiskt bundet vatten tillräcklig för att nå RH_{ok}

Sammanfattningsvis

Den komplexa uttorkningen kan kommenteras för de huvudsakliga påverkansfaktorerna t ex enligt:

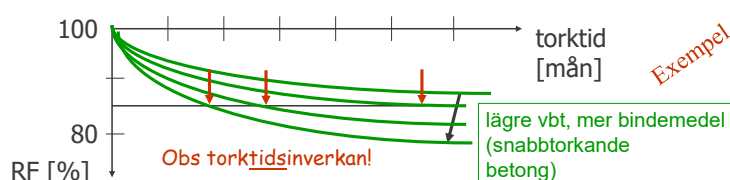
- **Hydratation:** Är gynnsam för självuttorkningen men påverkar fukttransporten menligt efter hand. Eftersom hydratationen är grunden till all egenskapstillväxt i betongen känns påverkansfaktorerna igen: cement/bindemedel, vbt, tillsatsmedel, temperatur etc. I fuktsammanhang tillkommer även påverkan från porfuktighet och hydratationsgraden i sig.
- **Betongtäthet:** Dvs den faktor som har störst inverkan på diffusionsuttorkningen. Påverkan av betongsammansättning, hydrationsgrad och porfuktighet vilket innebär förtätning under processen.
- **Torkklimat:** T_{luft} och RH_{luft} , sol, vind, golvvärme, nederbörd.
- **Geometri:** påverkar diffusionsuttorkningen: tjocklek, enkel/dubbelsidig – (det finns även en viss påverkan på självuttorkningen – massiva konstruktioner innebär ju högre temperaturer).
- **Yta:** Tillfällig täckning m h t härdning, täckningsmaterial, beläggning, mattor etc

Givetvis kan listan göras mer utförlig. Intressant vid beräkning är påverkan av relativ fuktighet vid ekvivalent mätdjup, RH_{ekv} (valt med hänsyn till mattläggning dvs

omfördelning fukt vid täckning med mattor), se artikel Carlswärd et al (2025)⁶. Intressant är påverkan av tiden att nå detta värde. Det kan vara frågan om skillnader i månader, se figur F.4.

Beträffande betongsammansättning kan konstateras:

- Hög betongkvalitet ($v_{bt} < 0.45$) – innebär stor självuttorkning som ger snabb RH-sänkning. Begränsad fukttransport sker dvs långsam diffusionsuttorkning. Dessa betonger benämns ibland självuttorknande.
- Normal betongkvalitet ($0.45 < v_{bt} < 0.60$) – ger måttlig självuttorkning och är mer beroende av fukttransport. I det lägre v_{bt} -spannet benämns dessa ofta snabbtorkande.
- Låg betongkvalitet ($v_{bt} > 0.60$) – innebär liten självuttorkning. RH-sänkning i betongen måste därför huvudsakligen ske genom fukttransport. Normala husbyggnadsbetonger.



Figur F.4. Schematiskt uttorkningsförlopp hos bjälklag för betonger med olika uttorkningsprestanda. Tider för att nå hypotetiskt värde av 85 %.

F.2 Uttorkning klimatförbättrad betong

Hur klimatförbättrad betongs sammansättning eventuellt påverkar uttorkningen är en intressant fråga. Meningsskiljaktigheter förekommer i artiklar, debatter etc. Exempelvis har menats att tillsättning eller ersättning med puzzolaner (slagg, flygaska etc) medför en generell kraftig förtätning av betongen med oerhörd försämring av diffusionsuttorkningen som konsekvens.

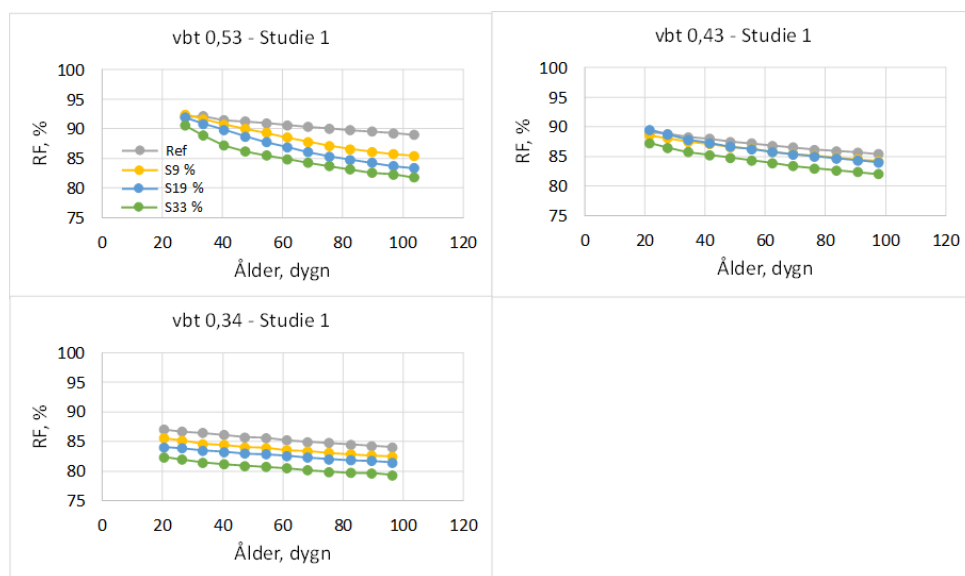
Olika väldokumenterade undersökningar, både i laboratorium och i fält, visar att dylika utsagor inte stämmer. Exempelvis har observerats intressanta effekter på storlek och hastighet vid tillsättning av puzzolaner, i Carlswärd (2020) [30]. Här redovisas laboratorieförsök med slaggersättning för olika v_{bt} :n (en ersättning rakt av utan att beakta eventuella skillnader i effektivitet när det gäller tekniska prestanda, dvs k -faktor = 1).

I en första studie förvarades provkroppar i miljö $RH = 65\%$ och temperatur = 20 °C i ett dygn med plastfolie, därefter skedde uttorkning fritt. Givare monterades efter ett par veckor och första avläsning skedde efter ca 20 dagar. Från resultatdiagrammen framgår att redan innan fuktgivarna monterades hade en ansevärd RH-minskning skett, till stor del beroende av självuttorkningen; betong med lägre v_{bt} har mycket större

⁶ Carlswärd, J., Emborg, M. & Eriksson, D. (2025). *Tillförlitliga uttorkningsprognoser i betong med moderna bindemedel*. Bygg & Teknik, 24 november 2025

uttorkning, se figur F.5. Stor effekt av slaggtillsättning observeras, t ex på talar Carslwärd att man för betong vbt = 0.53 med slagg erhålls en likvärdig eller snabbare uttorkning än referensbetong vbt = 0.34 utan slagg. Klimatvinsten är ansevärd – CO₂ utsläppet för den slagginblandade betongen har minskat med 50 %. I diagrammen observeras även en lägre diffusionsuttorkning i ett senare skede för betongerna med lågt vbt med små skillnader vid slaggtillsättning.

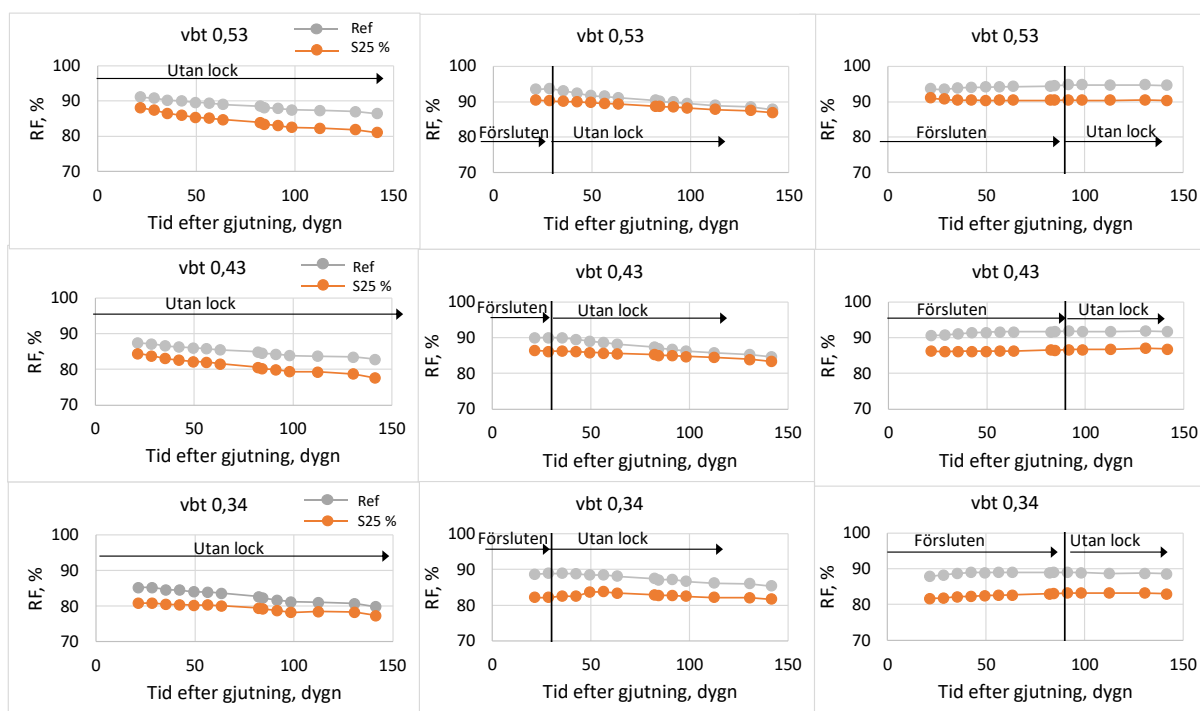
I försöksserie 2 studeras samma variationer av vbt, med en nivå slaggtillsättning i jämförelse med referens och tre förseglingstyper: fri uttorkning direkt från gjutning, 1 månad försegling (genom lock) därefter fri uttorkning, och 2 månader försegling och därefter fri uttorkning. Återigen påverkas självuttorkningen positivt med slaggtillsättning (första mätning vid 14 dygn), se figur F.6.



Figur F.5. Uppmätt uttorkning utan försegling vid varierande vbt och olika delvis ersättning av cement med slagg (i %), Carslwärd (2020)

Diffusionsuttorkningen går mycket långsamt vid sen borttagning av lock vilket bekräftar förtätningen i betongen med ökad hydratation och minskad RH i porerna, dvs exakt enligt tidigare.

Slaggtillsättning, dvs klimatförbättring, ger en mycket positiv påverkan på uttorkningen, jämför tidsskillnader för att nå samma RH (på samma sätt som i fig F.4)– de är ansevärda!



Figur F.6. Uppmätt uttorkning utan försegling (utan lock), försegling 1 månad därefter utan lock, respektive försegling 2 månader, därefter utan lock. varierande vbt enligt figur 6.2, och en nivå av slagg-tillsättning i jämförelse med referens. Carlswärd (2020)

Inmätning egenskaper

Självuttorkningsförsök är tämligen väldefinierade. De sker under stringenta förhållanden beträffande försegling, temperatur, mätteknik etc. De startas direkt efter vattentillsättning och användbara resultat för modellering kan erhållas efter någon månad. Karaktärisering av klimatförbättrad betongs egenskaper kan ske relativt snabbt.

Att exakt dokumentera förändringen av transportegenskaperna med fortlöpande hydratation för klimatförbättrad betong kräver däremot stort underlag där försöksförutsättningar gärna varierar i stor utsträckning, t ex vid sk koppförsök och burkförsök. Försöken är relativt omfattande och innebär noggranna metodiker. De sker under längre tidsrymd. Burkförsöken medger en tidsbesparing och förenkling.

En utmaning är att förändringen av tätheten beror på två huvudfaktors karaktärsändring: hydratationsgrad (dvs geltillväxt) och porfuktighet (dvs de olika transportmekanismerna) – vilka sker samtidigt och dessutom med olika hastigheter efter gjutningen. En heltäckande kartläggning för indata till beräkningsmodeller kräver egentligen variation av ena parametern under det att den andra hålls rimligen konstant och vice – versa.

Ovan gäller givetvis all betong. Klimatförbättrad betongs karaktärisering kan dock motiveras med något mer omfattande undersökning eftersom man ännu inte känner till alla effekter vid ändringar av sammansättning, speciellt bindemedeltyp och mängd

samt att man inte alltid har det stora erfarenhetsunderlaget vid fältmätningar vid introduktion av dessa betonger.

F.3. Förhållanden under uttorkning, åtgärdsbehov, praktikexempel

Uttorkningsförhållanden

Från ovan kan slutsatsen dras att det är teoretisk möjligt att välja betong och hanteringssätt så att skapa mycket kort torktid, dessutom med minskad klimatpåverkan. Tyvärr kan detta vara en stor utmaning i praktiken.

Torktiden fram till att nå den önskvärda, kritiska fukthalten, dvs RH_{krit} i bjälklagets ekvivalenta mätdjup, är relativt lång; från några veckor (det senare med självtorkande betonger och temperaturer 20 °C eller högre), till ett par - flera månader. En tid som förlöper under naturligt varierande omgivningsförhållanden (temperatur och RH i luft), som man ofta har svårt att parera för och skydda betongen ifrån.

Väderleksprognoser baserade på fleråriga mätdata via t ex SMHI/Yr, baserad på långvarig statistik, är till hjälp och kan inhämtas för aktuell plats. Denna har dock sin naturliga variation och osäkerhet.

Benämningen "*tätt hus*" i torksammanhang innebär att bjälklaget förutsätts vara skyddat från nederbörd. Tidpunkten efter gjutning när detta gäller är logiskt beroende av stomdriften och varierar för bjälklagen upp igenom stommen – som inses är den kortare för de övre bjälklagen. Fortfarande gäller de naturliga väderleksförhållandena – möjligen kan finnas en tröghet vid väderomslag samt att vindpåverkan är något lägre. Förutsättningarna för tätt hus är givetvis starkt beroende av hur man lyckas skydda bjälklagen, speciellt vissa delar t ex badrumsförsänkningar, från inkommande vatten.

Benämningen "*styrt klimat*" i torksammanhang innebär logiskt att omgivande temperatur och relativ fuktighet är kontrollerat styrd till en viss nivå som hålls konstant under fortsatt uttorkning. Tidpunkten för detta skede är på samma sätt som ovan helt beroende av stomdriften. Att kunna bibehålla de önskvärda torkförutsättningarna vid styrt klimat kan vara en utmaning. De kan t o m innebära negativ påverkan på t ex arbetsmiljö – optimala temperaturer för uttorkning är inte alltid optimala för utförandet, se t ex tidigare kommentarer i kap 3.

Vid styrt klimat bör en viss vind tillåtas så att byggfukten kan vädras ut. Att t ex vädra nattetid kan vara en lösning.

Analyser i planeringsskede

Indikationer om effekter av utförandeparametrarna ovan kan studeras via t ex pilotberäkningar med trovärdiga uttorkningsprogram. Vid analyser vävs kunskap om själv- och diffusionsuttorkningen samt materialegenskaper enligt ovan självklart in.

Därigenom kan utförandemetoder och betong väljas. Sådana analyser genomförs preliminärt i tidigt skede, t ex i förprojekteringen på liknande sätt som för formhanteringen och tidiga frysningen.

Inom projektet har beräkningar utförts i ett examensarbete i syfte att skapa generell initial information om inverkan av parametrarna ovan. för ett byggobjekt.

Praktikexempel

I examensarbetet utfördes således för ett stombyggnadsprojekt i Stockholmstrakten analyser med variation av tidpunkter tätt hus, styrt inomhusklimat, betongkvalitet etc. Jämförelse har bl a skett med uppmätta data. Intervjuer av initierade personer genomfördes även och gav reflektioner om hur uttorkningsutmaningar hanterades i byggorganisationen, se Källgården (2025) [36].

Syftet med studien var bl a att bidra till en djupare förståelse av praktisk betonguttorkning genom att kombinera erfarenheter och mätdata från genomförda byggprojekt med en utvärdering och jämförelse med uttorkningssimuleringar.

Det formulerades ett antal frågeställningar däribland a) berörande hur väl simuleringsresultat för uttorkningssimulering överensstämmer med mätdata, b) vilka skillnader kopplat till uttorkning för klimatförbättrad- kontra traditionell betong har upptäckts i praktiken ute på byggarbetsplatser och c) vilka parametrar har störst påverkan vid prognoser.

Även hur simuleringsverktyg kan användas generellt för optimering av beslut kring betongval och tidsplanering samt vilka riktade åtgärder man kan vidta berördes i examensarbetet.

Projektets stomdrift appliceras i analyserna beträffande tidpunkter för gjutdatum, tätt hus (taket är tätt och alla fönster och dörrar är monterade) och styrt inomhusklimat (9 dagar efter tätt hus i detta fall) samt datum för golvläggning. Datum för tätt hus och styrt inomhusklimat var således samma för ett helt trapphus, dvs för alla bjälklag innebärande olika förutsättningar för uttorkning för respektive bjälklag. I projektet utformades bjälklagen i normalfall med plattbärlag 50 mm och 200 mm pågjutning (betong TorkBI5), för våtrum skedde 180 mm pågjutning (TorkBI3) samt för fläktrum 200 mm pågjutning med TorkBI1 på grund kort tid innan ytskiktspåförande. Villkor för ytskiktspåförning var i prognoserna med säkerhetsmarginal 2 % enligt normalfall (parkett) 88 %, våtrum 83 % (klinker), fläktrum 83 % (matta).

Betongens klimatreduktion i projektet uppgick till 10 % (enligt Svensk Betong, [2]), dvs produkttyp BIO10 hade valts. Det undersöktes även effekt av tidigareläggning tätt hus, förutsättningar vid styrt klimat (relativ fuktighet) och inverkan av slaggersättning, se Källgården (2025).

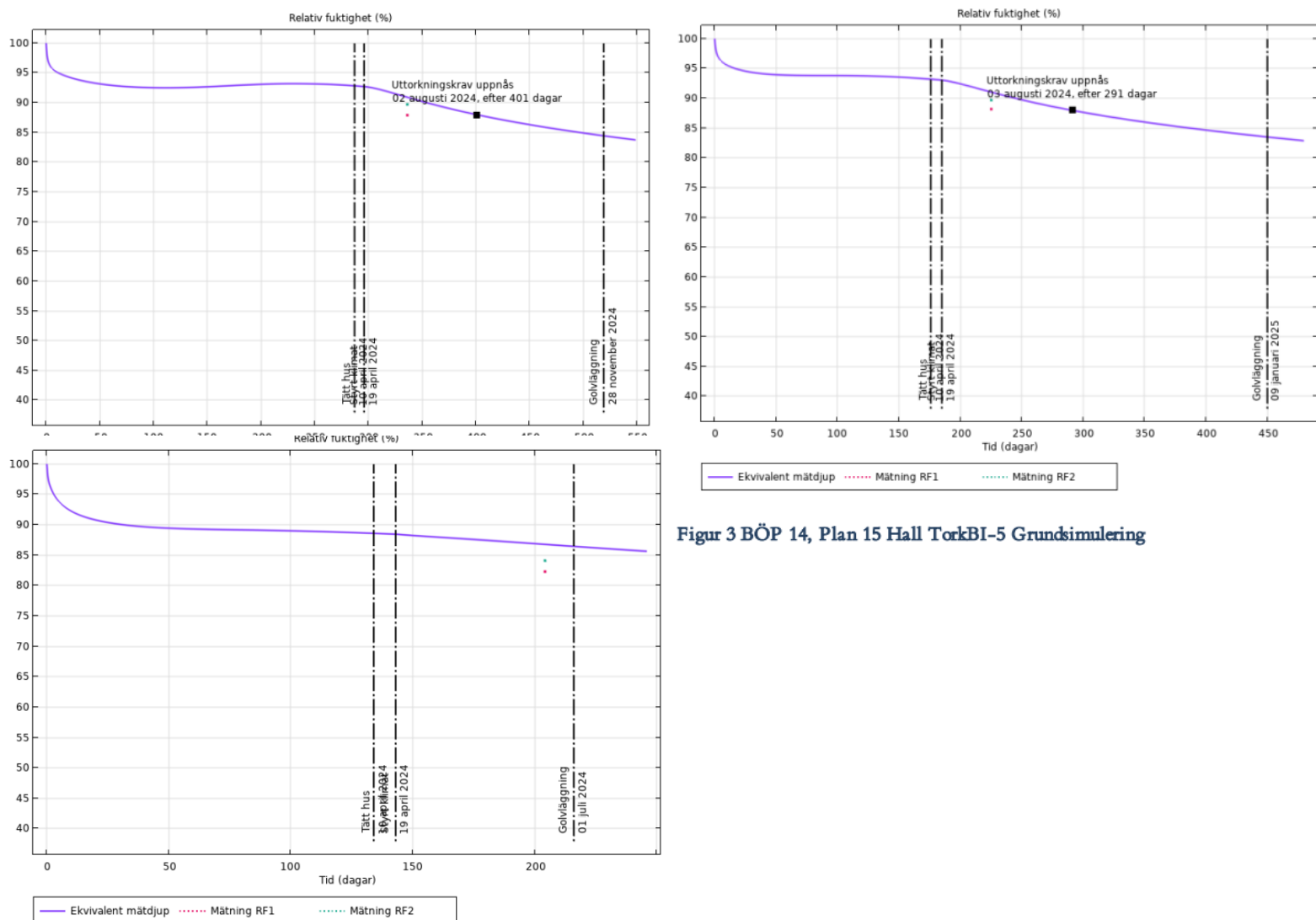
Resultatet visar att tidpunkten för vädertätning är den mest avgörande parametern för uttorkningsprognosen, se exempelvis figur F.7 visande effekten av respektive bjälklags gällande tider för tätt hus och styrt inomhusklimat efter gjutning. Det observeras att den initiala självtuttorkningen är mycket effektiv. Den fortsatta diffusionuttorkningen är tydligt beroende av att tätt hus åstadkoms. Innan dess kan den intermittenta nederbörden (enligt väderdata) faktiskt medföra en uppfuktning av den oskyddade betongen, se speciellt för det nedersta bjälklaget där tid för tätt hus är lång (figur F.7a).

