

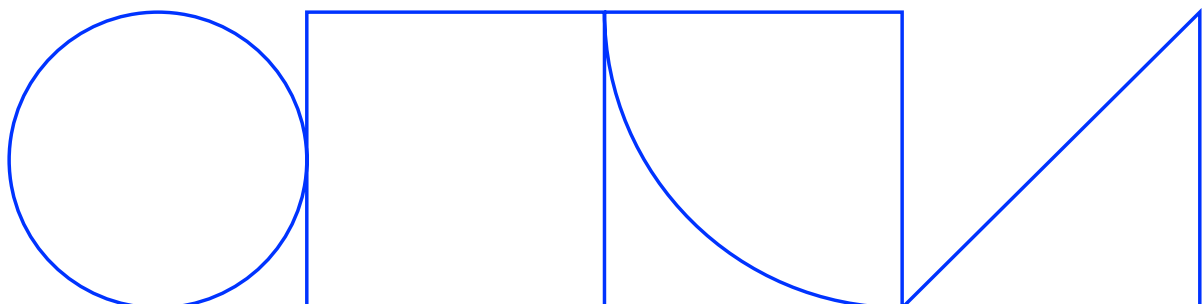
PROJEKTNR. 14096

STAR - Temperatursprickdata för klimatförbättrad betong

Slutrapport

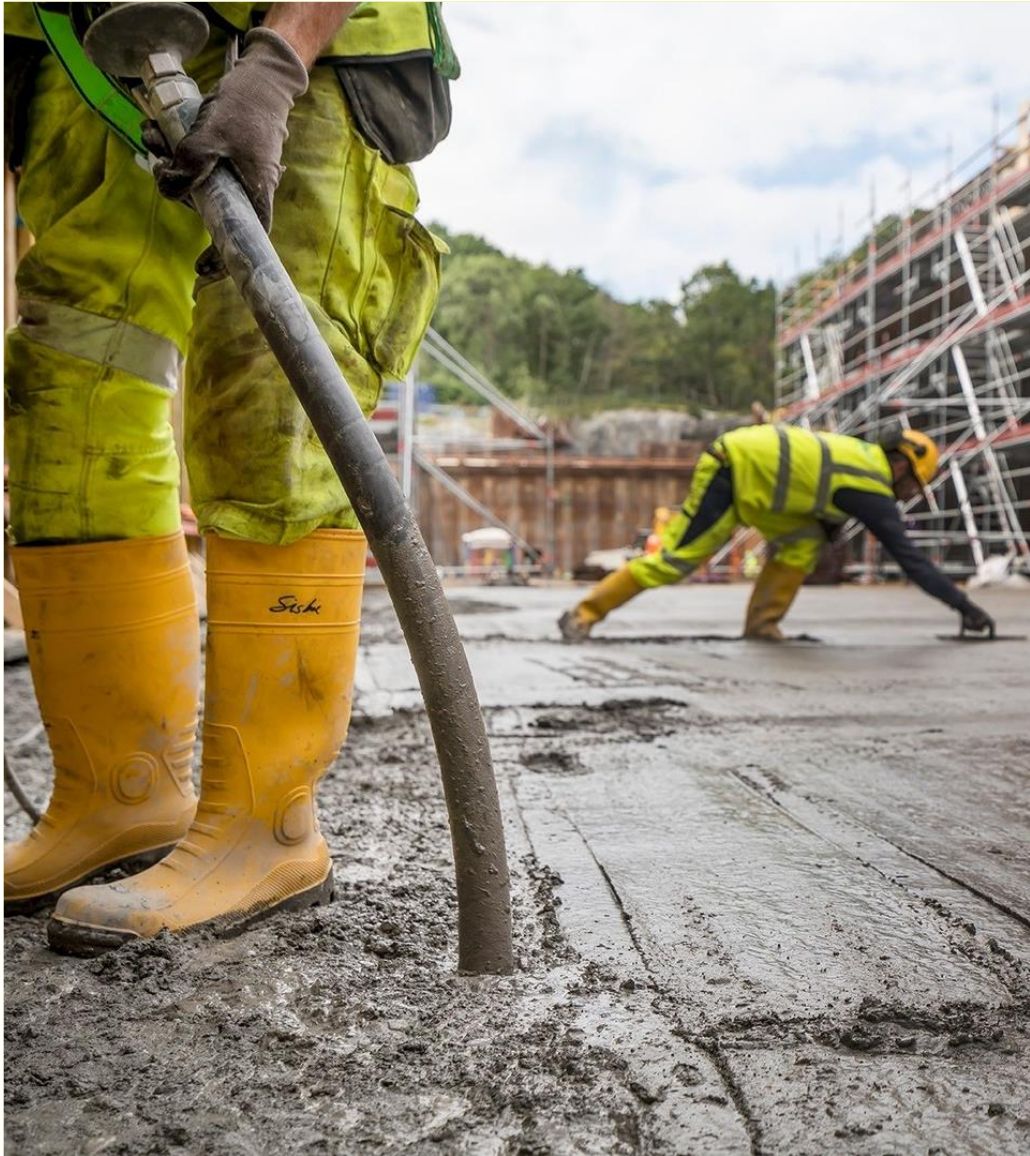
Hans Hedlund, Henrik Wiberg och Nils Rasmak, Skanska Sverige AB
Carsten Vogt och Anders Hösthagen, Betong & Stålteknik