Simuleringarna överskattar fukthalten något jämfört med projektets mätningar dvs prognoserna ger här värden på säkra sidan. Ändock nås teoretisk fuktnivå kravet 88 % med mycket god marginal innan golvläggning.

Figur F.8 visar motsvarande prognos med den självtorkande betongen TorbBI1 för fläktrum. En hastig fukthaltminskning sker under första månaden och en okänslighet för nederbörd innan tätt hus råder, dvs helt enligt förväntningar. Den korta tiden fram till mattläggning innebar att kritisk fuktnivå inte kunde nås enligt prognosen men mätningar på aktuellt bjälklag gav lugnande besked – dessa låg drygt 5 % lägre än prognoserna, se figuren.

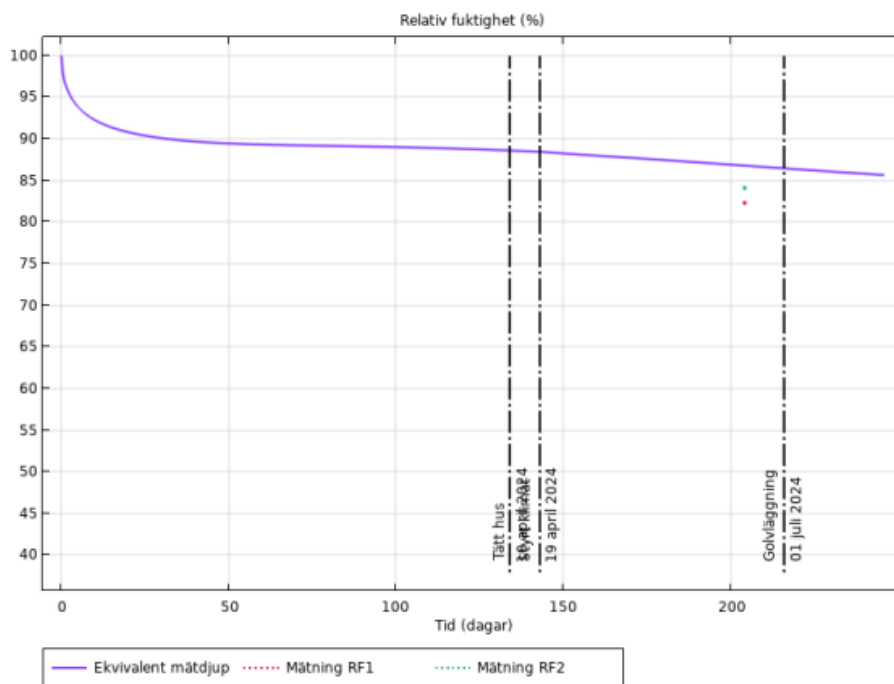
Effekter av simulerade variation av förutsättningar vid styrt klimat visas i figur F.9 med förväntad inverkan på uttorkningshastighet. Figur F.10 visar positiv effekt på uttorkning vid användande av klimatförbättrad betong (BIO betonger) i tidigt skede, dvs i och med självuttorkningen, och samma

prestanda som icke klimatreducerad betong (TorkBI 1 och 5) vad gäller efterföljande diffusionsuttorkning när styrt klimat gäller vid 150 dygn. Självutorkande betong (TorkBI-1) har mycket stor positiv inverkan på uttorkningen.

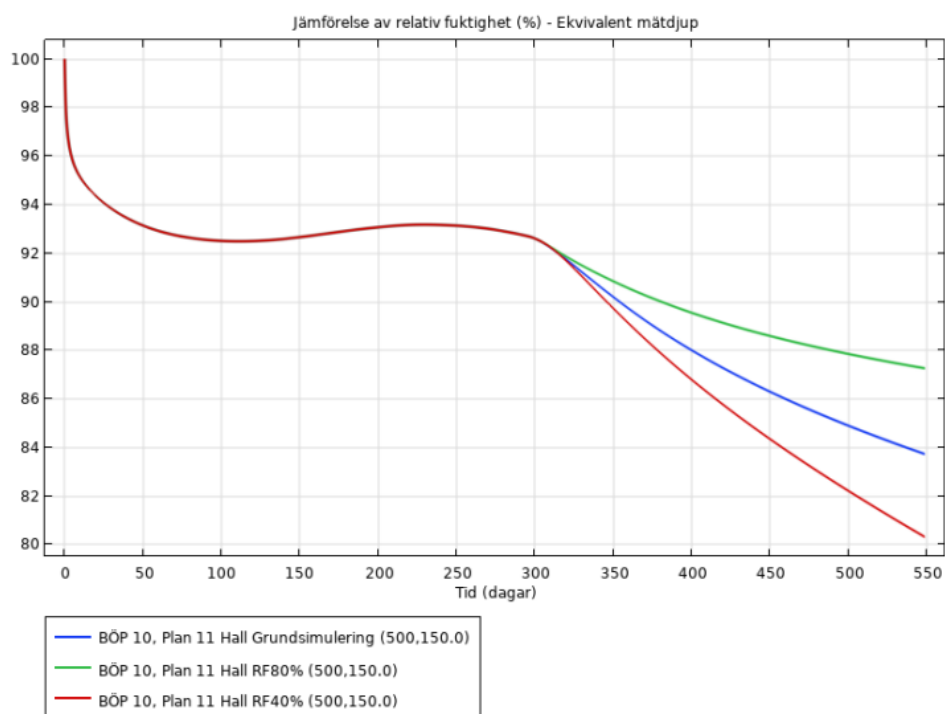


Figur 3 BÖP 14, Plan 15 Hall TorbBI-5 Grundsululering

Figur F.7. Prognoser tre uttorkningsfall vid samma datum tätt hus och styrt inomhusklimat ($RH = 60\%$, $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), dvs allt kortare tider för respektive bjälklag 11, 15 och 17. Betong TorkBI-5, BIO10. Tidpunkt golvläggning skiftar något.

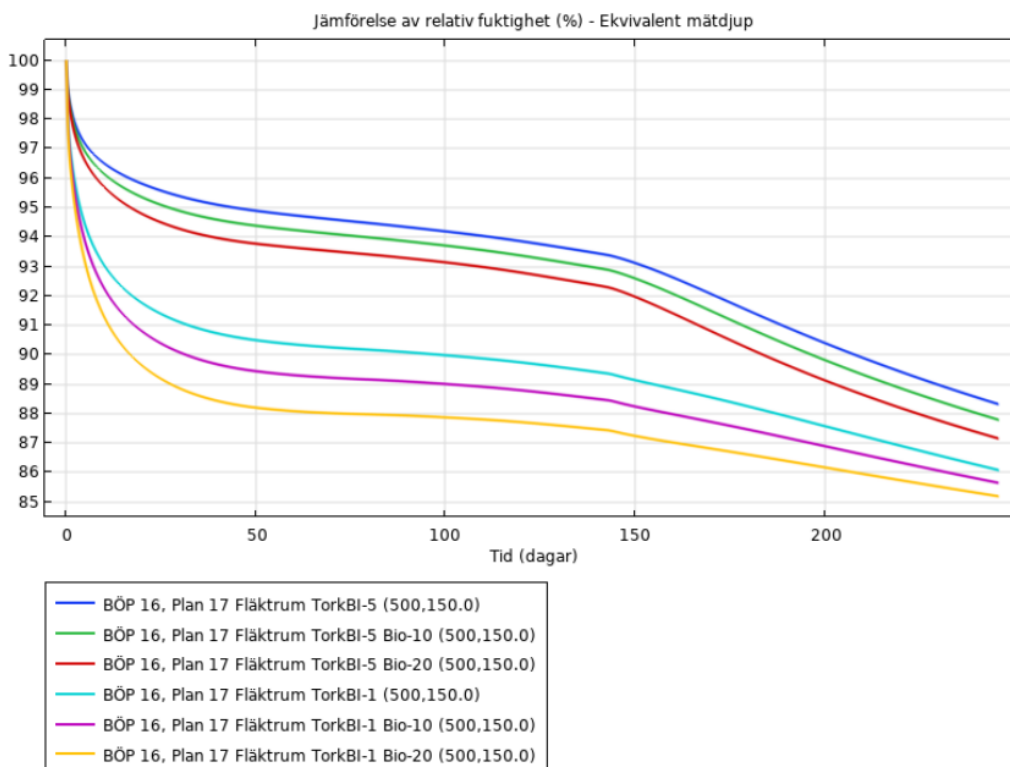


Figur F.8. Prognos bjälklag fläktrum. Krav 83 % innan mattläggning. Betong TorkBI-1, BIO10. Styrt klimat enligt figur F.7.



Figur 13 Jämförelse RF-nivå under torkklimat hall TorkBI-5

Figur F.9. Prognos uttorkning normalfall, med variation RH styrt klimat (vid 296 dagar efter gjutning, $T = 20$ °C): 40 %, 60 % och 80 %, TorkBI-5, BIO 10, (jämför plan 11 i figur F.7).



Figur F.10. Prognos uttorkning fläktrum, variation uttorkningsbetong (TorkBI-5 resp. TorkBI-1) och klimatförbättring: 0 %, 10 % (grundfallet enligt figur F.5) resp 20 %. Styrt klimat enligt figur F.7.

Bilaga G Resultat serieberäkningar: temperatur/hållfasthet, uttorkning

G.1 Klimatbelastning och kostnader - betonghärddnings slingor

Klimatbelastning för *värmeslingor i väggar* exemplifieras för *ett våningsplan* enligt figur G.1. Fem gjutetapper av vägg ca 20 m (se figuren) per våning är fallet med olika lösningar: BHS1-BHS3 enligt tidigare. Indata till beräkning kabellängder och framtagna kabellängder ges i tabell 1 och 2.

Total längd för alternativ BHS3 kan då beräknas för de fem gjutetapperna:

$$\sum l_k = 217.5 + 214 + 217.5 + 230 + 219 = 1098 \text{ m}$$

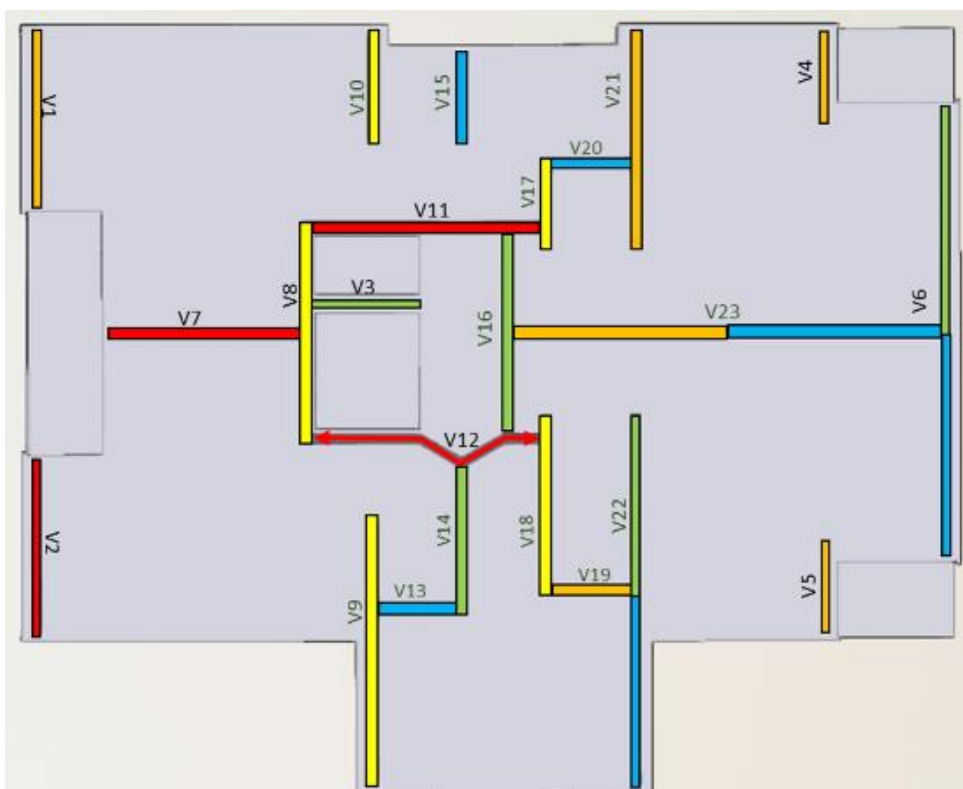
Energien kan beräknas enligt (se tabell 8.5), dvs effekt/m x tid x längd:

$$\sum W_k = 0.040 \cdot 15 \cdot 1098 = 659 \text{ kWh}$$

Klimatbelastning (energi och själva kabeln) och kostnad (arbets- + energikostnad) erhålls slutligen:

- $GWP_{BHS} = 659 \cdot 0.037 + 1098 \cdot 0.387 = 449 \text{ kgCO}_2\text{e}$
- $C_{BHS} = 1098 \cdot 10 + 1098 \cdot 10 + 2 \cdot 659 = 23\,728 \text{ kr}$

Sammanställning för övriga lösningar ges i tabell G.1. Det har således räknats fram klimatbelastning för åtgärden BHS vid full uppvärmning under 15 timmar hos alla väggar i ett våningsplan. Denna kan jämföras med total belastning för betongmaterialet för väggarna; ca 10 000 kgCO₂e. För BHS3 alternativet utgör åtgärden < 5 % av betongens CO₂ utsläpp.



Figur G.1 Värmeslingor för ett våningsplan med gjutning av fem väggetapper markerade med olika färger.

Tabell G.1. Indata till beräkningar av klimatutsläpp och kostnader.

Indata	Variabel	Värde	Enhet
Kabeleffekt	p_k	40	W/m
BHS påslagen	t	15	h
Svensk energimix	GWP_{el}	0.037	CO_{2eq}/kWh
Kabel epd	GWP_k	0.387	CO_{2eq}/m
Arbetskostnad	C_a	10	SEK/m
Kabelkostnad	C_k	10	SEK/m
Elkostnad	C_e	2	SEK/kWh
Vägglängd*	l_v	5	m
Vägghöjd*	h_v	2.5	m
Beräkning av kabel längder BHS1-3 för vägg V8 5x2.5 m			
Antal BHS1 slingor	n_{k1}	2	st
Antal BHS2 slingor	$n_{k2} = \text{Int}((h_v - 0.35)/0.6) + 3$	6	st
Antal BHS3 slingor	$n_{k3} = \text{Int}((h_v - 0.35)/0.3) + 3$	10	st
BHS1 längd	$l_k = n_{k1} \cdot l_v$	10	m/vägg
BHS2 längd	$l_k = n_{k2} \cdot l_v + h_v$	32.5	m/vägg
BHS3 längd	$l_k = n_{k3} \cdot l_v + h_v$	52.5	m/vägg
* Indata till beräkning av erforderlig kabellängd för vägg			

Tabell G.2. Kabellängder för de fem gjutetapperna med metod BHS3,

Ettapp 1			Ettapp 2			Ettapp 3			Ettapp 4			Ettapp 5		
Vägg	Längd	Kabel	Vägg	Längd	Kabel	Vägg	Längd	Kabel	Vägg	Längd	Kabel	Vägg	Längd	Kabel
V8	5	52.5	V2	4.1	43.5	V3	2.7	29.5	V6	5.3	55.5	V1	4.1	43.5
V9	6.3	65.5	V7	4.7	49.5	V6	5.3	55.5	V13	2.3	25.5	V4	2	22.5
V10	2.7	29.5	V11	5.7	59.5	V14	3.3	35.5	V16	2.2	24.5	V5	2	22.5
V17	2.2	24.5	V12	5.9	61.5	V16	4.8	50.5	V20	2.1	23.5	V19	1.9	21.5
V18	4.3	45.5				V22	4.4	46.5	V22	4.4	46.5	V21	5.2	54.5
									V23	5.2	54.5	V23	5.2	54.5
5	20.5	217.5	4	20.4	214	5	20.5	217.5	6	21.5	230	6	20.4	219

Tabell G.3. Klimatbelastning och kostnader för åtgärden värmeslingor BHS1-3 för ett våningsplan

BHS förläggning	Σ kabellängd (m)	Energiåtgång (kWh)	Klimat (kgCO _{2eq})	Kostnader (SEK)
BHS 1	207	124	85	4380
BHS 2	685	411	280	14 518
BHS 3	1098	659	449	23 278

Motsvarande beräkningar kan ske för ett *valvexempel* där full uppvärmning sker enligt figur G.6, dvs samma våningsplan som för väggarna. Värmeslingors placering grundar sig bl a på de genomförda 3D beräkningarna där det observeras att stor avkylning sker av delar lokaliserade ovanpå väggar.

Kabellängd beräknas då till:

$$\sum l_k = 105 + 5 + 10.4 + 4.7 + 4.2 = 129.3 \text{ m}$$

Energiåtgång erhålls p s s som för väggen enligt:

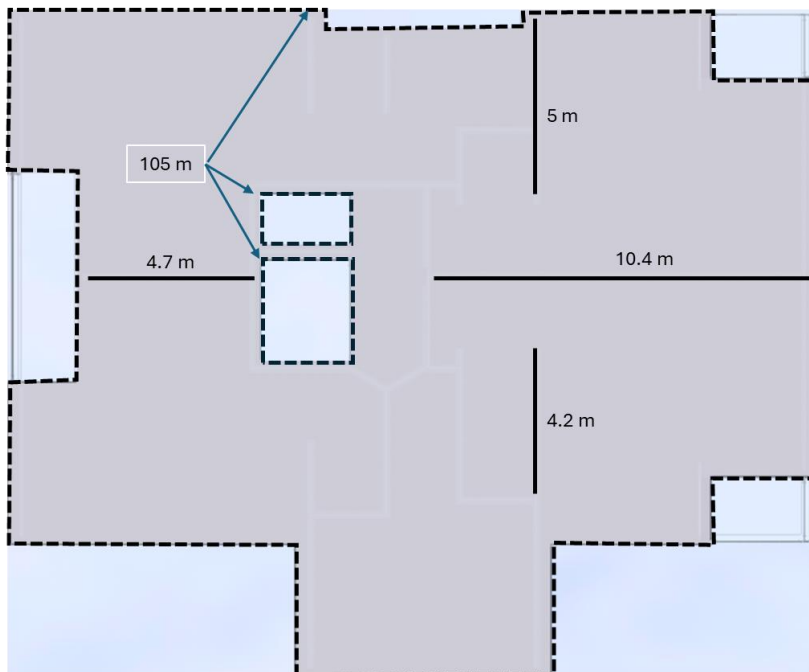
$$\sum W_k = 0.040 \cdot 48 \cdot 129.3 = 248 \text{ kWh}$$

Klimatutsläpp och kostnad fås som:

$$GWP_{BHS} = 248 \cdot 0.037 + 129.3 \cdot 0.387 = 59 \text{ kgCO}_2\text{e}$$

$$C_{BHS} = 10 \cdot 129.3 + 10 \cdot 129.3 + 2 \cdot 248 = 3\,082 \text{ SEK}$$

Klimatbelastning för åtgärden är mycket liten jämfört betongens CO₂ utsläpp; < 1 %.



Figur G.2. Värmeslingor valv för ett våningsplan. Heldragna linjer – bjälklag ovanpå väggar. Streckade linjer – ytterkant, hiss-schakt och trapphus.

G.2 Serieberäkningar väggar

Se nästföljande sidor

BHS
Ingen

C30/37 Inga värmekablar

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	13.5	11.5	10.1	32.2	32.3	32.4
15	Isolerad	13.4	11.2	9.9	32.2	32.3	32.4
10	Oisolerad	14.7	11.9	10.3	30.8	31.0	31.2
10	Isolerad	14.0	11.5	9.9	30.9	31.1	31.3
5	Oisolerad	15.6	12.6	10.6	28.9	29.2	29.4
5	Isolerad	14.5	11.8	10.2	29.1	29.4	29.6
0	Oisolerad	16.8	13.1	11.0	25.7	26.3	26.7
0	Isolerad	15.3	12.1	10.2	26.2	26.7	27.0
-5	Oisolerad	18.4	13.8	11.4	20.3	21.5	22.3
-5	Isolerad	15.4	12.4	10.6	21.6	22.5	23.1
-10	Oisolerad	20.5	15.2	12.3	14.1	16.3	17.8
-10	Isolerad	16.6	13.1	10.6	16.8	18.3	19.7
-15	Oisolerad	24.4	16.5	12.9	9.9	13.2	15.2
-15	Isolerad	17.3	13.5	11.1	14.2	16.1	17.4

BHS1

C30/37 BHS1 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	13.6	11.2	9.9	32.2	32.3	32.4
15	Isolerad	13.5	11.0	9.7	32.2	32.4	32.4
10	Oisolerad	14.0	11.6	10.1	30.9	31.1	31.2
10	Isolerad	13.4	11.2	9.7	31.0	31.2	31.3
5	Oisolerad	14.8	12.1	10.5	29.0	29.3	29.5
5	Isolerad	13.8	11.5	10.0	29.2	29.5	29.7
0	Oisolerad	16.1	12.7	10.8	25.9	26.4	26.8
0	Isolerad	14.6	11.8	10.0	26.4	26.8	27.2
-5	Oisolerad	17.2	13.4	11.2	21.0	21.9	22.7
-5	Isolerad	15.1	12.1	10.4	22.0	22.8	23.5
-10	Oisolerad	19.6	14.5	11.7	15.4	17.5	18.9
-10	Isolerad	15.7	12.4	10.4	18.1	19.3	20.4
-15	Oisolerad	22.9	15.9	12.3	11.5	14.4	16.6
-15	Isolerad	16.8	13.2	10.7	15.5	17.1	18.5

BHS2

C30/37 BHS2 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	12.5	10.9	9.3	32.3	32.4	32.5
15	Isolerad	12.3	10.6	9.2	32.3	32.4	32.6
10	Oisolerad	12.9	10.9	9.6	31.1	31.3	31.4
10	Isolerad	12.6	10.5	9.2	31.2	31.3	31.5
5	Oisolerad	13.1	11.2	9.8	29.3	29.6	29.8
5	Isolerad	12.5	10.7	9.4	29.5	29.7	29.9
0	Oisolerad	14.0	11.6	10.1	26.5	26.9	27.3
0	Isolerad	13.0	10.9	9.6	26.9	27.3	27.6
-5	Oisolerad	14.8	12.1	10.4	22.1	22.9	23.5
-5	Isolerad	13.2	11.1	9.6	23.0	23.6	24.2
-10	Oisolerad	15.9	12.7	10.8	17.7	19.1	20.2
-10	Isolerad	13.7	11.4	9.9	19.6	20.5	21.3
-15	Oisolerad	17.4	13.8	11.2	14.5	16.5	18.1
-15	Isolerad	14.5	12.0	10.0	17.4	18.5	19.8

BHS3

C30/37 BHS3 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	11.8	10.4	9.1	32.4	32.5	32.6
15	Isolerad	11.6	10.2	8.8	32.4	32.5	32.7
10	Oisolerad	12.2	10.4	9.2	31.2	31.4	31.5
10	Isolerad	11.9	10.0	8.9	31.3	31.5	31.6
5	Oisolerad	12.3	10.7	9.6	29.5	29.7	29.9
5	Isolerad	11.7	10.4	9.2	29.7	29.9	30.1
0	Oisolerad	12.8	11.0	9.7	26.9	27.2	27.5
0	Isolerad	12.0	10.5	9.2	27.2	27.6	27.9
-5	Oisolerad	13.4	11.4	10.1	22.8	23.4	24.0
-5	Isolerad	12.3	10.6	9.4	23.6	24.2	24.6
-10	Oisolerad	14.3	11.9	10.2	18.9	20.0	20.9
-10	Isolerad	12.6	10.8	9.4	20.4	21.3	22.0
-15	Oisolerad	15.4	12.8	10.6	16.1	17.6	19.1
-15	Isolerad	13.3	11.3	9.7	18.4	19.4	20.4

BHS
Ingen

C30/37 BIO-10 Inga värmekablar

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	15.0	12.7	10.8	30.3	30.5	30.6
15	Isolerad	14.9	12.2	10.5	30.4	30.5	30.7
10	Oisolerad	16.2	13.3	11.2	28.7	28.9	29.1
10	Isolerad	15.5	12.6	10.7	28.8	29.0	29.3
5	Oisolerad	17.4	13.8	11.6	26.3	26.7	27.0
5	Isolerad	16.3	12.9	10.9	26.5	26.9	27.2
0	Oisolerad	19.0	14.9	12.2	22.7	23.3	23.9
0	Isolerad	16.8	13.5	11.1	23.3	23.9	24.3
-5	Oisolerad	21.2	15.9	12.9	17.0	18.3	19.2
-5	Isolerad	17.8	13.7	11.4	18.4	19.5	20.2
-10	Oisolerad	24.6	17.5	13.9	10.9	13.0	14.6
-10	Isolerad	18.7	14.6	11.7	13.8	15.3	16.6
-15	Oisolerad	32.5	19.5	14.7	7.0	10.0	12.2
-15	Isolerad	19.8	15.1	12.3	11.5	13.2	14.5

BHS1

C30/37 BIO-10 BHS1 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	14.8	12.3	10.6	30.4	30.5	30.7
15	Isolerad	14.7	12.0	10.3	30.4	30.6	30.8
10	Oisolerad	15.5	12.8	11.0	28.8	29.0	29.2
10	Isolerad	15.0	12.2	10.5	28.9	29.1	29.3
5	Oisolerad	16.5	13.6	11.4	26.5	26.8	27.1
5	Isolerad	15.5	12.7	10.7	26.7	27.0	27.3
0	Oisolerad	18.1	14.4	11.9	22.9	23.6	24.1
0	Isolerad	16.1	12.9	10.9	23.5	24.1	24.5
-5	Oisolerad	20.0	15.3	12.4	17.6	18.7	19.6
-5	Isolerad	16.8	13.3	11.2	19.0	19.9	20.6
-10	Oisolerad	23.1	16.9	13.0	12.1	14.0	15.7
-10	Isolerad	17.6	13.9	11.4	14.9	16.2	17.3
-15	Oisolerad	29.3	18.6	14.0	8.0	11.0	13.3
-15	Isolerad	19.0	14.7	11.9	12.4	14.1	15.5

BHS2

C30/37 BIO-10 BHS2 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	13.5	11.7	10.2	30.5	30.7	30.8
15	Isolerad	13.3	11.5	9.7	30.6	30.7	30.9
10	Oisolerad	14.1	11.9	10.4	29.0	29.2	29.4
10	Isolerad	13.6	11.3	10.0	29.1	29.3	29.5
5	Oisolerad	14.6	12.4	10.6	26.8	27.1	27.4
5	Isolerad	13.8	11.7	10.2	27.1	27.4	27.6
0	Oisolerad	15.3	12.9	11.0	23.7	24.1	24.6
0	Isolerad	14.2	11.8	10.2	24.1	24.6	25.0
-5	Oisolerad	16.5	13.6	11.4	18.9	19.8	20.5
-5	Isolerad	14.6	12.1	10.7	20.0	20.7	21.4
-10	Oisolerad	17.8	14.3	11.9	14.3	15.9	17.0
-10	Isolerad	15.2	12.4	10.6	16.4	17.5	18.4
-15	Oisolerad	20.0	15.5	12.6	11.3	13.2	14.9
-15	Isolerad	15.9	13.1	10.8	14.3	15.6	16.8

BHS3

C30/37 BIO-10 BHS3 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	12.7	11.2	9.7	30.7	30.8	31.0
15	Isolerad	12.5	10.9	9.5	30.7	30.9	31.0
10	Oisolerad	13.2	11.2	9.9	29.2	29.4	29.6
10	Isolerad	12.8	10.8	9.6	29.3	29.5	29.7
5	Oisolerad	13.5	11.6	10.2	27.1	27.4	27.6
5	Isolerad	12.7	11.3	9.7	27.4	27.6	27.9
0	Oisolerad	14.1	12.0	10.5	24.1	24.5	24.9
0	Isolerad	13.1	11.2	9.8	24.6	25.0	25.3
-5	Oisolerad	14.9	12.5	10.8	19.7	20.5	21.1
-5	Isolerad	13.3	11.4	10.0	20.7	21.3	21.9
-10	Oisolerad	15.8	13.2	11.2	15.6	16.9	17.9
-10	Isolerad	13.9	11.7	10.3	17.4	18.3	19.1
-15	Oisolerad	17.2	14.1	11.6	12.9	14.5	16.0
-15	Isolerad	14.5	12.3	10.3	15.4	16.5	17.6

BHS
Ingen

C30/37 BIO-20 Inga värmekablar

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	17.6	15.0	13.0	25.1	25.3	25.5
15	Isolerad	17.4	14.7	12.5	25.2	25.4	25.6
10	Oisolerad	19.2	15.8	13.5	22.8	23.1	23.4
10	Isolerad	18.2	15.1	12.8	23.0	23.3	23.6
5	Oisolerad	21.0	17.1	14.2	19.7	20.1	20.5
5	Isolerad	19.4	15.5	13.2	20.0	20.5	20.8
0	Oisolerad	23.6	18.1	14.9	15.4	16.1	16.7
0	Isolerad	20.5	16.1	13.4	16.1	16.8	17.3
-5	Oisolerad	28.0	20.2	15.8	10.1	11.2	12.3
-5	Isolerad	21.8	16.8	13.9	11.7	12.7	13.5
-10	Oisolerad	38.4	22.9	17.4	6.2	8.2	9.5
-10	Isolerad	23.4	17.7	14.2	9.1	10.2	11.4
-15	Oisolerad	168.0	28.1	18.9	1.1	6.2	7.8
-15	Isolerad	25.5	18.5	14.9	7.7	8.9	10.0

BHS1

C30/37 BIO-20 BHS1 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	17.4	14.7	12.7	25.1	25.4	25.6
15	Isolerad	17.2	14.3	12.3	25.2	25.5	25.7
10	Oisolerad	18.4	15.3	13.1	22.9	23.2	23.5
10	Isolerad	17.7	14.6	12.5	23.0	23.4	23.6
5	Oisolerad	20.0	16.4	13.8	19.8	20.2	20.6
5	Isolerad	18.6	14.9	12.8	20.1	20.6	21.0
0	Oisolerad	22.2	17.3	14.4	15.7	16.3	16.9
0	Isolerad	19.5	15.5	13.0	16.4	17.0	17.5
-5	Oisolerad	25.6	18.7	15.2	10.6	11.8	12.7
-5	Isolerad	20.6	16.1	13.5	12.2	13.1	13.8
-10	Oisolerad	33.3	21.4	16.2	7.0	8.8	10.2
-10	Isolerad	21.6	16.6	13.7	9.9	10.9	11.8
-15	Oisolerad	168.0	25.4	17.9	1.7	6.8	8.4
-15	Isolerad	23.9	17.7	14.3	8.3	9.5	10.6

BHS2

C30/37 BIO-20 BHS2 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	15.7	13.7	11.9	25.4	25.6	25.8
15	Isolerad	15.4	13.4	11.6	25.5	25.7	25.9
10	Oisolerad	16.4	13.9	12.3	23.2	23.5	23.7
10	Isolerad	15.8	13.3	11.8	23.4	23.7	23.9
5	Oisolerad	17.2	14.5	12.7	20.3	20.7	21.0
5	Isolerad	16.1	13.6	12.0	20.6	21.0	21.3
0	Oisolerad	18.3	15.4	13.1	16.4	17.0	17.5
0	Isolerad	16.7	13.9	12.4	17.1	17.6	18.0
-5	Oisolerad	19.9	16.1	13.7	12.0	12.9	13.6
-5	Isolerad	17.2	14.5	12.4	13.2	13.9	14.6
-10	Oisolerad	22.3	17.3	14.5	9.1	10.4	11.3
-10	Isolerad	18.0	14.8	12.7	11.0	12.0	12.7
-15	Oisolerad	26.7	19.1	15.2	6.9	8.5	9.9
-15	Isolerad	19.0	15.5	12.9	9.7	10.6	11.6

BHS3

C30/37 BIO-20 BHS3 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmpty	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	14.7	13.1	11.5	25.6	25.7	25.9
15	Isolerad	14.4	12.7	11.1	25.7	25.8	26.1
10	Oisolerad	15.3	13.3	11.8	23.4	23.7	23.9
10	Isolerad	14.8	12.8	11.3	23.6	23.9	24.1
5	Oisolerad	15.8	13.6	12.1	20.6	21.0	21.3
5	Isolerad	14.9	13.0	11.5	21.0	21.3	21.6
0	Oisolerad	16.6	14.3	12.5	16.9	17.4	17.9
0	Isolerad	15.3	13.1	11.7	17.5	18.0	18.4
-5	Oisolerad	17.7	14.9	13.0	12.7	13.6	14.2
-5	Isolerad	15.7	13.4	11.8	13.9	14.5	15.1
-10	Oisolerad	19.0	15.8	13.4	10.1	11.2	12.1
-10	Isolerad	16.3	13.9	12.1	11.8	12.6	13.3
-15	Oisolerad	21.3	17.0	14.1	8.3	9.5	10.7
-15	Isolerad	17.0	14.5	12.4	10.5	11.4	12.2

BHS
Ingen

C30/37 BIO-40 Inga värmekablar

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	26.5	22.2	18.5	20.2	20.6	21.0
15	Isolerad	25.6	20.9	17.1	20.4	20.9	21.4
10	Oisolerad	29.9	24.7	20.0	17.3	17.8	18.3
10	Isolerad	27.3	22.0	17.8	17.7	18.3	18.8
5	Oisolerad	35.1	27.8	22.2	14.1	14.6	15.2
5	Isolerad	29.7	23.2	18.8	14.8	15.4	16.0
0	Oisolerad	44.4	32.7	25.2	10.5	11.2	11.9
0	Isolerad	32.8	24.8	19.5	11.7	12.4	13.0
-5	Oisolerad	71.8	42.9	29.0	6.7	7.6	8.5
-5	Isolerad	36.7	26.8	20.6	8.6	9.3	10.0
-10	Oisolerad	168.0	168.0	39.0	2.8	4.5	5.7
-10	Isolerad	44.4	30.2	22.0	6.1	6.8	7.6
-15	Oisolerad	168.0	168.0	168.0	0.9	2.5	4.1
-15	Isolerad	62.2	34.3	24.1	5.2	5.9	6.7

BHS1

C30/37 BIO-40 BHS1 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	25.5	21.3	17.8	20.3	20.7	21.1
15	Isolerad	24.5	19.9	16.5	20.5	21.0	21.5
10	Oisolerad	28.4	23.3	19.1	17.4	17.9	18.4
10	Isolerad	26.0	20.9	17.2	17.9	18.4	18.9
5	Oisolerad	33.0	26.2	21.0	14.2	14.8	15.4
5	Isolerad	28.0	22.2	18.0	15.0	15.6	16.1
0	Oisolerad	40.8	30.3	23.6	10.7	11.5	12.1
0	Isolerad	30.6	23.5	18.6	11.9	12.6	13.3
-5	Oisolerad	61.1	38.4	26.7	7.0	7.9	8.8
-5	Isolerad	34.1	25.3	19.6	8.8	9.5	10.3
-10	Oisolerad	168.0	103.0	33.5	3.2	5.0	5.9
-10	Isolerad	39.7	27.6	20.8	6.3	7.1	7.9
-15	Oisolerad	168.0	168.0	168.0	1.2	2.8	4.6
-15	Isolerad	51.3	31.4	22.3	5.4	6.1	7.0

BHS2

C30/37 BIO-40 BHS2 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	21.7	18.6	15.9	20.8	21.2	21.6
15	Isolerad	20.7	17.6	14.7	21.1	21.5	22.0
10	Oisolerad	23.7	19.7	16.6	18.0	18.5	19.0
10	Isolerad	21.7	17.9	15.1	18.5	19.0	19.5
5	Oisolerad	26.2	21.5	17.8	15.0	15.5	16.0
5	Isolerad	22.6	18.7	15.8	15.7	16.3	16.8
0	Oisolerad	30.3	23.9	19.5	11.6	12.2	12.9
0	Isolerad	24.2	19.4	16.1	12.7	13.4	14.0
-5	Oisolerad	37.4	27.3	21.1	8.1	8.9	9.7
-5	Isolerad	25.8	20.5	16.7	9.7	10.4	11.1
-10	Oisolerad	69.4	34.0	23.7	5.1	6.0	7.0
-10	Isolerad	28.1	21.6	17.4	7.2	8.0	8.8
-15	Oisolerad	168.0	168.0	28.8	2.9	4.6	5.8
-15	Isolerad	31.6	23.5	18.3	6.3	7.0	7.8

BHS3

C30/37 BIO-40 BHS3 förläggning

Uttemp [°C]	Formtyp 19mmply	Avformning vid olika gjuttemperatur			Hållfasthet efter 7dygn		
		15° btg [h]	20° btg [h]	25° btg (h)	15° btg [MPa]	20° btg [MPa]	25° btg [MPa]
15	Oisolerad	19.3	16.8	14.8	21.2	21.6	21.9
15	Isolerad	18.6	16.1	13.9	21.5	21.9	22.3
10	Oisolerad	21.0	17.7	15.3	18.4	18.9	19.4
10	Isolerad	19.4	16.2	14.0	18.9	19.4	19.9
5	Oisolerad	22.6	19.0	16.2	15.5	16.0	16.5
5	Isolerad	19.9	16.8	14.5	16.2	16.8	17.3
0	Oisolerad	25.2	20.7	17.3	12.2	12.8	13.5
0	Isolerad	20.9	17.6	15.0	13.3	13.9	14.5
-5	Oisolerad	29.0	22.7	18.4	8.8	9.6	10.3
-5	Isolerad	21.9	18.1	15.2	10.4	11.1	11.8
-10	Oisolerad	36.9	26.0	20.1	5.9	6.8	7.7
-10	Isolerad	23.3	18.8	15.7	8.0	8.7	9.5
-15	Oisolerad	168.0	33.3	22.5	4.4	5.6	6.5
-15	Isolerad	25.3	20.2	16.4	7.0	7.7	8.5

G.3 Serieberäkningar valv med konventionell form

Se nästföljande sidor

Betong: C32/40 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	16.4	14.3	12.5	29.7	27.0	24.5	35.1	35.2	35.3
15	Ja	16.1	13.7	12.2	28.0	24.7	22.7	35.3	35.5	35.6
10	Nej	17.4	14.9	13.0	32.3	28.9	26.0	33.9	34.0	34.2
10	Ja	16.5	14.2	12.5	29.0	25.7	23.4	34.3	34.5	34.7
5	Nej	18.7	15.8	13.6	35.9	31.5	27.9	32.1	32.4	32.7
5	Ja	17.4	14.9	12.9	30.9	27.4	24.4	32.8	33.1	33.4
0	Nej	20.6	16.8	14.2	41.7	35.3	30.6	29.4	29.9	30.3
0	Ja	18.8	15.4	13.5	34.0	28.5	25.6	30.5	31.2	31.6
-5	Nej	23.3	18.2	15.0	56.4	42.7	34.8	25.1	26.1	26.9
-5	Ja	20.1	16.4	13.8	38.1	31.0	26.6	27.3	28.4	29.2
-10	Nej	28.4	20.1	16.0	0.0	0.0	45.5	19.3	21.7	23.3
-10	Ja	22.2	17.5	14.5	48.7	34.7	28.5	23.6	25.5	26.9
-15	Nej	0.0	23.4	17.4	0.0	0.0	0.0	9.0	17.6	20.3
-15	Ja	25.2	18.2	15.2	0.0	39.6	31.1	20.0	23.6	25.2

Betong: C32/40 Form: isolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	16.3	14.1	12.3	29.0	26.1	23.6	35.3	35.5	35.6
15	Ja	16.0	13.6	12.0	27.4	24.0	21.9	35.6	35.8	36.0
10	Nej	17.1	14.6	12.7	30.8	27.5	24.7	34.3	34.5	34.7
10	Ja	16.3	13.9	12.2	27.9	24.7	22.4	34.7	35.0	35.2
5	Nej	18.1	15.3	13.2	33.4	29.3	26.0	32.8	33.1	33.4
5	Ja	16.9	14.5	12.6	29.1	25.8	23.1	33.5	33.8	34.2
0	Nej	19.5	16.0	13.6	36.9	31.6	27.6	30.6	31.1	31.5
0	Ja	17.9	14.8	12.9	31.0	26.5	23.9	31.8	32.4	32.8
-5	Nej	21.2	16.9	14.2	42.8	35.0	29.8	27.4	28.2	28.9
-5	Ja	18.8	15.4	13.1	33.1	27.8	24.4	29.4	30.3	31.1
-10	Nej	23.9	18.1	14.8	58.5	40.8	32.8	23.3	25.0	26.1
-10	Ja	19.9	16.2	13.6	36.1	29.5	25.4	26.8	28.2	29.3
-15	Nej	28.6	19.6	15.6	0.0	0.0	38.9	18.9	22.1	23.9
-15	Ja	21.4	16.5	14.0	41.2	30.6	26.5	24.6	26.9	28.0