2023-02-28

SKANSKA

STAR

Temperatursprickdata för klimatförbättrad betong



Sammanfattning

Vid nybyggnad av anläggningskonstruktioner kräver den svenska byggpraxisen, AMA Anläggning, att risken för temperaturrelaterad sprickbildning begränsas under gjutning och efterföljande härdningsfas. Vid dimensionering av temperatursprickåtgärder krävs tillgång till materialparametrar, som är representativa för den betong som faktiskt används i det aktuella byggprojektet.

Beställare ställer idag allt högre krav på att den betong som används i projekt skall ha en lägre klimatbelastning än den rena Portlandcementbaserade betongen. För att uppfylla dessa klimatkrav krävs inblandning av någon typ av tillsatsmaterial i betongen. Detta medför att de uppsättningar av generella materialparametrar för ”generell betong” som hittills varit tillgängliga för branschen inte är tillämpliga för bindemedelskombinationer med klinkerandel lägre än 80 %. Dessa materialparametrar är alltså inte representativa för klimatförbättrad betong med högre än 20 % alternativt bindemedel, vilket idag i många fall efterfrågas och används i branschen. I AMA Anläggning 23 EBE.11 har kraven, avseende begränsning av risken för temperaturrelaterad sprickbildning, anpassats för klimatförbättrad betong.

Genom detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för både husbyggande och anläggningsbyggande. För anläggningsbyggande tillhandahålls generella materialparametrar för såväl klimatförbättrad betong som ren Portlandcementbetong. De generella materialparametrarna för klimatförbättrad anläggningsbetong kan användas för temperatursprickanalyser enligt beräkningsmetod 3 i enlighet med de anpassade kraven i AMA Anläggning 23, EBE.11.

En omfattande studie, med ett stort antal analyser, har i detta projekt genomförts för att kontrollera och verifiera de tillhandahållna generella materialparametrarna. I studien ingick även att studera erforderliga temperatursprickåtgärder för klimatförbättrad betong samt skillnader jämfört med åtgärder för konventionell betong (icke klimatförbättrad). Sammanfattningsvis ses skillnader i temperatur- och hållfasthetsutveckling mellan klimatförbättrad och konventionell betong, där dessa skillnader främst är beroende av hur stor andel cementklinker som ersätts med alternativa bindemedel och vilka temperaturförhållanden som råder vid den aktuella gjutningen.