Betong: C32/40 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	17.3	15.7	14.3	37.0	35.1	33.3	34.3	34.3	34.4
15	Ja	16.2	14.3	12.8	28.7	25.8	23.8	34.7	34.9	35.0
10	Nej	19.8	17.7	15.9	46.3	43.7	41.2	32.5	32.6	32.7
10	Ja	17.4	15.4	13.8	31.8	28.3	25.7	33.3	33.5	33.7
5	Nej	24.2	21.0	18.4	66.7	62.4	58.2	29.7	29.9	30.1
5	Ja	19.5	16.7	14.7	39.3	32.0	28.0	31.0	31.4	31.7
0	Nej	34.6	28.1	23.2	130.7	121.5	112.3	24.4	24.9	25.3
0	Ja	22.5	18.9	16.2	69.7	44.7	33.3	26.9	27.9	28.6
-5	Nej	161.2	101.4	50.7	0.0	0.0	0.0	10.3	12.7	14.5
-5	Ja	28.7	21.8	18.1	0.0	0.0	86.5	18.4	21.6	23.5
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
-10	Ja	0.0	27.4	20.7	0.0	0.0	0.0	2.9	13.5	18.2
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	13.0

Betong: C32/40 Form: isolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	17.1	15.5	14.0	35.9	33.8	31.8	34.3	34.4	34.5
15	Ja	16.1	14.1	12.6	27.9	25.0	23.0	34.8	35.0	35.1
10	Nej	19.4	17.3	15.4	43.9	41.2	38.5	32.7	32.8	32.9
10	Ja	17.1	15.1	13.5	30.1	27.0	24.5	33.5	33.7	33.9
5	Nej	23.2	20.0	17.5	61.7	57.2	52.8	30.0	30.2	30.4
5	Ja	18.8	16.1	14.2	35.0	29.1	26.0	31.3	31.8	32.1
0	Nej	31.4	25.4	21.0	119.2	108.8	99.1	25.0	25.4	25.8
0	Ja	21.3	17.9	15.4	50.7	35.1	28.9	27.7	28.6	29.3
-5	Nej	107.8	52.3	31.3	0.0	0.0	0.0	12.5	14.7	16.3
-5	Ja	24.9	20.0	16.8	0.0	86.3	34.6	20.8	23.5	25.1
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.3
-10	Ja	39.1	22.9	18.6	0.0	0.0	0.0	10.7	17.8	21.1
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
-15	Ja	0.0	30.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.3	11.6	17.9

Betong: C32/40 BIO-10 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	18.4	16.0	14.1	38.5	35.0	31.9	33.3	33.4	33.6
15	Ja	18.1	15.3	13.6	35.8	31.3	28.6	33.5	33.8	34.0
10	Nej	19.8	17.0	14.7	43.2	38.7	34.8	31.7	32.0	32.2
10	Ja	18.8	16.0	14.0	38.1	33.2	29.7	32.2	32.5	32.8
5	Nej	21.6	18.1	15.5	50.9	44.5	39.0	29.6	29.9	30.3
5	Ja	20.0	17.0	14.6	42.5	36.5	31.8	30.3	30.7	31.2
0	Nej	24.2	19.6	16.4	69.2	56.3	46.9	26.4	27.0	27.5
0	Ja	21.5	17.5	15.0	50.2	39.7	33.8	27.5	28.4	29.0
-5	Nej	28.4	21.6	17.6	0.0	150.7	76.7	21.3	22.6	23.6
-5	Ja	23.5	18.9	15.8	78.9	48.5	37.7	23.6	25.0	26.2
-10	Nej	38.5	24.9	19.2	0.0	0.0	0.0	14.4	17.5	19.4
-10	Ja	26.5	19.9	16.6	0.0	0.0	45.9	19.2	21.9	23.4
-15	Nej	0.0	32.6	21.6	0.0	0.0	0.0	1.1	12.6	16.1
-15	Ja	32.4	21.8	17.3	0.0	0.0	0.0	14.6	19.3	21.6

Betong: C32/40 BIO-10 Form: isolerad Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	18.3	15.8	13.8	36.9	33.4	30.2	33.6	33.8	34.0
15	Ja	18.0	15.1	13.4	34.4	29.9	27.2	33.9	34.2	34.5
10	Nej	19.4	16.5	14.3	40.4	35.9	32.2	32.2	32.5	32.8
10	Ja	18.3	15.6	13.6	35.7	31.1	27.9	32.7	33.1	33.4
5	Nej	20.8	17.4	14.9	45.3	39.5	34.8	30.4	30.7	31.1
5	Ja	19.3	16.3	14.1	38.3	33.2	29.2	31.1	31.6	32.1
0	Nej	22.6	18.4	15.6	53.9	45.1	38.6	27.7	28.3	28.9
0	Ja	20.3	16.7	14.4	41.9	34.4	30.2	29.0	29.8	30.4
-5	Nej	25.2	19.7	16.3	80.7	56.8	45.0	23.9	24.9	25.8
-5	Ja	21.6	17.6	14.9	47.8	37.7	31.8	26.1	27.3	28.3
-10	Nej	29.5	21.5	17.3	0.0	0.0	70.1	19.1	21.2	22.6
-10	Ja	23.1	18.1	15.4	64.8	41.0	34.1	23.0	25.0	26.2
-15	Nej	40.1	24.2	18.5	0.0	0.0	0.0	13.2	17.8	20.0
-15	Ja	25.2	19.1	16.0	0.0	49.6	37.2	20.2	23.1	24.6

Betong: C32/40 BIO-10 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	19.7	18.0	16.4	50.6	48.6	46.5	32.3	32.4	32.5
15	Ja	18.2	16.1	14.4	39.6	34.9	31.2	32.8	33.0	33.2
10	Nej	23.1	20.7	18.6	66.1	63.2	60.3	30.2	30.3	30.4
10	Ja	19.6	17.5	15.6	47.8	41.7	36.2	30.9	31.2	31.5
5	Nej	29.2	25.5	22.3	99.0	94.3	89.9	26.9	27.1	27.3
5	Ja	22.2	19.1	16.8	70.4	56.5	45.8	28.1	28.7	29.1
0	Nej	45.8	37.9	31.0	0.0	0.0	0.0	21.1	21.6	22.0
0	Ja	26.4	21.8	18.6	143.8	112.5	84.1	23.4	24.5	25.4
-5	Nej	0.0	0.0	125.3	0.0	0.0	0.0	7.8	9.7	11.4
-5	Ja	44.8	25.9	21.1	0.0	0.0	0.0	14.2	17.5	19.7
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
-10	Ja	0.0	0.0	24.9	0.0	0.0	0.0	0.7	8.4	13.7
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	7.8

Betong: C32/40 BIO-10 Form: isolerad Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	19.5	17.7	16.0	48.9	46.6	44.4	32.4	32.5	32.6
15	Ja	18.0	15.9	14.1	36.4	32.9	29.4	33.0	33.2	33.4
10	Nej	22.6	20.1	17.9	63.2	60.0	56.9	30.3	30.4	30.6
10	Ja	19.3	17.1	15.2	43.6	37.7	32.8	31.2	31.5	31.8
5	Nej	27.9	24.1	21.0	93.7	88.6	83.6	27.1	27.4	27.6
5	Ja	21.4	18.4	16.1	60.3	46.7	37.9	28.5	29.1	29.6
0	Nej	40.8	33.1	27.1	0.0	0.0	163.4	21.7	22.2	22.6
0	Ja	24.4	20.5	17.6	119.8	84.6	55.5	24.3	25.4	26.3
-5	Nej	0.0	126.3	71.8	0.0	0.0	0.0	9.3	11.4	13.0
-5	Ja	31.1	23.1	19.3	0.0	0.0	0.0	16.6	19.6	21.5
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2
-10	Ja	0.0	28.0	21.6	0.0	0.0	0.0	5.8	13.1	16.9
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
-15	Ja	0.0	0.0	25.1	0.0	0.0	0.0	0.1	6.4	13.2

Betong: C32/40 BIO-20 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	24.4	21.5	19.2	83.3	78.3	73.5	27.8	28.1	28.3
15	Ja	23.7	20.4	18.4	78.3	70.3	64.8	28.1	28.5	28.8
10	Nej	26.6	23.0	20.3	106.5	99.2	92.1	25.6	25.9	26.2
10	Ja	24.9	21.3	18.9	96.0	84.9	76.2	26.0	26.5	26.9
5	Nej	29.7	25.0	21.6	164.3	150.6	137.7	22.6	23.0	23.4
5	Ja	26.8	22.4	19.8	142.5	120.5	105.4	23.3	24.0	24.5
0	Nej	35.1	27.8	23.3	0.0	0.0	0.0	18.4	19.1	19.8
0	Ja	29.5	23.9	20.5	0.0	0.0	0.0	19.6	20.7	21.5
-5	Nej	49.1	33.1	26.0	0.0	0.0	0.0	12.7	14.4	15.5
-5	Ja	34.2	26.0	21.7	0.0	0.0	0.0	15.1	16.9	18.2
-10	Nej	0.0	0.0	30.9	0.0	0.0	0.0	3.6	10.0	12.2
-10	Ja	47.1	28.4	23.1	0.0	0.0	0.0	10.9	14.1	15.8
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	9.3
-15	Ja	0.0	33.9	24.4	0.0	0.0	0.0	5.2	11.6	14.2

Betong: C32/40 BIO-20 Form: isolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	24.1	21.1	18.7	77.0	71.6	66.5	28.3	28.6	28.8
15	Ja	23.4	20.1	18.0	72.4	63.6	58.2	28.5	29.1	29.4
10	Nej	25.8	22.2	19.5	93.9	85.7	78.4	26.2	26.6	26.9
10	Ja	24.2	20.7	18.3	82.7	71.7	63.8	26.8	27.3	27.8
5	Nej	28.1	23.6	20.5	135.1	119.8	106.0	23.6	24.1	24.5
5	Ja	25.5	21.4	19.0	109.7	88.7	76.0	24.4	25.2	25.7
0	Nej	31.6	25.5	21.6	0.0	0.0	0.0	20.0	20.8	21.4
0	Ja	27.2	22.4	19.4	0.0	164.2	112.1	21.4	22.5	23.3
-5	Nej	37.7	28.2	23.1	0.0	0.0	0.0	15.5	16.9	17.9
-5	Ja	29.4	23.6	20.1	0.0	0.0	0.0	17.8	19.4	20.6
-10	Nej	60.9	32.9	25.3	0.0	0.0	0.0	10.5	13.4	15.0
-10	Ja	32.9	24.6	20.9	0.0	0.0	0.0	14.8	17.2	18.5
-15	Nej	0.0	54.5	28.7	0.0	0.0	0.0	1.7	10.1	12.7
-15	Ja	39.7	26.3	21.5	0.0	0.0	0.0	11.9	15.3	17.2

Betong: C32/40 BIO-20 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	27.2	25.1	23.3	105.6	103.5	101.4	26.6	26.7	26.8
15	Ja	23.8	21.1	19.3	95.8	89.1	84.4	27.1	27.4	27.7
10	Nej	33.3	30.3	27.7	146.2	142.7	139.8	23.6	23.8	24.0
10	Ja	26.2	22.9	20.7	130.1	120.7	113.1	24.4	24.9	25.2
5	Nej	47.6	42.4	37.4	0.0	0.0	0.0	19.4	19.6	19.9
5	Ja	31.6	25.9	22.7	0.0	0.0	0.0	20.6	21.3	21.8
0	Nej	112.7	98.2	83.3	0.0	0.0	0.0	12.5	13.1	13.7
0	Ja	55.1	32.5	25.6	0.0	0.0	0.0	14.7	16.1	17.2
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.5	3.4
-5	Ja	0.0	0.0	33.5	0.0	0.0	0.0	4.9	9.0	11.5
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	7.1
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0

Betong: C32/40 BIO-20 Form: isolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	26.8	24.5	22.6	103.9	101.2	98.7	26.7	26.8	27.0
15	Ja	23.5	20.7	18.9	92.4	84.9	79.7	27.3	27.6	27.9
10	Nej	32.2	29.1	26.3	142.6	139.1	135.7	23.8	24.0	24.2
10	Ja	25.4	22.2	20.0	124.3	113.3	105.1	24.7	25.2	25.6
5	Nej	44.2	38.6	33.9	0.0	0.0	0.0	19.7	20.0	20.2
5	Ja	29.4	24.5	21.6	0.0	0.0	167.6	21.1	21.8	22.4
0	Nej	98.7	82.0	66.3	0.0	0.0	0.0	13.1	13.7	14.3
0	Ja	39.8	28.2	23.6	0.0	0.0	0.0	15.7	17.1	18.2
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.8	5.0
-5	Ja	0.0	41.2	26.7	0.0	0.0	0.0	7.6	11.2	13.3
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
-10	Ja	0.0	0.0	42.6	0.0	0.0	0.0	0.5	6.1	10.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.7

Betong: C32/40 BIO-40 Form: isolerad Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	43.0	37.6	32.4	166.1	158.4	149.6	22.5	23.0	23.4
15	Ja	40.4	33.5	28.2	160.9	147.7	135.1	22.8	23.6	24.2
10	Nej	52.8	45.1	37.8	0.0	0.0	0.0	19.4	19.9	20.5
10	Ja	46.6	37.8	30.9	0.0	0.0	0.0	19.9	20.7	21.6
5	Nej	71.7	59.2	47.5	0.0	0.0	0.0	15.8	16.4	17.2
5	Ja	58.9	44.8	34.9	0.0	0.0	0.0	16.6	17.6	18.6
0	Nej	124.7	98.4	72.0	0.0	0.0	0.0	11.6	12.5	13.4
0	Ja	92.8	60.6	42.0	0.0	0.0	0.0	12.7	14.0	15.3
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	8.0	9.2
-5	Ja	0.0	158.2	62.8	0.0	0.0	0.0	8.4	10.1	11.7
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.5	5.2
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	6.4	8.4
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	3.1
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	4.2	6.4

Betong: C32/40 BIO-40 Form: isolerad Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	41.2	35.4	30.1	156.5	146.4	135.3	23.1	23.6	24.2
15	Ja	38.6	31.5	26.4	149.6	132.4	116.2	23.5	24.4	25.2
10	Nej	48.5	40.6	33.7	0.0	0.0	0.0	20.1	20.8	21.5
10	Ja	42.5	34.2	28.0	0.0	0.0	158.6	20.8	21.8	22.8
5	Nej	61.2	49.2	39.3	0.0	0.0	0.0	16.7	17.6	18.4
5	Ja	49.5	37.8	30.1	0.0	0.0	0.0	17.8	19.0	20.2
0	Nej	92.6	68.3	49.6	0.0	0.0	0.0	12.9	13.9	15.0
0	Ja	63.4	43.9	33.0	0.0	0.0	0.0	14.3	15.9	17.3
-5	Nej	0.0	0.0	86.5	0.0	0.0	0.0	8.4	9.9	11.3
-5	Ja	127.5	56.3	37.5	0.0	0.0	0.0	10.5	12.5	14.3
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	5.7	7.6
-10	Ja	0.0	0.0	46.2	0.0	0.0	0.0	6.7	9.2	11.4
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.2	5.3
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	7.0	9.4

Betong: C32/40 BIO-40 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	54.1	51.4	48.4	0.0	0.0	0.0	21.0	21.1	21.3
15	Ja	45.8	38.5	32.7	0.0	0.0	166.6	21.5	22.0	22.5
10	Nej	75.0	71.3	67.3	0.0	0.0	0.0	17.3	17.5	17.8
10	Ja	61.9	52.0	42.6	0.0	0.0	0.0	18.1	18.7	19.2
5	Nej	115.5	110.1	104.4	0.0	0.0	0.0	13.1	13.4	13.7
5	Ja	96.8	81.8	66.3	0.0	0.0	0.0	14.1	14.8	15.5
0	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	8.6	9.0
0	Ja	0.0	157.6	129.5	0.0	0.0	0.0	9.4	10.4	11.3
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	3.1	3.7
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	5.3	6.6
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	2.5
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1

Betong: C32/40 BIO-40 Form: isolerad Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	52.8	49.6	46.2	0.0	0.0	0.0	21.1	21.3	21.5
15	Ja	43.8	35.8	30.1	0.0	0.0	159.7	21.7	22.3	22.9
10	Nej	72.6	68.4	63.9	0.0	0.0	0.0	17.5	17.7	18.0
10	Ja	57.4	46.0	36.7	0.0	0.0	0.0	18.4	19.1	19.8
5	Nej	111.7	105.6	98.9	0.0	0.0	0.0	13.3	13.7	14.0
5	Ja	88.3	69.9	52.3	0.0	0.0	0.0	14.5	15.4	16.2
0	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	8.9	9.3
0	Ja	167.7	135.2	100.3	0.0	0.0	0.0	10.0	11.1	12.3
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	3.5	4.1
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	6.3	7.8
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.3	4.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	2.3

Betong: C54/65 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.1	10.2	8.9	14.5	12.5	11.1	58.1	58.3	58.4
15	Ja	12.1	10.1	8.7	14.4	12.3	10.8	58.6	58.7	58.9
10	Nej	12.8	10.7	9.2	15.4	13.0	11.4	56.7	56.9	57.1
10	Ja	12.5	10.4	8.9	14.9	12.7	11.0	57.3	57.6	57.8
5	Nej	13.8	11.2	9.5	16.5	13.7	11.8	54.8	55.1	55.3
5	Ja	13.1	10.9	9.3	15.6	13.2	11.5	55.6	56.0	56.3
0	Nej	15.0	11.8	9.9	17.9	14.5	12.3	52.0	52.5	52.9
0	Ja	14.1	11.3	9.4	16.6	13.7	11.6	53.3	54.0	54.5
-5	Nej	16.8	12.6	10.3	20.0	15.4	12.8	48.1	49.0	49.6
-5	Ja	15.3	11.7	9.8	18.1	14.2	12.0	50.2	51.5	52.2
-10	Nej	19.8	13.7	10.8	23.5	16.8	13.5	43.7	45.4	46.5
-10	Ja	16.9	12.4	10.2	19.8	14.9	12.6	47.1	49.1	50.1
-15	Nej	28.8	15.3	11.5	34.1	18.7	14.4	37.9	42.3	44.1
-15	Ja	19.2	13.2	10.6	22.3	15.9	13.1	44.1	47.3	48.6

Betong: C54/65 Form: isolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.0	10.2	8.8	14.4	12.4	10.9	58.6	58.7	58.9
15	Ja	12.1	10.0	8.6	14.4	12.2	10.7	59.0	59.2	59.4
10	Nej	12.7	10.5	9.0	15.2	12.8	11.2	57.3	57.5	57.7
10	Ja	12.4	10.3	8.8	14.7	12.5	10.8	57.9	58.3	58.6
5	Nej	13.4	10.9	9.3	16.0	13.3	11.5	55.7	56.0	56.3
5	Ja	12.9	10.6	9.0	15.3	12.8	11.2	56.6	57.0	57.3
0	Nej	14.3	11.4	9.5	17.1	13.9	11.9	53.5	53.9	54.3
0	Ja	13.6	10.9	9.1	16.0	13.1	11.3	54.8	55.5	56.0
-5	Nej	15.5	11.9	9.8	18.5	14.5	12.3	50.5	51.2	51.8
-5	Ja	14.3	11.2	9.4	16.9	13.6	11.6	52.6	53.6	54.2
-10	Nej	17.2	12.6	10.2	20.4	15.4	12.7	47.2	48.5	49.4
-10	Ja	15.2	11.7	9.6	17.9	14.1	11.9	50.3	51.8	52.6
-15	Nej	19.8	13.5	10.6	23.5	16.5	13.2	44.1	46.2	47.4
-15	Ja	16.4	12.0	10.0	19.2	14.5	12.3	48.4	50.5	51.3

Betong: C54/65 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.3	10.8	9.7	15.0	13.5	12.3	56.8	56.9	57.0
15	Ja	12.1	10.4	9.2	14.4	12.6	11.3	57.7	57.8	58.0
10	Nej	13.9	12.0	10.5	17.0	15.0	13.4	54.7	54.9	55.0
10	Ja	13.2	11.1	10.0	15.6	13.4	12.2	55.9	56.2	56.4
5	Nej	16.6	13.8	11.7	20.3	17.3	15.1	51.5	51.7	51.9
5	Ja	14.8	12.2	10.5	17.4	14.7	12.8	53.3	53.9	54.3
0	Nej	21.7	16.7	13.3	26.8	21.5	17.7	45.9	46.3	46.7
0	Ja	17.4	14.0	11.7	20.2	16.7	14.2	48.9	50.1	50.9
-5	Nej	44.9	24.0	16.2	59.3	34.2	23.7	32.2	34.5	36.2
-5	Ja	21.5	16.2	13.0	24.6	19.1	15.7	40.5	44.2	46.1
-10	Nej	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5
-10	Ja	36.6	19.9	14.9	0.0	23.1	17.8	17.6	36.5	41.5
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	34.5	17.9	0.0	0.0	21.3	0.0	11.7	36.6

Betong: C54/65 Form: isolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.3	10.7	9.6	15.0	13.4	12.1	57.0	57.1	57.1
15	Ja	12.1	10.3	9.1	14.4	12.5	11.2	57.8	58.0	58.2
10	Nej	13.8	11.8	10.3	16.8	14.7	13.1	54.9	55.1	55.2
10	Ja	13.0	11.1	9.8	15.4	13.4	12.0	56.2	56.5	56.7
5	Nej	16.1	13.3	11.2	19.7	16.7	14.5	51.8	52.1	52.2
5	Ja	14.5	12.0	10.2	17.0	14.4	12.5	53.8	54.4	54.8
0	Nej	20.1	15.5	12.5	24.9	20.0	16.7	46.5	47.0	47.4
0	Ja	16.4	13.3	11.2	19.1	15.9	13.6	50.0	51.1	51.8
-5	Nej	32.5	19.8	14.4	42.9	27.6	20.5	34.9	36.7	38.2
-5	Ja	19.3	14.9	12.2	22.2	17.7	14.7	43.3	46.2	47.8
-10	Nej	0.0	0.0	18.4	0.0	0.0	41.7	0.0	1.8	22.6
-10	Ja	24.2	17.2	13.4	28.7	20.1	16.2	32.3	41.1	44.3
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
-15	Ja	0.0	20.8	15.1	0.0	24.1	18.1	0.1	34.6	41.5

Betong: C54/65 BIO-10 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.7	10.7	9.3	15.9	13.8	12.2	55.9	56.1	56.3
15	Ja	12.7	10.4	9.1	15.8	13.3	11.9	56.4	56.7	57.0
10	Nej	13.5	11.2	9.6	16.9	14.4	12.6	54.1	54.3	54.6
10	Ja	13.2	10.9	9.3	16.4	13.9	12.1	54.8	55.2	55.6
5	Nej	14.6	11.8	10.0	18.2	15.2	13.1	51.6	52.0	52.4
5	Ja	13.9	11.4	9.7	17.2	14.5	12.6	52.7	53.2	53.7
0	Nej	16.0	12.5	10.4	20.0	16.1	13.7	48.3	48.9	49.4
0	Ja	14.9	11.9	9.8	18.4	15.1	12.8	49.9	50.7	51.5
-5	Nej	18.1	13.5	10.9	22.5	17.3	14.4	43.6	44.7	45.6
-5	Ja	16.3	12.5	10.2	20.0	15.8	13.3	46.1	47.7	48.7
-10	Nej	21.7	14.7	11.5	27.0	19.0	15.2	38.3	40.4	41.8
-10	Ja	18.1	13.2	10.8	22.1	16.7	14.0	42.3	44.8	46.1
-15	Nej	35.4	16.7	12.1	45.2	21.7	16.2	29.8	36.8	39.1
-15	Ja	20.7	14.1	11.2	25.1	17.8	14.5	38.7	42.6	44.3

Betong: C54/65 BIO-10 Form: isolerad Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.6	10.6	9.2	15.7	13.6	12.0	56.7	56.7	56.9
15	Ja	12.6	10.3	9.0	15.7	13.2	11.7	57.0	57.4	57.6
10	Nej	13.4	11.0	9.4	16.7	14.1	12.3	54.8	55.1	55.4
10	Ja	13.0	10.7	9.1	16.1	13.6	11.8	55.6	56.1	56.5
5	Nej	14.2	11.5	9.7	17.7	14.7	12.7	52.7	53.2	53.5
5	Ja	13.5	11.1	9.4	16.7	14.1	12.3	53.9	54.5	54.9
0	Nej	15.2	12.0	10.0	18.9	15.4	13.1	50.0	50.6	51.1
0	Ja	14.2	11.4	9.5	17.5	14.5	12.3	51.7	52.5	53.3
-5	Nej	16.6	12.6	10.3	20.6	16.2	13.6	46.4	47.3	48.1
-5	Ja	15.1	11.8	9.8	18.6	14.9	12.7	48.9	50.3	51.1
-10	Nej	18.5	13.4	10.8	23.0	17.3	14.2	42.4	44.0	45.1
-10	Ja	16.2	12.4	10.2	19.8	15.6	13.1	46.1	48.0	49.1
-15	Nej	21.8	14.5	11.2	27.1	18.6	14.9	38.6	41.2	42.9
-15	Ja	17.5	12.8	10.5	21.3	16.1	13.6	43.7	46.3	47.6

Betong: C54/65 BIO-10 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.9	11.4	10.2	16.8	15.1	13.8	54.3	54.4	54.5
15	Ja	12.7	10.9	9.6	15.8	13.9	12.4	55.3	55.6	55.8
10	Nej	14.8	12.7	11.1	19.2	17.0	15.2	51.6	51.8	51.9
10	Ja	13.9	11.8	10.4	17.1	14.9	13.4	53.1	53.5	53.7
5	Nej	17.8	14.8	12.5	23.2	20.0	17.4	47.7	48.0	48.2
5	Ja	15.7	12.9	11.2	19.2	16.2	14.3	49.8	50.6	51.1
0	Nej	23.7	18.3	14.5	31.6	25.7	21.1	41.3	41.8	42.3
0	Ja	18.5	14.9	12.3	22.3	18.4	15.7	44.7	46.1	47.2
-5	Nej	52.3	28.1	18.5	95.6	53.3	32.6	26.6	29.0	30.9
-5	Ja	22.9	17.3	13.8	28.1	21.2	17.5	34.9	39.3	41.6
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
-10	Ja	0.0	21.4	15.9	0.0	26.2	19.9	7.9	30.0	36.2
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	19.4	0.0	0.0	24.1	0.0	3.2	30.2

Betong: C54/65 BIO-10 Form: isolerad Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.9	11.3	10.0	16.7	14.9	13.6	54.4	54.6	54.7
15	Ja	12.6	10.8	9.5	15.7	13.7	12.2	55.6	55.8	56.1
10	Nej	14.6	12.5	10.9	18.8	16.6	14.8	51.9	52.0	52.2
10	Ja	13.7	11.5	10.2	16.8	14.5	13.1	53.4	53.9	54.2
5	Nej	17.2	14.2	12.0	22.3	19.1	16.6	48.1	48.4	48.7
5	Ja	15.2	12.5	10.7	18.6	15.6	13.7	50.4	51.3	51.8
0	Nej	22.0	16.9	13.6	29.1	23.5	19.6	42.0	42.6	43.1
0	Ja	17.4	14.1	11.8	21.0	17.4	15.0	45.9	47.3	48.3
-5	Nej	37.9	22.6	16.0	59.5	36.5	25.9	29.3	31.4	33.0
-5	Ja	20.6	15.9	12.9	24.5	19.5	16.3	38.1	41.6	43.6
-10	Nej	0.0	0.0	22.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	16.6
-10	Ja	26.3	18.4	14.3	36.3	22.3	18.0	25.3	35.6	39.5
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
-15	Ja	0.0	22.5	16.2	0.0	28.2	20.2	0.0	27.5	36.1

Betong: C54/65 BIO-20 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	13.2	11.0	9.6	18.7	16.3	14.6	50.4	50.7	50.9
15	Ja	13.1	10.8	9.4	18.4	15.7	14.2	50.9	51.4	51.7
10	Nej	14.1	11.6	9.9	19.9	17.1	15.1	47.8	48.2	48.5
10	Ja	13.6	11.2	9.6	19.0	16.2	14.4	48.7	49.2	49.6
5	Nej	15.4	12.2	10.3	21.6	18.0	15.7	44.5	44.9	45.4
5	Ja	14.7	11.7	10.0	20.3	17.0	15.0	45.6	46.4	46.9
0	Nej	17.1	13.1	10.7	23.9	19.2	16.4	40.0	40.8	41.4
0	Ja	15.9	12.3	10.3	21.8	17.7	15.4	41.7	42.9	43.7
-5	Nej	20.1	14.2	11.2	27.8	20.9	17.3	34.6	36.0	37.0
-5	Ja	17.6	13.0	10.6	23.9	18.7	15.8	37.3	39.2	40.4
-10	Nej	27.3	15.8	11.9	37.9	23.4	18.5	29.1	32.1	33.7
-10	Ja	20.0	13.8	11.1	26.9	19.6	16.6	33.4	36.5	37.9
-15	Nej	0.0	18.7	12.7	0.0	28.3	20.0	0.0	28.2	31.0
-15	Ja	24.4	15.0	11.4	33.3	21.3	17.0	29.0	34.1	36.4

Betong: C54/65 BIO-20 Form: isolerad Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	13.2	10.9	9.4	18.6	16.1	14.4	51.1	51.4	51.6
15	Ja	13.1	10.7	9.3	18.3	15.5	14.0	51.7	52.2	52.5
10	Nej	13.9	11.4	9.7	19.6	16.7	14.8	48.8	49.2	49.5
10	Ja	13.4	11.0	9.4	18.6	15.9	14.1	49.7	50.3	50.8
5	Nej	14.9	11.9	10.0	20.8	17.4	15.2	45.8	46.4	46.8
5	Ja	14.2	11.5	9.8	19.6	16.5	14.6	47.1	47.9	48.5
0	Nej	16.2	12.5	10.3	22.5	18.3	15.7	42.1	42.9	43.5
0	Ja	15.1	11.9	9.8	20.7	17.0	14.7	44.0	45.1	46.0
-5	Nej	17.9	13.2	10.7	24.8	19.3	16.3	37.7	38.9	39.8
-5	Ja	16.1	12.2	10.2	21.9	17.4	15.2	40.4	42.2	43.2
-10	Nej	20.8	14.2	11.1	28.7	20.7	17.1	33.7	35.7	37.0
-10	Ja	17.5	12.7	10.5	23.5	18.1	15.6	37.5	40.0	41.1
-15	Nej	27.8	15.5	11.7	38.6	22.8	18.0	28.9	32.9	34.7
-15	Ja	19.2	13.4	10.9	25.6	19.1	16.1	34.9	38.0	39.5

Betong: C54/65 BIO-20 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	13.4	11.8	10.5	20.1	18.3	16.8	48.5	48.6	48.7
15	Ja	13.1	11.3	9.9	18.4	16.3	14.8	49.5	49.9	50.2
10	Nej	15.6	13.3	11.6	23.3	20.8	18.8	44.9	45.1	45.3
10	Ja	14.4	12.1	10.8	19.9	17.3	15.9	46.4	47.0	47.3
5	Nej	19.3	15.8	13.2	29.3	25.2	22.0	39.8	40.1	40.4
5	Ja	16.8	13.5	11.6	22.7	19.0	16.9	41.9	43.0	43.5
0	Nej	28.9	20.7	15.8	47.8	37.3	29.6	31.7	32.4	33.0
0	Ja	20.2	15.8	12.9	27.1	21.8	18.5	35.1	37.1	38.4
-5	Nej	0.0	79.8	22.5	0.0	0.0	0.0	1.6	12.8	19.7
-5	Ja	28.1	18.9	14.6	127.6	25.7	20.8	22.9	29.4	32.4
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
-10	Ja	0.0	25.8	17.3	0.0	0.0	24.1	0.0	18.5	27.8
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7

Betong: C54/65 BIO-20 Form: isolerad Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	13.4	11.7	10.4	19.9	18.0	16.5	48.6	48.8	48.9
15	Ja	13.1	11.2	9.8	18.3	16.2	14.5	49.8	50.2	50.5
10	Nej	15.3	13.0	11.3	22.7	20.1	18.2	45.2	45.4	45.6
10	Ja	14.2	12.0	10.6	19.6	17.1	15.6	46.8	47.4	47.8
5	Nej	18.7	15.1	12.6	27.8	23.8	20.8	40.3	40.6	40.9
5	Ja	16.2	13.0	11.2	21.9	18.4	16.3	42.7	43.7	44.3
0	Nej	25.9	18.8	14.6	41.1	32.0	25.9	32.6	33.3	33.9
0	Ja	18.9	14.8	12.2	25.0	20.5	17.6	36.6	38.5	39.7
-5	Nej	0.0	30.3	18.2	0.0	0.0	142.3	7.2	19.2	22.8
-5	Ja	23.2	17.0	13.5	32.9	23.1	19.2	27.3	32.2	34.6
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5
-10	Ja	0.0	20.4	15.2	0.0	27.8	21.2	8.4	26.5	31.2
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	29.1	17.7	0.0	0.0	24.3	0.0	13.5	27.6

Betong: C54/65 BIO-40 Form: oisolerad Vind: 0m/s

Utetem °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	17.9	14.7	12.2	27.5	23.6	20.3	45.7	46.2	46.8
15	Ja	17.7	14.3	11.8	26.3	22.0	18.7	46.3	47.4	48.2
10	Nej	19.8	16.0	12.9	31.1	26.1	22.0	42.1	42.8	43.4
10	Ja	19.1	15.2	12.3	28.6	23.4	19.7	43.0	44.2	45.3
5	Nej	22.5	17.6	13.9	36.5	29.7	24.3	37.9	38.7	39.7
5	Ja	21.0	16.2	13.0	32.2	25.3	20.9	39.0	40.7	42.0
0	Nej	26.8	19.8	15.1	46.3	35.5	27.7	32.7	34.0	35.3
0	Ja	23.4	17.6	13.8	37.9	27.9	22.4	34.2	36.6	38.4
-5	Nej	35.2	23.4	16.8	78.0	48.1	33.4	25.7	28.0	30.0
-5	Ja	27.0	19.4	14.7	49.2	32.0	24.2	28.4	31.7	34.4
-10	Nej	0.0	30.8	19.3	0.0	0.0	49.5	9.8	19.8	23.9
-10	Ja	34.1	21.8	15.8	0.0	40.5	26.7	20.5	26.0	30.2
-15	Nej	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	17.9
-15	Ja	0.0	25.5	17.3	0.0	0.0	30.9	6.1	20.6	26.8

Betong: C54/65 BIO-40 Form: isolerad Vind: 0m/s

Utetem °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	17.8	14.5	12.0	27.0	22.9	19.5	46.8	47.4	48.1
15	Ja	17.7	14.1	11.5	25.8	21.3	18.0	47.6	48.8	49.8
10	Nej	19.4	15.5	12.5	29.8	24.7	20.7	43.5	44.3	45.1
10	Ja	18.7	14.7	11.9	27.4	22.3	18.7	44.6	46.1	47.3
5	Nej	21.5	16.7	13.2	33.7	27.2	22.3	39.7	40.7	41.7
5	Ja	20.0	15.4	12.4	29.8	23.5	19.5	41.1	43.0	44.6
0	Nej	24.4	18.2	14.1	39.7	30.7	24.3	35.2	36.6	38.0
0	Ja	21.7	16.3	13.0	33.0	25.0	20.6	37.2	39.6	41.5
-5	Nej	29.3	20.3	15.1	51.6	36.2	27.1	29.6	31.7	33.6
-5	Ja	23.7	17.4	13.5	37.6	27.0	21.5	32.6	35.8	38.3
-10	Nej	40.2	23.6	16.4	0.0	48.3	31.6	21.4	25.9	28.9
-10	Ja	26.6	18.7	14.1	46.4	29.6	22.6	27.2	31.8	35.2
-15	Nej	0.0	30.0	18.3	0.0	0.0	41.0	2.1	19.2	24.7
-15	Ja	31.4	20.4	14.9	0.0	33.9	24.2	21.4	28.2	32.5

Betong: C54/65 BIO-40 Form: oisolerad Vind: 7m/s

Utetem °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	18.5	16.3	14.2	33.5	30.9	28.2	42.5	42.7	43.0
15	Ja	17.7	15.0	12.9	26.0	22.9	20.3	44.1	44.7	45.4
10	Nej	22.6	19.6	16.7	44.7	41.1	37.3	37.9	38.2	38.5
10	Ja	20.3	16.8	14.2	32.7	26.0	22.5	39.3	40.5	41.6
5	Nej	30.1	25.6	21.1	69.1	63.8	57.7	32.3	32.6	33.1
5	Ja	24.0	19.6	16.0	49.6	33.5	25.5	33.7	35.3	37.0
0	Nej	48.4	39.9	31.3	135.0	126.1	115.2	24.7	25.3	26.0
0	Ja	31.9	23.5	18.8	107.5	68.6	34.9	26.4	28.5	30.9
-5	Nej	138.7	115.1	88.0	0.0	0.0	0.0	12.1	13.5	15.0
-5	Ja	74.7	33.7	22.6	0.0	0.0	155.4	15.7	18.8	22.7
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
-10	Ja	0.0	0.0	35.3	0.0	0.0	0.0	0.1	3.1	11.1
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5

Betong: C54/65 BIO-40 Form: isolerad Vind: 7m/s

Utetem °C	Täckning efter 4h	Timmrar till 10MPa			Timmrar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	18.4	16.0	13.9	32.4	29.6	26.7	42.8	43.0	43.3
15	Ja	17.7	14.7	12.6	26.1	22.3	19.6	44.2	45.3	46.1
10	Nej	22.2	19.0	16.1	42.2	38.2	34.1	38.3	38.6	39.0
10	Ja	19.9	16.3	13.7	30.7	24.6	21.3	39.9	41.3	42.5
5	Nej	28.9	24.1	19.7	63.5	57.4	50.6	32.7	33.2	33.7
5	Ja	22.9	18.5	15.3	41.8	29.1	23.8	34.6	36.5	38.1
0	Nej	44.5	35.5	27.1	124.5	113.9	101.1	25.4	26.1	26.8
0	Ja	28.1	21.5	17.3	84.8	42.9	27.6	27.7	30.3	32.8
-5	Nej	121.9	95.0	62.2	0.0	0.0	0.0	13.2	14.8	16.5
-5	Ja	45.7	25.9	19.8	0.0	0.0	41.4	17.9	21.8	26.0
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
-10	Ja	0.0	0.0	23.5	0.0	0.0	0.0	1.4	9.4	17.5
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	9.4

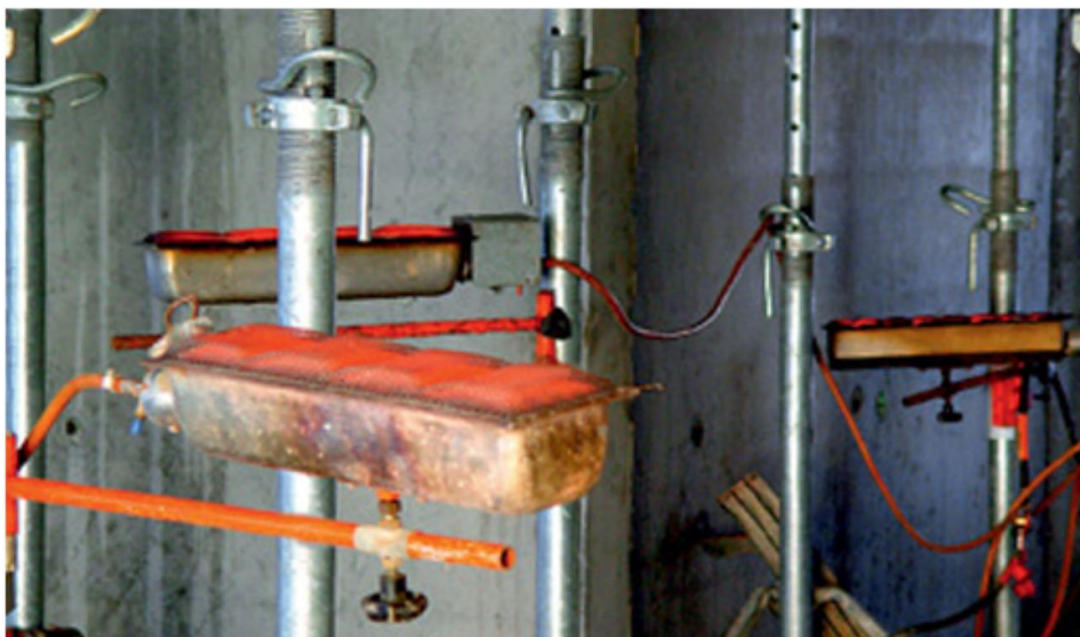
G.4 Serieberäkningar valv med plattbärlagsform

G.4.1 Förutsättningar infravärmare

Uppvärmning med infravärme (figur nedan) används för att värma upp plattbärlaget före och efter gjutning av valvet.

Enligt Linde används normalt effekter på 0.5-1 kW/m²; 13 kW infravärmare på 1.8 m avstånd ger ca 0.8 kW/m² inom en yta på 16 m², 7.7 kW värmare på 1.2 m avstånd ger ca 0.5 kW/m² inom en yta på 15 m².

Effekten väljs så att plattbärlagets yta når temperaturen 5 °C innan gjutning påbörjas under en viss tids uppvärmning. Utdrag från Powerpoint ger en översikt av effektbehov och energibehov vid förvärmning av plattbärlaget under olika förhållanden, vilka är bakgrund prognosticerat energibehov, miljöbelastning och kostnad (obs ansatta nivåer – justering för lokala förhållande ger andra värden).



Infravärmare på 7,7 kW monterad på stämp för betonghärdning.
Längd ca 50 cm.

- Uppvärmning av plattbärlag med infravärme*

- För uppvärmning till 5 °C på ovansidan av bärlaget krävs en effekt som är:

$$q_{in} = (T_b - T_o) \cdot \left[h_t + h_b \left(1 + \frac{L}{k} h_t \right) \right]$$

q_{in} : Tillförd effekt [W/m²]

T_b : Bärlagstemperatur [°C] (ovansida)

T_o : Omgivande temperatur [°C]

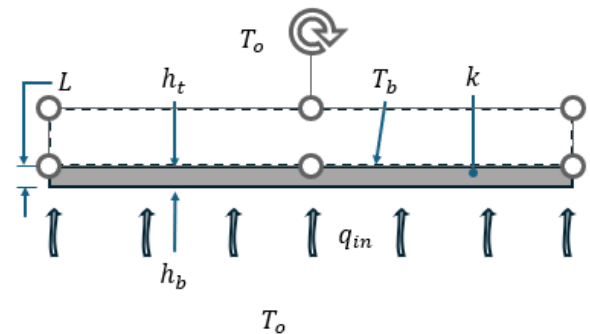
h_t, h_b : Värmeövergångstal [W/(m²·°C)]

k : Värmeledningsförmåga [W/m·°C]

L : Bärlagets tjocklek [m]

* Eriksson Daniel Infravärme i Hett22, Powerpoint, [deflexional](#), 2025-05-19 2025-11-19

- Beteckningar



- Beräkningar med Infravärme*

- Effekten som används är den minsta som krävs för att uppnå 5°C
- Infravärmarna slås på 12h före gjutningen och av 24h efter, totalt 36h.

- Exempel på beräkning av tillförd effekt

Variabler	Enhet	Beteckn	Vindhastighet	
			0m/s	7m/s
Temperatur, bärlag	°C	T_b	5	5
Temperatur, omgivande	°C	T_o	-10	-10
Värmeövergångstal, topp	W/(m ² ·K)	h_t	5.6	30.57
Värmeövergångstal, botten	W/(m ² ·K)	h_b	5.6	5.6
Tjocklek, bärlag	m	L	0.05	0.05
Värmeledningsförmåga, bärlag	W/(m·K)	k	1.7	1.7
Effekt för konstant temp T_b	W/m ²	q_p	182	618

* Eriksson Daniel Infravärme i Hett22, Powerpoint, [deflexional](#), 2025-05-19 2025-11-19

- Energibehov, klimatutsläpp & kostnader vid olika temperaturer

Temperatur (°C)	0	0	-5	-5	-10	-10	-15	-15
Vindhastighet (m/s)	0	7	0	7	0	7	0	7
Effektbehov (W/m ²)	61	206	121	412	182	618	242	824
kWh/m ² (36h)	2.2	7.4	4.4	14.8	6.6	22.2	8.7	29.7
Klimat (kgCO ₂ e/m ²)	0.57	1.92	1.13	3.84	1.70	5.76	2.26	7.68
Kostnad (kr/m ²)*	35.4	71.9	50.5	123.8	65.9	175.7	81.0	227.6

- Vinden har stor negativ för betydelse för energibehovet

G.4.2 Beräkningsresultat

Se nästa sidor

Betong: C32/40 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	16.8	14.9	13.6	32.6	30.0	28.2	34.7	34.8	34.9
15	Ja	16.6	14.7	13.5	30.9	28.4	26.7	34.8	34.9	35.0
10	Nej	18.9	16.6	14.7	37.9	34.5	31.5	33.2	33.4	33.5
10	Ja	18.6	16.3	14.4	35.4	32.0	29.3	33.4	33.6	33.7
5	Nej	21.7	18.5	16.1	46.5	41.3	37.0	31.0	31.2	31.5
5	Ja	20.8	17.9	15.7	42.1	36.8	32.9	31.3	31.6	31.9
0	Nej	26.4	21.5	18.0	69.6	57.9	48.8	27.2	27.7	28.2
0	Ja	24.7	20.3	17.3	58.6	47.0	39.7	27.8	28.4	28.9
-5	Nej	38.1	27.1	21.1	0.0	0.0	0.0	19.6	21.2	22.4
-5	Ja	32.9	24.2	19.6	0.0	145.1	67.0	20.8	22.7	24.0
-10	Nej	0.0	0.0	28.2	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	14.6
-10	Ja	0.0	34.9	23.6	0.0	0.0	0.0	0.7	14.0	17.9
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
-15	Ja	0.0	0.0	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	10.2

Betong: C32/40 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	18.1	17.0	15.8	40.9	39.6	38.3	34.1	34.1	34.2
15	Ja	16.8	15.8	14.8	33.3	31.7	30.2	34.4	34.5	34.5
10	Nej	22.0	20.2	18.6	53.5	51.4	49.5	32.2	32.3	32.4
10	Ja	19.7	18.0	16.7	42.7	39.3	36.6	32.7	32.8	32.9
5	Nej	29.2	26.4	23.8	79.8	76.7	73.6	29.1	29.2	29.4
5	Ja	24.2	21.6	19.5	65.8	58.6	52.5	29.7	30.0	30.3
0	Nej	50.1	44.1	38.3	159.2	153.3	146.9	22.9	23.3	23.6
0	Ja	39.3	30.2	24.9	145.2	128.3	111.6	23.7	24.5	25.3
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	6.7	8.3
-5	Ja	0.0	0.0	112.0	0.0	0.0	0.0	6.7	9.1	12.3
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C32/40 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	21.9	18.6	16.2	51.6	44.1	38.4	28.1	28.5	28.9
0	Ja	20.8	17.9	15.7	43.3	37.0	32.8	28.8	29.3	29.7
-5	Nej	22.0	18.8	16.3	69.6	49.8	40.6	24.0	24.8	25.5
-5	Ja	20.7	17.9	15.7	45.1	37.3	32.6	25.4	26.2	26.8
-10	Nej	22.2	18.9	16.4	0.0	0.0	46.0	20.6	21.8	22.9
-10	Ja	20.6	17.9	15.8	50.0	37.9	32.5	22.8	23.9	24.9
-15	Nej	22.5	19.1	16.5	0.0	0.0	0.0	19.1	20.5	21.8
-15	Ja	20.5	17.9	15.8	0.0	38.4	32.3	21.9	23.2	24.2

Betong: C32/40 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	25.3	23.2	21.3	114.5	108.2	102.4	25.2	25.4	25.7
0	Ja	20.4	18.9	17.5	59.3	48.2	40.8	27.2	27.6	28.0
-5	Nej	22.9	21.3	19.7	0.0	0.0	0.0	19.1	19.6	20.1
-5	Ja	18.4	17.3	16.3	38.5	33.2	30.2	24.4	24.9	25.3
-10	Nej	21.2	19.8	18.5	0.0	0.0	0.0	15.8	16.5	17.2
-10	Ja	17.2	16.3	15.5	29.1	27.5	26.3	23.9	24.4	24.8
-15	Nej	19.7	18.6	17.5	0.0	0.0	0.0	16.1	16.7	17.3
-15	Ja	16.3	15.6	14.9	25.9	25.0	24.3	24.8	25.2	25.6

Betong: C32/40 BIO-10 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	19.1	17.0	15.3	43.4	40.3	37.5	32.8	32.9	33.1
15	Ja	18.8	16.7	15.1	41.0	37.7	35.0	32.9	33.1	33.2
10	Nej	21.7	19.0	16.8	52.7	48.4	44.5	30.9	31.1	31.3
10	Ja	21.1	18.5	16.4	49.0	44.4	40.5	31.2	31.4	31.6
5	Nej	25.4	21.7	18.7	71.2	64.1	57.6	28.2	28.6	28.8
5	Ja	24.1	20.7	18.1	64.3	56.3	49.5	28.6	29.0	29.3
0	Nej	32.1	26.0	21.6	131.0	114.8	99.0	23.9	24.5	25.0
0	Ja	29.5	23.9	20.3	116.6	94.3	76.2	24.4	25.2	25.8
-5	Nej	53.9	35.8	26.7	0.0	0.0	0.0	15.6	17.3	18.7
-5	Ja	44.0	30.3	23.6	0.0	0.0	0.0	16.8	18.8	20.3
-10	Nej	0.0	0.0	66.6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	10.0
-10	Ja	0.0	0.0	31.3	0.0	0.0	0.0	0.1	8.6	13.4
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6

Betong: C32/40 BIO-10 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	20.8	19.6	18.3	55.2	53.9	52.4	32.1	32.1	32.2
15	Ja	19.0	17.9	16.7	47.0	44.9	42.7	32.4	32.5	32.6
10	Nej	25.8	23.9	22.1	73.8	71.7	69.7	29.8	29.9	30.0
10	Ja	22.5	20.7	19.1	63.8	59.8	56.3	30.2	30.4	30.6
5	Nej	35.5	32.5	29.5	112.2	109.0	105.6	26.2	26.3	26.5
5	Ja	29.0	25.4	22.8	101.0	93.4	86.9	26.7	27.1	27.4
0	Nej	64.7	58.6	52.4	0.0	0.0	0.0	19.7	20.0	20.4
0	Ja	54.8	42.4	32.6	0.0	0.0	0.0	20.3	21.0	21.8
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	5.4	6.6
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	7.0	9.1
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C32/40 BIO-10 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	25.6	21.8	18.9	100.5	86.0	72.0	25.0	25.5	25.9
0	Ja	23.9	20.6	18.0	81.3	64.7	53.7	25.7	26.3	26.8
-5	Nej	25.8	22.0	19.0	0.0	0.0	0.0	20.4	21.4	22.2
-5	Ja	23.7	20.5	18.0	0.0	127.1	67.3	21.9	22.8	23.6
-10	Nej	26.1	22.2	19.1	0.0	0.0	0.0	16.7	18.2	19.3
-10	Ja	23.5	20.4	18.0	0.0	0.0	0.0	19.1	20.4	21.5
-15	Nej	26.4	22.4	19.3	0.0	0.0	0.0	15.2	16.9	18.2
-15	Ja	23.3	20.4	18.0	0.0	0.0	0.0	18.2	19.6	20.7

Betong: C32/40 BIO-10 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	30.9	28.0	25.6	0.0	0.0	164.9	22.0	22.3	22.6
0	Ja	22.8	21.2	19.7	124.7	112.6	101.0	24.1	24.5	24.9
-5	Nej	26.9	24.9	23.2	0.0	0.0	0.0	16.2	16.7	17.2
-5	Ja	20.2	19.1	18.0	0.0	0.0	0.0	21.3	21.8	22.3
-10	Nej	24.4	22.9	21.6	0.0	0.0	0.0	13.0	13.8	14.4
-10	Ja	18.6	17.7	16.9	0.0	0.0	0.0	20.8	21.4	21.8
-15	Nej	22.6	21.3	20.2	0.0	0.0	0.0	13.6	14.1	14.7
-15	Ja	17.5	16.8	16.1	0.0	0.0	32.1	22.0	22.4	22.8

Betong: C32/40 BIO-20 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	25.8	23.1	21.2	94.2	90.2	86.9	27.2	27.4	27.6
15	Ja	25.1	22.5	20.6	91.2	86.1	82.5	27.4	27.6	27.8
10	Nej	29.9	26.4	23.6	126.9	121.3	116.1	24.6	24.9	25.1
10	Ja	28.5	25.1	22.5	122.2	115.1	108.8	24.8	25.1	25.4
5	Nej	36.7	31.3	27.1	0.0	0.0	0.0	21.0	21.4	21.7
5	Ja	34.3	28.9	25.2	0.0	0.0	0.0	21.3	21.8	22.2
0	Nej	55.2	42.4	33.9	0.0	0.0	0.0	15.6	16.3	17.0
0	Ja	48.4	36.4	29.6	0.0	0.0	0.0	16.0	17.0	17.8
-5	Nej	0.0	0.0	102.9	0.0	0.0	0.0	4.6	8.4	10.4
-5	Ja	0.0	154.0	41.5	0.0	0.0	0.0	6.7	10.1	12.0
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.2
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3

Betong: C32/40 BIO-20 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	29.2	27.8	26.3	110.7	109.1	107.6	26.3	26.4	26.5
15	Ja	25.5	24.0	22.7	103.6	101.1	98.9	26.7	26.8	26.9
10	Nej	38.0	35.7	33.6	154.3	152.2	149.9	23.2	23.3	23.4
10	Ja	31.9	28.8	26.4	146.1	141.6	137.6	23.6	23.9	24.1
5	Nej	59.2	55.4	51.5	0.0	0.0	0.0	18.6	18.8	19.0
5	Ja	50.5	42.7	36.1	0.0	0.0	0.0	19.1	19.5	19.9
0	Nej	146.6	137.1	127.4	0.0	0.0	0.0	11.0	11.5	11.9
0	Ja	137.1	119.3	97.0	0.0	0.0	0.0	11.5	12.2	13.1
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C32/40 BIO-20 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	38.3	31.9	27.3	0.0	0.0	0.0	16.9	17.5	18.1
0	Ja	34.2	28.6	24.9	0.0	0.0	0.0	17.6	18.3	19.0
-5	Nej	41.1	32.9	27.5	0.0	0.0	0.0	12.4	13.4	14.4
-5	Ja	33.9	28.3	24.7	0.0	0.0	0.0	13.8	14.9	15.8
-10	Nej	61.1	33.8	27.9	0.0	0.0	0.0	10.0	11.5	12.6
-10	Ja	33.8	27.9	24.5	0.0	0.0	0.0	12.0	13.4	14.5
-15	Nej	0.0	36.4	28.4	0.0	0.0	0.0	8.9	10.5	11.7
-15	Ja	33.4	27.7	24.3	0.0	0.0	0.0	11.4	12.8	13.9

Betong: C32/40 BIO-20 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Utetemperatur °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	77.2	68.4	58.0	0.0	0.0	0.0	13.8	14.1	14.5
0	Ja	32.9	28.9	26.3	0.0	0.0	0.0	15.9	16.4	16.9
-5	Nej	0.0	0.0	158.0	0.0	0.0	0.0	9.0	9.5	10.1
-5	Ja	25.6	24.2	23.1	0.0	0.0	0.0	13.6	14.1	14.6
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	8.9	9.4
-10	Ja	23.2	22.2	21.4	0.0	0.0	0.0	14.0	14.5	15.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	9.3	9.8
-15	Ja	21.7	20.9	20.2	0.0	0.0	0.0	15.0	15.4	15.8

Betong: C32/40 BIO-40 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	48.3	43.9	40.0	0.0	0.0	0.0	21.7	22.0	22.3
15	Ja	46.2	41.3	37.4	0.0	0.0	165.1	21.9	22.3	22.6
10	Nej	63.2	57.4	51.5	0.0	0.0	0.0	18.3	18.7	19.0
10	Ja	60.1	53.4	46.9	0.0	0.0	0.0	18.5	18.9	19.4
5	Nej	94.6	85.3	75.6	0.0	0.0	0.0	14.3	14.8	15.3
5	Ja	89.5	78.1	66.8	0.0	0.0	0.0	14.6	15.2	15.7
0	Nej	0.0	159.6	141.7	0.0	0.0	0.0	9.7	10.3	10.9
0	Ja	167.0	146.5	124.4	0.0	0.0	0.0	10.0	10.8	11.5
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	5.1	6.0
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	5.7	6.7
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.5
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	2.3
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7

Betong: C32/40 BIO-40 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	57.9	55.9	54.1	0.0	0.0	0.0	20.6	20.8	20.9
15	Ja	52.8	49.7	46.9	0.0	0.0	0.0	21.0	21.2	21.4
10	Nej	81.0	78.5	76.0	0.0	0.0	0.0	16.9	17.1	17.2
10	Ja	75.4	71.3	67.1	0.0	0.0	0.0	17.3	17.5	17.7
5	Nej	125.2	121.5	118.0	0.0	0.0	0.0	12.6	12.8	13.0
5	Ja	119.3	113.1	107.3	0.0	0.0	0.0	12.9	13.2	13.5
0	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	7.8	8.0
0	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	8.2	8.6
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.3	2.6
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.7	3.1
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C32/40 BIO-40 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	145.3	127.6	109.1	0.0	0.0	0.0	10.8	11.4	12.0
0	Ja	130.2	108.3	86.0	0.0	0.0	0.0	11.3	12.1	12.8
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	8.0	8.8
-5	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	9.0	9.9
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	5.2	6.2
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	6.7	7.7
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	4.5	5.5
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	6.2	7.3

Betong: C32/40 BIO-40 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	9.5	9.8
0	Ja	149.5	137.4	125.3	0.0	0.0	0.0	10.7	11.1	11.4
-5	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	6.4	6.8
-5	Ja	0.0	0.0	152.2	0.0	0.0	0.0	9.3	9.7	10.2
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	4.9	5.3
-10	Ja	0.0	0.0	35.3	0.0	0.0	0.0	9.4	9.8	10.3
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	5.6	6.0
-15	Ja	27.1	25.9	24.9	0.0	0.0	0.0	11.2	11.6	12.0

Betong: C54/65 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.3	10.6	9.4	14.9	13.2	11.9	57.5	57.6	57.7
15	Ja	12.2	10.6	9.4	14.8	13.1	11.8	57.7	57.9	58.0
10	Nej	13.7	11.6	10.1	16.6	14.4	12.7	55.7	55.9	56.1
10	Ja	13.6	11.6	10.0	16.4	14.2	12.5	56.1	56.3	56.5
5	Nej	15.6	12.9	10.9	18.8	15.9	13.8	53.2	53.5	53.8
5	Ja	15.3	12.7	10.9	18.3	15.5	13.6	53.7	54.1	54.4
0	Nej	18.6	14.7	12.0	22.3	18.1	15.1	49.4	49.8	50.3
0	Ja	18.1	14.3	11.9	21.5	17.4	14.8	50.0	50.7	51.3
-5	Nej	25.6	17.8	13.7	30.3	21.9	17.2	42.7	43.9	44.9
-5	Ja	23.4	17.0	13.3	27.5	20.5	16.5	43.7	45.5	46.7
-10	Nej	0.0	26.5	16.6	0.0	32.7	21.0	0.0	35.4	38.6
-10	Ja	0.0	22.4	15.7	0.0	26.9	19.3	0.1	38.5	41.7
-15	Nej	0.0	0.0	26.6	0.0	0.0	36.0	0.0	0.0	28.0
-15	Ja	0.0	0.0	20.6	0.0	0.0	25.4	0.0	0.0	35.6

Betong: C54/65 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.5	11.4	10.4	15.7	14.6	13.5	56.5	56.6	56.7
15	Ja	12.2	11.2	10.3	14.9	13.8	12.8	57.1	57.2	57.3
10	Nej	15.0	13.4	12.0	18.7	17.0	15.5	54.2	54.3	54.4
10	Ja	14.4	12.9	11.6	17.3	15.7	14.4	55.0	55.2	55.4
5	Nej	19.1	16.7	14.5	23.9	21.3	19.0	50.6	50.8	50.9
5	Ja	18.0	15.6	13.7	21.2	18.8	16.8	51.6	52.0	52.4
0	Nej	29.6	24.3	19.9	37.0	31.7	26.9	43.8	44.2	44.6
0	Ja	25.4	20.9	17.4	30.9	24.6	21.0	44.7	45.9	47.0
-5	Nej	107.9	81.8	52.5	161.5	139.8	111.6	23.0	24.8	26.9
-5	Ja	85.4	49.5	27.9	137.1	94.1	40.0	25.0	27.9	32.2
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C54/65 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	15.7	13.0	11.0	18.9	16.0	13.8	50.2	50.7	51.1
0	Ja	15.4	12.8	11.0	18.3	15.6	13.6	51.1	51.6	52.0
-5	Nej	15.9	13.1	11.1	19.1	16.1	13.9	46.2	47.0	47.6
-5	Ja	15.4	12.9	11.0	18.3	15.7	13.7	47.8	48.6	49.3
-10	Nej	16.0	13.2	11.2	19.3	16.3	14.1	43.2	44.2	45.1
-10	Ja	15.4	12.9	11.1	18.3	15.6	13.7	45.5	46.6	47.3
-15	Nej	16.1	13.4	11.3	19.4	16.4	14.2	41.6	43.1	44.1
-15	Ja	15.4	13.0	11.1	18.3	15.7	13.8	44.6	45.8	46.7

Betong: C54/65 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	16.7	14.9	13.3	21.5	19.5	17.7	46.2	46.5	46.8
0	Ja	15.5	14.0	12.7	18.3	16.7	15.4	49.0	49.5	49.9
-5	Nej	14.8	13.5	12.2	20.1	18.5	17.1	39.6	40.2	40.6
-5	Ja	14.0	12.9	11.8	16.7	15.6	14.6	46.1	46.7	47.1
-10	Nej	13.5	12.4	11.4	19.1	17.7	16.5	35.1	36.1	36.8
-10	Ja	12.9	12.0	11.2	16.0	14.9	14.1	45.6	46.1	46.5
-15	Nej	12.5	11.6	10.7	18.2	17.0	16.0	34.5	35.4	36.2
-15	Ja	12.1	11.3	10.6	15.2	14.4	13.8	46.4	46.9	47.3

Betong: C54/65 BIO-10 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	12.9	11.2	9.9	16.6	14.6	13.2	55.1	55.3	55.4
15	Ja	12.9	11.1	9.9	16.4	14.4	13.1	55.4	55.6	55.7
10	Nej	14.5	12.3	10.6	18.5	16.1	14.2	52.9	53.1	53.3
10	Ja	14.4	12.2	10.6	18.2	15.8	14.0	53.2	53.6	53.8
5	Nej	16.6	13.7	11.6	21.1	17.9	15.5	49.8	50.1	50.4
5	Ja	16.2	13.4	11.5	20.4	17.3	15.2	50.3	50.8	51.2
0	Nej	20.0	15.8	12.8	25.4	20.6	17.2	45.1	45.7	46.3
0	Ja	19.3	15.3	12.6	24.0	19.6	16.6	45.9	46.8	47.5
-5	Nej	28.0	19.4	14.8	35.3	25.4	19.9	37.5	38.9	40.1
-5	Ja	25.3	18.3	14.2	31.5	23.3	18.6	38.5	40.7	42.2
-10	Nej	0.0	30.8	18.3	0.0	42.0	25.1	0.0	28.4	32.8
-10	Ja	0.0	24.7	17.0	0.0	32.1	22.3	0.0	32.1	36.2
-15	Nej	0.0	0.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9
-15	Ja	0.0	0.0	23.2	0.0	0.0	31.6	0.0	0.0	28.4

Betong: C54/65 BIO-10 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	13.3	12.1	11.0	17.8	16.6	15.4	53.9	54.0	54.1
15	Ja	12.9	11.8	10.8	16.5	15.3	14.2	54.6	54.8	54.9
10	Nej	15.9	14.3	12.8	21.5	19.7	18.0	51.0	51.2	51.3
10	Ja	15.2	13.7	12.3	19.2	17.5	16.0	52.0	52.2	52.4
5	Nej	20.6	18.0	15.7	28.0	25.3	22.7	46.7	46.9	47.1
5	Ja	19.1	16.7	14.6	23.6	21.0	18.8	47.8	48.3	48.7
0	Nej	32.2	26.8	22.1	45.4	39.8	34.4	39.1	39.5	39.9
0	Ja	27.6	22.4	18.8	38.0	28.8	23.8	39.8	41.2	42.4
-5	Nej	114.8	91.5	65.0	0.0	0.0	0.0	18.6	20.3	22.0
-5	Ja	93.9	60.2	32.6	0.0	161.7	94.2	20.4	22.8	26.4
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C54/65 BIO-10 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	16.7	13.8	11.7	21.2	18.0	15.6	46.2	46.8	47.3
0	Ja	16.3	13.5	11.6	20.3	17.3	15.2	47.2	47.9	48.4
-5	Nej	16.9	14.0	11.8	21.4	18.2	15.7	41.7	42.5	43.3
-5	Ja	16.3	13.6	11.6	20.3	17.3	15.2	43.4	44.5	45.2
-10	Nej	17.0	14.1	11.9	21.6	18.3	15.9	38.2	39.3	40.5
-10	Ja	16.3	13.6	11.7	20.2	17.4	15.2	40.7	42.1	43.1
-15	Nej	17.2	14.2	12.0	21.8	18.5	16.0	36.6	38.1	39.3
-15	Ja	16.3	13.7	11.7	20.2	17.4	15.3	39.7	41.3	42.4

Betong: C54/65 BIO-10 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Uttemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	18.0	16.1	14.3	24.8	22.7	20.7	41.8	42.2	42.5
0	Ja	16.3	14.8	13.4	20.0	18.4	17.0	44.9	45.5	46.0
-5	Nej	16.0	14.5	13.2	23.1	21.4	19.8	34.9	35.5	36.1
-5	Ja	14.7	13.7	12.5	18.1	17.0	15.9	42.0	42.6	43.1
-10	Nej	14.5	13.3	12.3	21.9	20.4	19.0	30.3	31.3	32.2
-10	Ja	13.6	12.7	11.8	16.9	16.0	15.2	41.4	42.1	42.6
-15	Nej	13.4	12.4	11.5	20.8	19.6	18.4	30.1	31.0	31.8
-15	Ja	12.8	12.0	11.2	16.1	15.4	14.7	42.6	43.1	43.5

Betong: C54/65 BIO-40 Ingen uppvärmning Vind: 0m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	18.4	15.8	13.5	30.6	27.3	24.1	44.0	44.4	44.8
15	Ja	18.3	15.6	13.2	29.3	25.8	22.6	44.3	44.9	45.4
10	Nej	21.6	18.2	15.2	37.1	32.6	28.3	39.9	40.3	40.8
10	Ja	21.1	17.7	14.9	35.2	30.0	26.0	40.2	40.9	41.6
5	Nej	26.6	21.7	17.7	48.8	41.8	35.3	34.9	35.5	36.2
5	Ja	25.5	20.8	17.1	45.7	37.6	31.0	35.3	36.2	37.1
0	Nej	36.4	28.1	21.6	80.0	65.3	51.3	28.5	29.4	30.4
0	Ja	33.7	25.8	20.2	73.4	55.7	41.4	28.9	30.2	31.6
-5	Nej	71.8	45.8	30.1	0.0	0.0	167.6	18.6	20.5	22.4
-5	Ja	60.4	37.7	25.8	0.0	0.0	103.4	19.4	21.7	24.1
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	6.5
-10	Ja	0.0	0.0	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	11.8
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4

Betong: C54/65 BIO-40 Ingen uppvärmning Vind: 7m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
15	Nej	19.2	17.6	16.0	38.5	36.7	34.7	41.8	41.9	42.1
15	Ja	18.3	16.6	15.0	31.3	28.3	25.9	42.6	43.0	43.3
10	Nej	24.7	22.5	20.2	53.5	51.1	48.5	37.0	37.2	37.4
10	Ja	22.8	20.4	18.2	46.2	40.4	35.0	37.6	38.1	38.6
5	Nej	35.0	31.7	28.3	83.9	80.6	76.9	31.0	31.3	31.6
5	Ja	31.9	27.3	23.5	79.5	71.9	62.3	31.4	31.9	32.6
0	Nej	60.8	55.2	49.1	160.1	154.5	148.2	23.0	23.4	23.8
0	Ja	56.3	48.4	39.2	155.5	147.2	136.5	23.3	23.9	24.6
-5	Nej	0.0	165.1	149.5	0.0	0.0	0.0	9.1	10.2	11.3
-5	Ja	166.7	148.6	128.2	0.0	0.0	0.0	10.1	11.4	12.6
-10	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-10	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Nej	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-15	Ja	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Betong: C54/65 BIO-40 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 0m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	26.8	21.9	17.8	55.9	45.4	36.5	30.2	31.1	32.1
0	Ja	25.0	20.6	17.0	48.0	37.6	30.4	31.1	32.4	33.6
-5	Nej	27.1	22.1	18.0	80.1	52.1	38.4	24.9	26.3	27.8
-5	Ja	24.6	20.4	17.0	52.4	37.7	29.9	26.5	28.4	30.1
-10	Nej	27.4	22.3	18.2	0.0	0.0	41.9	19.4	21.9	23.9
-10	Ja	24.2	20.3	16.9	66.5	37.5	29.4	22.6	25.1	27.2
-15	Nej	27.7	22.5	18.3	0.0	0.0	0.0	16.9	20.0	22.3
-15	Ja	23.8	20.1	16.9	0.0	37.2	28.9	21.3	24.0	26.4

Betong: C54/65 BIO-40 Infravärme: Effekt enligt tabell Vind: 7m/s

Utetemp °C	Täckning efter 4h	Timmar till 10MPa			Timmar till 22.4MPa (70%)			MPa efter 7 dygn		
		15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg	15°btg	20°btg	25°btg
0	Nej	29.1	26.2	23.6	115.5	108.2	100.1	25.9	26.4	26.8
0	Ja	22.5	20.7	18.9	63.5	47.5	35.6	28.7	29.6	30.5
-5	Nej	24.5	22.5	20.6	0.0	0.0	0.0	20.4	21.2	21.8
-5	Ja	19.0	17.8	16.6	28.8	26.3	24.6	27.6	28.5	29.4
-10	Nej	21.3	19.8	18.2	0.0	0.0	0.0	16.3	17.3	18.2
-10	Ja	17.0	16.1	15.1	23.5	22.6	21.7	28.4	29.2	30.0
-15	Nej	18.9	17.7	16.4	0.0	0.0	0.0	17.4	18.2	18.9
-15	Ja	15.7	14.9	14.1	21.3	20.6	19.9	31.2	31.9	32.5

G.5 Serieberäkningar uttorkning

Tätthus: 50d Styrkt klimat: 150d efter gjutning RF klimat: 40%

Gjutdatum 2021-01-01	Tätt hus	Styrkt klimat	RF klimat	RF 88%	RF 500d
Betong	(d)	(d)	%	(d)	%
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	40	89	80
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	40	136	78
TorkBI-3	50	150	40	148	77
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	40	149	79
TorkBI-5	50	150	40	165	74
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	40	169	77

Gjutdatum 2021-04-01	Tätt hus	Styrkt klimat	RF klimat	RF 88%	RF 500d
Betong	(d)	(d)	%	(d)	%
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	40	37	80
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	40	93	78
TorkBI-3	50	150	40	107	76
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	40	107	79
TorkBI-5	50	150	40	127	73
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	40	134	76

Gjutdatum 2021-07-01	Tätt hus	Styrkt klimat	RF klimat	RF 88%	RF 500d
Betong	(d)	(d)	%	(d)	%
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	40	40	81
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	40	170	80
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	40	185	80
TorkBI-3	50	150	40	192	78
TorkBI-5	50	150	40	201	75
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	40	207	78

Gjutdatum 2021-10-01	Tätt hus	Styrkt klimat	RF klimat	RF 88%	RF 500d
Betong	(d)	(d)	%	(d)	%
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	40	57	81
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	40	197	80
TorkBI-3	50	150	40	206	79
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	40	209	80
TorkBI-5	50	150	40	214	76
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	40	219	78

Tätthus: 50d Styrkt klimat: 150d efter gjutning RF klimat: 80%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	80	89	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	80	136	84
TorkBI-3	50	150	80	148	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	80	149	84
TorkBI-5	50	150	80	166	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	80	169	84

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	80	37	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	80	93	84
TorkBI-3	50	150	80	107	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	80	107	84
TorkBI-5	50	150	80	127	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	80	134	84

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	80	40	84
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	80	172	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	80	190	85
TorkBI-3	50	150	80	218	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	80	258	86
TorkBI-5	50	150	80	260	85

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	150	80	57	84
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	150	80	210	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	150	80	226	85
TorkBI-3	50	150	80	240	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	150	80	279	86
TorkBI-5	50	150	80	288	85

Tätthuset: 50d Styrkt klimat: 250d efter gjutning RF klimat: 40%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	40	89	80
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	40	136	79
TorkBI-3	50	250	40	148	78
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	40	149	80
TorkBI-5	50	250	40	165	75
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	40	169	78

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	40	37	81
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	40	93	80
TorkBI-3	50	250	40	107	78
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	40	107	81
TorkBI-5	50	250	40	127	76
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	40	134	79

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	40	40	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	40	238	82
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	40	258	82
TorkBI-3	50	250	40	273	80
TorkBI-5	50	250	40	281	78
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	40	288	80

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	40	57	82
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	40	216	81
TorkBI-3	50	250	40	229	79
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	40	232	81
TorkBI-5	50	250	40	244	77
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	40	248	79

Tätthus: 50d Styrkt klimat: 250d efter gjutning RF klimat: 80%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	80	89	82
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	80	136	83
TorkBI-3	50	250	80	148	83
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	80	149	84
TorkBI-5	50	250	80	165	83
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	80	169	84

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	80	37	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	80	93	84
TorkBI-3	50	250	80	107	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	80	107	84
TorkBI-5	50	250	80	127	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	80	134	85

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	80	40	85
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	80	238	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	80	258	86
TorkBI-3	50	250	80	277	85
TorkBI-5	50	250	80	304	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	80	309	86

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	50	250	80	57	84
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	50	250	80	216	84
TorkBI-3	50	250	80	229	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	50	250	80	232	85
TorkBI-5	50	250	80	244	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	50	250	80	248	85

Tätthet: 140d Styrkt klimat: 150d efter gjutning RF klimat: 40%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	40	90	81
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	40	195	80
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	40	197	80
TorkBI-3	140	150	40	208	78
TorkBI-5	140	150	40	217	75
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	40	220	78

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	40	37	80
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	40	112	79
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	40	121	79
TorkBI-3	140	150	40	183	78
TorkBI-5	140	150	40	191	74
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	40	198	78

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	40	40	82
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	40	227	81
TorkBI-3	140	150	40	230	79
TorkBI-5	140	150	40	231	76
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	40	235	81
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	40	239	79

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	40	57	82
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	40	236	81
TorkBI-3	140	150	40	239	79
TorkBI-5	140	150	40	242	77
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	40	244	81
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	40	248	79

Tätthus: 140d Styrkt klimat: 150d efter gjutning RF klimat: 80%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	80	90	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	80	204	85
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	80	205	85
TorkBI-3	140	150	80	242	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	80	276	85
TorkBI-5	140	150	80	282	85

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	80	37	84
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	80	112	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	80	121	85
TorkBI-3	140	150	80	194	85
TorkBI-5	140	150	80	226	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	80	232	85

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	80	40	85
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	80	271	86
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	80	287	86
TorkBI-3	140	150	80	295	86
TorkBI-5	140	150	80	325	86
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	80	329	86

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	150	80	57	85
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	150	80	282	86
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	150	80	298	86
TorkBI-3	140	150	80	307	86
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	150	80	342	86
TorkBI-5	140	150	80	343	86

Tätthus: 140d Styrkt klimat: 250d efter gjutning RF klimat: 40%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	40	90	81
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	40	199	80
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	40	200	81
TorkBI-3	140	250	40	217	79
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	40	236	79
TorkBI-5	140	250	40	236	76

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	40	37	82
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	40	112	81
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	40	121	81
TorkBI-3	140	250	40	192	79
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	40	265	79
TorkBI-5	140	250	40	268	77

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	40	40	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	40	298	82
TorkBI-5	140	250	40	298	79
TorkBI-3	140	250	40	299	81
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	40	309	81
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	40	310	83

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	40	57	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	40	260	81
TorkBI-3	140	250	40	267	80
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	40	272	82
TorkBI-5	140	250	40	274	78
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	40	280	80

Tätthet: 140d Styrkt klimat: 250d efter gjutning RF klimat: 80%

Gjutdatum 2021-01-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	80	90	83
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	80	199	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	80	200	84
TorkBI-3	140	250	80	217	84
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	80	236	85
TorkBI-5	140	250	80	236	85

Gjutdatum 2021-04-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	80	37	84
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	80	112	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	80	121	85
TorkBI-3	140	250	80	192	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	80	268	85
TorkBI-5	140	250	80	275	85

Gjutdatum 2021-07-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	80	40	85
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	80	313	86
TorkBI-3	140	250	80	331	86
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	80	331	86
TorkBI-5	140	250	80	354	86
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	80	362	86

Gjutdatum 2021-10-01 Betong	Tätt hus (d)	Styrkt klimat (d)	RF klimat %	RF 88% (d)	RF 500d %
TorkBI-3 evoBuild Nivå 4	140	250	80	57	84
TorkBI-3 evoBuild Nivå 2	140	250	80	260	85
TorkBI-3	140	250	80	267	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 4	140	250	80	272	85
TorkBI-5 evoBuild Nivå 2	140	250	80	287	86
TorkBI-5	140	250	80	291	85

Bilaga H Miljöaspekter

H.1 Minskad klimatpåverkan vid betongbyggnation

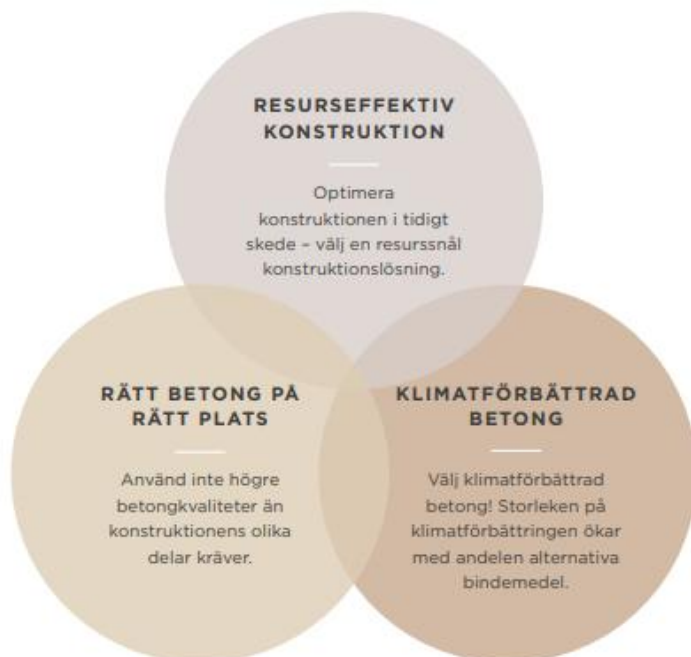
Betongprodukten

I vägledningen för klimatförbättrad betong (Svensk Betong [2]) har man avgränsat sig till att beskriva betongens klimatpåverkan i produktskedet och hur den kan minskas. Det poängteras ändå i vägledningen att, en viktig aspekt är att "se varje byggnad ur ett helhetsperspektiv utifrån dess specifika förutsättningar och krav på funktion, kvalitet, ekonomi och miljö". Vidare menar man att "klimatpåverkan således bör betraktas i förhållande till byggnadens funktion och livslängd och uttryckas i utsläpp av kg CO₂_{ekv} per funktion och livslängd; exempelvis kg CO₂_{ekv} per m² BOA och år", dvs betydligt bredare ambitioner än produktskedet.

Betongens koldioxidutsläpp; per m³, kg eller byggprodukt utgör således enbart en del i den information som behövs för att klimatoptimera en byggnad i sin helhet, se figur H.1; "nödvändiga ingredienser för största möjliga klimatbelastningsreduktion". Man nämner även det intressanta bidraget från karbonatiseringen; "Ungefär 15 procent av den koldioxid som släpps ut vid produktionen, tas på detta sätt upp under byggnadens drift- och slutskede [3]".

Svensk Betong tydliggör därefter begreppet klimatförbättrad betong; "Den har en sammansättning där åtgärder gjorts för att reducera de koldioxidutsläpp den genererar. Med klimatförbättrad betong avses en betong där tillverkaren genom aktiv optimering reducerat klimatpåverkan med minst 10 procent, jämfört med en standardbetong som normalt skulle levererats för en viss funktion Den totala minskningen i klimatpåverkan uppgår då i genomsnitt till cirka 30 procent, i jämförelse med den betong som användes för cirka 20 år sedan".

Därefter presenteras mer konkret hur detta ska gå till genom att en handlingsplan ges. Man är mycket tydlig: "År 2030 ska klimatneutral betong finnas på marknaden och år 2045 ska all betong som används i Sverige vara klimatneutral".



Figur H.1. Reduktion av klimatbelastning genom en bredare ansats; klimatförbättrad betong, resurseffektiv konstruktionslösning samt rätt betong på rätt plats. Från Svensk betong.

Det går givetvis inte att rucka på det krav som gäller för betong enligt rådande regelverk, framförallt med hänsyn till exponering och funktion. Man konstaterar att i många fall finns god marginal till förändringar i betongsammansättning så att reduktion av CO₂ belastning i produktionsstadiet kan ske direkt utan att äventyra funktionen. Redan nu finns, som nämnts, ett flertal exempel på reduktioner på marknaden med över 20 – 30 %, i några fall över 50 %.

Beräkningar av miljöbelastning sker lämpligen med EPD verktyg - säkerställda, överenskomna och accepterade av branschen. Svenska Betong tillhandahåller verktyg - licens erhålls efter kurs.

En tabell presenteras i vägledningen där man stegvis visar hur reduktionen kan gå till för de viktigaste tillämpningarna mötande gällande miljöklasser, se figur H.2. Där finns också några kommentarer

" Tabell 1 visar beräknade värden för koldioxidutsläpp från några vanliga betongsorter inom fabriksbetong, d.v.s. betong som gjuts på byggarbetsplatsen. Branschreferenserna är baserade på uppskattade medelvärden; typiska värden för vanligt förekommande betongsorter producerade i Sverige år 2017 – 2018. Vi har i denna andra utgåva av vägledningen valt att utgå från samma referensvärden som i den förra utgåvan, vilket möjliggör jämförelser och uppföljningar".

I den nya upplagan ges råd hur nivå 1 – 4 kan nås (citat vägledningen):

“• **Nivå 1:** Den första åtgärden är att arbeta med betongreceptet. Att ersätta cementklinker med alternativa bindemedel, såsom slagg eller flygaska, ger betongen ett lägre CO₂-utsläpp.

• **Nivå 2:** För att uppnå större reduktion gäller att arbeta ytterligare med att optimera betongrecepten. Här ger den nyligen uppdaterade standarden SS 137003:2021 större möjligheter att använda alternativa bindemedel.

• **Nivå 3 och 4:** För att nå så långt som möjligt behövs, utöver noggrann receptoptimering, genomförande av åtgärder i tillverkningsprocessen, transporter etc. Det krävs mer omfattande åtgärder som testning och provning samt samarbete för att nå högre nivåer. En förutsättning är att åtgärder planeras tidigt i byggprocessen och att betongleverantören involveras redan i detta skede.

Vilken nivå som är möjligt att nå i ett specifikt projekt kan begränsas av regelverk och produktionstekniska förutsättningar. Transporternas bidrag är även en viktig dimension”.

Tabell H.1 Klimatreduktion av betong, (tabell 1 i Svensk Betong, 2024)

Tabell 1	Exponeringsklass	Hållfasthetsklass*	vct _{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, kg CO ₂ -ekv/m ³				
				Branschreferens	Nivå 1	Klimatförbättrad, max		Nivå 4
					Nivå 2	Nivå 3		
Hus invändigt RF _{krav} < 85%, tex plastmatta och vissa fall parkett	X0, XC1	C50/60	0,35	365	330	290	255	≤ 220
RF _{krav} < 90%, tex bälklag	X0, XC1	C35/45	0,45	305	275	245	215	≤ 185
Hus invändigt Inomhus med låg fuktighet	X0, XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
	X0, XC1	C28/35	0,60	240	215	190	170	≤ 145
	X0, XC1	C25/30	0,65	225	205	180	160	≤ 135
	X0, XC1	C16/20	0,70	205	185	165	145	≤ 125
Parkeringshus Slutet, uppvärmt, utsatt för saltstänk	XD3	C40/50	0,40**	340	305	270	240	≤ 205
Grundkonstruktioner Frostfritt under GVV	XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
Ej Frostfritt över/under GVV	XC3, XC4, XF3	C28/35	0,55**	270	245	215	190	≤ 160
Hus Utomhus, ej salt Yttervägg, balkong, sockel	XC3, XC4, XF3	C28/35	0,55**	270	245	215	190	≤ 160
Hus Utomhus, salt Parkeringshus, kallt	XD3, XF2	C35/45	0,40**	340	305	270	240	≤ 205
Anläggning Utomhus, salt och frost se Betongrapport 11 Utanför zon 2. T.ex. stödmurar.	XC4, XF3	C28/35	0,50**	325	290	260	225	≤ 195
I zon 2, ej i stänkkzon.	XD2, XS2, XF2	C32/40	0,45**	355	320	285	250***	≤ 215***
Tösaltade vägar och vägbroar, konstruktioner i eller invid havsvatten	XD3, XS3, XF4	C35/45	0,40**	385	345	310	270***	≤ 230***

* Typiska värden/klasser. Styrts främst av exponeringsklass och hållfasthetskrav. Kan variera, se texten i avnittet.
** Max vct_{ekv} i exponeringsklassen enligt SS 137003:2021 samt Trafikverket.
*** Standarder och regelverk i Sverige begränsar möjlig reduktion.
Svensk Betong Vägledningen Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Byggandets påverkan

Tabell H.1 ovan beaktar endast krav gällande för funktion och beständighet. Den viktiga parametern; byggandet, innebär ofta andra förutsättningar som sätter betongförslagen i viss mån på sin kant. Följande exempel på byggrelaterade kriterier innebär tyvärr att man tenderar att höja betongkvaliteten:

- Gjutteknik: mer lättflytande betong, t ex SKB, kan innebära högre cement- och fillerhalter.
- Vinterbetong: tidig formrivning innebär att man går upp ett antal hållfasthetsklasser så att hydratationen accelereras, innebärande högre halter av bindemedel
- Uttorkning: snävt tilltagna uttorkningstider leder direkt till val av snabbtorkande/självtorkande betonger med höga bindemedelshalter
- Inblandning av krossballast av miljöskäl, kan innebära svårigheter med gjutbarhet som avhjälpas paradoxalt med höga halter bindemedel, som alltså höjer miljöbelastning.

Optimal betongprodukt

I Svensk betongs vägledningen upplaga 2 har man kompletterat texten kring tabellen:

"För att nå så långt som möjligt är det viktigt att man redan tidigare har genomfört de optimeringar som är möjliga i form av konstruktiv lösning samt val av exponeringsklass och hållfasthetsklass som beskrivits i tidigare avsnitt i denna vägledning. Av tabell 1 (här: Tabell H.1) framgår också betydelsen av att använda rätt betong på rätt plats, d.v.s. att inte använda betong med för hög prestanda där det inte är motiverat av byggnadens funktionskrav".

Därefter diskuterar man uttorkningsutmaningen med ett tabellutdrag, Tabell H.2. Det visas hur klimatförbättringar kan uppnås i storleksordning om cirka 15 – 40 % genom att välja en betongkvalitet som utnyttjar bindemedlet optimalt. En ändring av uttorkningskravet från 85 % till 90 % innebär att betongens $v_{ct_{ekv}}$ kan ökas och koldioxidutsläppet minskas från 365 till 305 kg $CO_{2_{ekv}}/m^3$. Om dessutom en klimatförbättrad betong väljs kan koldioxidutsläppet minskas ytterligare till 185 kg $CO_{2_{ekv}}/m^3$ dvs ungefär en femtioprocentig minskning.

I figuren visas även möjlig klimatreduktion om uttorkningskravet helt tas bort exempelvis genom att välja annan golvlösning. Betongens $v_{ct_{ekv}}$ medges då öka och koldioxidutsläppet minskas från 365 till 205 kg $CO_{2_{ekv}}/m^3$. Om sedan en klimatförbättrad betong väljs kan koldioxidutsläppet minskas ytterligare till 125 kg $CO_{2_{ekv}}/m^3$, vilket motsvarar en reduktion med cirka 65 %.

Tabell H.2 Utdrag ur tabell 1: möjligheter att minska CO₂- utsläpp genom ändring av RH- krav eller att kraven kan helt slopas, (tabell 2 i Svensk Betong, 2024)

Fabriksbetong Tabell 2	Exponerings- klass	Hållfasthets- klass*	vct _{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, kg CO ₂ -ekv/m ³				
				Bransch- referens	Nivå 1	Klimatförbättrad, max		
					Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	
Hus invändigt RF _{krav} < 85%, tex plastmatta och vissa fall parkett	X0, XC1	C50/60	0,35	365	330	290	255	≤ 220
RF _{krav} < 90%, tex bälklag	X0, XC1	C35/45	0,45	305	275	245	215	≤ 185
Hus invändigt Inomhus med låg fuktighet	X0, XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
	X0, XC1	C28/35	0,60	240	215	190	170	≤ 145
	X0, XC1	C25/30	0,65	225	205	180	160	≤ 135
	X0, XC1	C16/20	0,70	205	185	165	145	≤ 125

Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Byggnade med betong

Resonemanget ovan är ju till stor del fokuserat på betongprodukten. Genom att utveckla studierna till att även ta med nivå A4, transport till byggarbetsplatsen, och nivå A5, byggandet, öppnar sig många andra möjligheter och utmaningar för betongbyggandet. Det är ju byggandet som detta projekt har stort fokus på.

Vissa hållbarhetsstudier har genomförts i olika sammanhang angående transporter av betong och det platsgjutna byggandet. Ibland har oväntade resultat erhållits. En förklaring till en viss förvåning över resultaten kan vara att fokus på materialet i sig har hittills varit (alltför) stort. Detta har troligen förstärkts av att miljöfrågorna drivits av betong- och cement/bindemedelsbranschen. Några studier visar att en inte försumbar del av miljöpåverkan sker även under formsättning, armering, gjutning och härdning. I takt med ökade krav på kort byggtid och reducerade kostnader ser man i flera sammanhang att miljöpåverkan *ökar* trots att klimatreduktion har varit framgångsrik hos de ingående materialen.

Man borde uppmärksamma att i vårt land med byggande under årstider med låga temperaturer vidtas åtgärder som i stort sett alla innebär högre energiåtgång och höga CO₂- utsläpp. I klass I och klass II kurser för betong lärs exempelvis ut att "när det är betongvinter, då måste man planera för många extraåtgärder för att säkerställa säker formrivning, uttorkning och så vidare". Betongvintern anses råda när lufttemperaturen är under 5 °C, dvs i stort sett är "mer än halva året av byggandet i Stockholm – om man räknar bort sommarmånaden" (citat från känd kursledare).

Alltså: under mer än halva året tillförs ansenlig klimatbelastning under uppförandet!

I fältmätningar i det tidigare stombyggnadsprojektet ser man detta i några fall vid val av betong och åtgärder – alla har inneburit ökning av klimatpåverkan. Vid miljöoptimeringar av stombyggnadsprocessen observerades väntade tendenser, och oväntade. Exempelvis visade uttorkningsberäkningar, speciellt för kallare klimat i några

situationer, att för att åstadkomma ett uttorkat golv inom föreskriven tid gav ett betongval för snabb uttorkning med *hög* miljöbelastning A3 en *lägre* CO₂ belastning i *slutänden*. Detta i jämförelse med en betong med *lägre* miljöbelastning A3 eftersom då energikrävande åtgärder (t ex sänkning RH_{luft} med avfuktare) var nödvändiga för att skynda på uttorkningen.

Liknande studier kan säkerligen göras för diverse andra situationer av uttorkningsfall och även vintergjutningsutmaningar (dvs formrivning/hantering). Stora potentialer till klimatreduktion kan säkerligen finnas genom kombination av värdeskapande betong och anpassad byggprocess för optimal klimatreduktion.

Svensk betong poängterar ju i sin vägledning "att det finns möjligheter att skapa betongbyggnader där klimatpåverkan reducerats i en storleksordning som var helt omöjlig att åstadkomma för bara några år sedan. Upp till 50 procent lägre klimatpåverkan, jämfört med om byggnaden producerats "som vanligt" är möjligt idag".

H.2 Klimathänsyn hos stombyggnadsprocessen med platsgjuten betong

Klimataspekter i praktiken

Det noteras tidigare i texten att under senare år har flera husbyggnadsprojekt genomförts med markanta reduktioner av klimatavtryck. Det rapporteras exempelvis om intressanta observationer från nämnda projekt i Helsingborg i examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola 2021 [20], och föredrag Olsson [29]. Medvetet fokus hos projektledning var inte bara klimatförbättrad betong utan att även se över utförande och konstruktionsdetaljer.

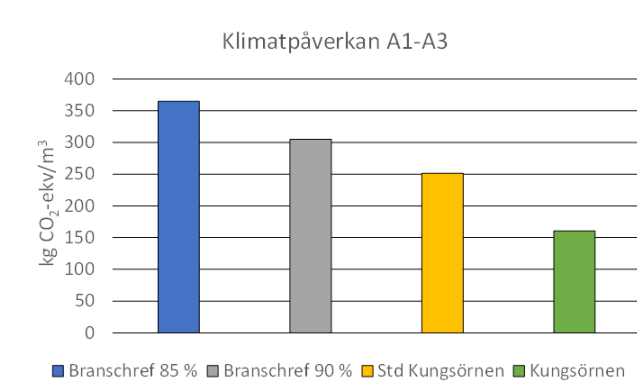
Förutsättningar givna i anbudsskedet innebar att kostnadseffektiva och hållbara lösningar kunde selekteras ut av utförare och betongleverantör (NCC och HM Betong). Konstruktivt slankare väggar och bjälklag valdes och "rätt betong på rätt plats" tillämpades i och med tillåten flexibilitet i tidplanen. Bärighet och beständighet kunde styra betongval och inte uttorkningskrav i och med förlängda tider för matläggning och möjlighet till alternativa golvlösningar.

Bjälklag och innerväggar gjöts med 40 % klimatförbättrad betong jämfört branschreferens - steg 3 enligt figur H.1. Under byggfasen vidtogs andra åtgärder för begränsad klimatpåverkan, bland annat att minska betongspill till ett minimum.

Det var fördelaktigt att vissa delar av projektet genomfördes under varma månader och man försökte även styra gjutningar av slankare sektioner till varmare dagar.

Den tidiga samverkan i projektet var en nyckel till klimatreduktionen, dvs att flera begränsningar kunde rundas, exempelvis de som råder för uttorkning. Figur H.2 visar den minskade klimatbelastningen med upp till 31 % hos den betong som användes i projektets bjälklag i jämförelse med de branschreferenser som råder för uttorkningsbetong och övrig betong utan uttorkningskrav.

Åtgärderna i Helsingborgsprojektet kan tyckas enkla men det är inte en självklarhet att så genomgripande klimatoptimering tillämpas i stombyggnadsprojekt. Det beror inte på att det saknas vilja att bygga klimatsmart – snarare på att det ofta saknas tillräckliga incitament. En stimulans är enligt författarna att beställare ställer klimatkrav redan i upphandlingen – det valde Helsingborgshem att göra här.



Figur H.2. Klimatpåverkan skede A1-A3 för klimatförbättrad betong (Kungsörnen), värde motsvarande branschreferens inomhus, respektive betong med krav på uttorkning till 85 % och 90 %, se Tabell H.1

Referenser

- [1] Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Sammanfattningar 2018–2020, https://fossilfritt.sverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs_sammanfattning2020.pdf
- [2] Svensk betong: Färdplan klimatförbättrad betong, www.svenskbetong.se
- [3] Betonginitiativet– Färdplan för klimatneutral betong, http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_betongbranschen.pdf
- [4] Heidelberg Materials, Färdplan för cementbranschen, 2023, www.cement.heidelbergmaterials.se/sv/fardplancement
- [5] Grönare anläggningsbetong. <https://www.sbuf.se/Projektsida?project=476ebce2-68f6-4eb3-adc2-77ca1e924103>
- [6] Larsson R. Modelling and simulation of factors influencing on-site construction of concrete frameworks Studying the effects of resource allocation, weather conditions, and climate-improved concrete, Lund Univ, Konstruktionsteknik, Doktorsavhandling TVBK-21/1056-SE, , nov 2021, 155 sidor
- [7] Chen, S.; Lu, W.; Olofsson, T.; Dehghanimohammadabadi, M.; Emborg, M.; Nilimaa, J.; Wang, Y.; Feng, K. Concrete Construction: How to Explore Environmental and Economic Sustainability in Cold Climates. Sustainability 2020,
- [8] Feng, K.; Lu, W.; Olofsson, T.; Chen, S.; Yan, H.; Wang, Y. A Predictive Environmental Assessment Method for Construction Operations: Sustainability 2018,
- [9] Projekt uppkopplad byggplats, <https://www.smartbuilt.se/projekt/innovationer-och-nya-tillaempningar/uppkopplad-byggplats/>
- [10] Olofsson, T, Johansson, T, Emborg, M, Järleberg, M, Wiklund, U, Smarta plan-, bygg- och förvaltningsprocesser över hela livscykeln , <https://www.smartbuilt.se/library/5593/ap4-produktionsstyrning-av-platsgjuten-stomdrift.pdf>
- [11] Emborg, M., Nilimaa, J, Olofsson, T, Ohlsson, U, Ghasemi, Y, Larsson, R, Järleberg, M, Henriksson, J, Digitaliserat stombyggande med platsgjuten betong, Smart Built Environment, 2020, <https://www.smartbuilt.se/library/5771/slutrapport-200529ver2.pdf>
- [12] Larsson, R, Impact of Weather Conditions on In Situ Concrete Wall Operations Using a Simulation-Based Approach, J. Constr. Eng. Manage., 2019, 145(7)
- [13] Simonsson, P., Buildability of concrete structures. Luleå Tekn Univ, Konstruktionsteknik, Doktorsavhandling, 2011, 170 sidor.
- [14] Feng, K.; Lu, W.; Chen, S.; Wang, Y. An Integrated Environment–Cost–Time Optimisation Method for Construction Contractors Considering Global Warming. Sustainability 2018, 10,
- [15] Sandberg, M.; Mukkavaara, J.; Shadram, F.; Olofsson, T. Multidisciplinary Optimization of Life-Cycle Energy and Cost Using a BIM-Based Master Model. Sustainability 2019, 11,
- [16] Norberg H, Wallström P, Olofsson T, Segerstedt A, Tarandi V, Isaksson L, Outters N. Byggsynkronisering etapp I och II, Luleå Tekn Univ, Byggproduktion, Teknisk Rapport, 2009, se även SBUF projekt 12021 <https://www.sbuf.se/Projektsida/?project=dc559a2e-db06-4d42-a6c3-8454f65b258a>

- [17] Chen Shiwei. SCM concrete construction: economic and environmental performance quantification, optimisation and uncertainty analysis, Luleå Tekn Univ, Byggmaterial, Doktorsavhandling, 2025, 190 sidor.
- [18] Vinterbetong (1999), en översikt, Retelius Arne (redaktör), Cementa AB, Almqvist & Wiksell, Uppsala, ISBN 91-87334-09-7, 100 sid
- [19] BI Distant – www.betong.heidelbergmaterials.se/sv/bi-distant-digital-hallfasthetsmatning
- [20] Hellström V, Bennermark E. Klimatsmart betongbyggande - Reducerad klimatpåverkan från betongstommen i Kv. Kungsörnen, LTH, 2021, Examensarb TVBH-21/5107 SE(90)
- [21] Larsson, R. An Integrated Simulation-Based Methodology for Considering Weather Effects on Formwork Removal Times, 35th CIB W78 Conf, Oct, 2018, 41, Springer,
- [22] Betonghandboken Material, Kap 17 Uttorkning (Nilsson Lars-olof), kap 18 Krympning (Emborg Mats), kap 9 Tidig egenskapstillväxt och hårdnande betong (Mats Emborg), Svensk Byggtjänst, 2017 vol I, 2021 vol II
- [23] Helsing Elisabeth, Nyheter i SS 137003: Betong – Användning av EN 206 i Sverige - Betongdagen, Betongföreningen, 19 nov, 2020
- [24] Klimatoptimerat byggande av betongbroar, Råd och vägledning, SBUF 13207, 2017
- [25] Nilsson et al (2024): Trafikverkets och Anläggning AMA:s metoder för undvikande av tidig sprickbildning i betong – nytutveckling med hänsyn till miljökriterier, Materialdata för beräkning av temperatur, hållfasthet och spänningar – betong med AnIFA-cement, flygaska och slagg, Luleå: Luleå tekniska universitet, Teknisk rapport, 2024, ISSN 1402-1536, ISBN 978-91-8048-5697-5 (electronic)
- [26] Kankainen J, Seppänen O. A Line-of-Balance based schedule planning control system. Dynamic system schedule, Helsingfors, Finland, 2005 (från [16])
- [27] Carlswärd J, Uttorkningsegenskaper klimatförbättrad betong, Bygg och Teknik, nov 2020,
- [28] Carlswärd J, Klimatpåverkan kopplad till uttorkningskrav, Betongdagen 19 nov 2020.
- [29] Olsson N, Samverkan är nyckeln i Helsingborgshems, NCC:s och Betongindustris arbete med Kvarteret Kungsörnen, Betongdagen 11 nov 2021 (tillsammans med Björn Ravemark Helsingborgshem och Jonas Carlswärd)
- [30] Carlswärd, J. Uttorkningsegenskaper hos klimatförbättrad betong, Bygg & Teknik nr 6, 2020.
- [31] www.ri.se/sv/betcrete. Nationellt pågående projekt angående miljöhänsyn och klimataspekter betong. Ledning RISE med brett deltagande från byggbranschen: entreprenörer, beställare, materialleverantörer, konstruktörer m fl.
- [32] Björnsson I, Kamrad T, Lundstedt K, Thelanderrson S, Löfquist A, Gustafsson S, Resursslöseri i anläggningsbyggandet? Vad kan vi lära av 50 års utveckling?, Lund Universitet, Lunds Tekniska Högskola, Avd för Konstruktionsteknik, Rapport TVBK – 3080, 2025
- [33] Samuelsson Paul (1983): Byggplatsens behov av korttidshållfastet hos betong. Byggforskningsrådet, Rapport R 101:1983
- [34] Olsson A. (2019) Modellering av tidig rivning av bärande form och stämborttagning. Examensarbete, Luleå Tekniska Universitet, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser. Luleå 2019, 49 sid. + bilagor. Identifikationer: URN: urn:nbn:se:ltu:diva-74119 OAI: oai:DiVA.org:ltu-74119 DiVA, id: diva2:1319460

- [35] Lagerstam F, Löfstrand L (2018) Optimering av stämprivningstider – En kvantitativ undersökning om stämprivningstider av bostadsbjälklag, Examensarbete KTH, Skolan för arkitektur och samhällsbyggnad (ABE), Byggnadsvetenskap, Byggt teknik och design. Serienummer: TRITA-ABE-MBT-1895. Identifikationer URN: urn:nbn
- [36] Källgården G. Uttorkning av klimatförbättrad betong: Simulering, prognoser och praktiska tillämpningar i byggprojekt, Examensarbete, Luleå Tekniska Universitet, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå 2025, 54 sidor
- [37] Doka (2006) Dokaflex-formbord [Broschyr] hämtad 2018-10-23 från: https://direct.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999778010_2006_04_online.pdf
- [38] Stivaros P C (2005) Guide for shoring /Reshoring of Concrete Multistory Buildings, ACI Committee 347
- [39] Järleberg M (2020) Personlig kontakt
- [40] Hösthagen A (2025) Beräkningar och analyser med Abaqus, uppdrag Bostek 2025
- [41] Nilsson, M., Jorborg, N., Löfling, P. (1993): Handbok i formbyggnad Byggentreprenörerna, 172 s LIBRIS-ID:1661999