Vid gjutning med klimatförbättrad betong, med måttlig tillsats upp till omkring 25 % alternativa bindemedel, kan temperatursprickåtgärder ofta utformas på liknande vis och i ungefär samma omfattning som vid gjutning med traditionell betong med rent Portlandcement. Detta gäller i de flesta fall under hela året. Beroende på önskad formrivnings- och härdningstid kan det dock erfordras extra värmningsåtgärder under vinterperioden vid en ersättningsgrad närmare 25 % alternativa bindemedel.

Vid vintergjutningar med klimatförbättrad betong med högre andel alternativa bindemedel, omkring 25-50 %, erfordras temperatursprickåtgärder som är mer omfattande i både storlek och tid i jämförelse med gjutning med traditionell betong. Omfattningen av åtgärderna är dock beroende av betongens sammansättning och kan därav variera. Erfarenheten genom temperatursprickanalyser i detta projekt är att klimatförbättrad betong med bindemedel bestående av Anläggningscement (CEM I) och ca. 50 % slagg (GGBS, Ecocem) erfordrar omfattande åtgärder för att uppnå en acceptabel temperatur- och hållfasthetsutveckling samt undvika risk för tidig frysning.

En annan erfarenhet från detta projekt är att dessa extra åtgärder, inte sällan, medför en högre temperatursprickrisk jämfört med en icke klimatförbättrad betong, vilken inte erfordrar dessa extra åtgärder. Under sommarhalvåret är det vanligtvis fullt tillräckligt med temperatursprickåtgärder, som kan anses normala för likvärdig traditionell betong.

Rekommendationen är att vid val av klimatförbättrad betong med högre andel alternativa bindemedel studera de konsekvenser som den aktuella betongen kan innebära för projektets framdrift. För att minimera påverkan på framdriften är rekommendationen att så långt det är möjligt bibehålla den värme som genereras av cementhydrationen genom att täcka in konstruktionen. Traditionell kylning med ingjutna kylrör kan utföras, men effekter och konsekvenser därav bör undersökas eftersom åtgärden kan påverka den tidiga hållfasthetstillväxten, medföra risk för tidig frysning eller att utförandet kompliceras.

Varning

Författaren/författarna och producenten av denna rapport har gjort sitt bästa för att förbereda denna rapport. Dessa ansträngningar inkluderar utveckling, forskning och testning av teorierna och programmen för att fastställa deras effektivitet. Författaren/författarna och producenten lämnar inga garantier av något slag, uttryckta eller underförstådda, med avseende på dessa program eller dokumentationen i denna rapport. Författaren/författarna och utgivaren ska inte hållas ansvariga i något fall för oförutsedda skador eller följdskador i samband med, eller som uppstår ur, tillhandahållande, prestanda eller användning av dessa program eller data.

Summary

When building new concrete structures, the Swedish construction practice, AMA Anläggning, requires that the risk of temperature-related cracking should be limited during casting and the subsequent hardening phase. When designing temperature cracking mitigation measures, access to material parameters is required, which are representative of the concrete that is used in the project in question.

Today, clients place increasingly high demands that the concrete used in projects must have a lower climate impact than the pure Portland cement-based concrete. To meet these climate requirements, supplementary cementitious materials (SCM:s) for cement replacement is required. This means that a number of the general material parameter sets for "general concrete" that have been available to the construction industry until now are not applicable for binder combinations with a clinker proportion lower than 80%. These material parameters are thus not representative of climate-improved concrete with higher than 20% alternative binder, which is today in many cases requested and used in the construction industry. In AMA Anläggning 23 EBE.11, the requirements regarding limiting the risk of temperature-related cracking have been adapted for climate-improved concrete.

Through this project, general material parameters are provided for both house building and civil engineering construction. For civil engineering construction, general material parameters are provided for both climate-improved concrete and pure Portland cement concrete. The general material parameters for climate-improved concrete for civil engineering can be used for temperature cracking analyzes according to calculation method 3 in accordance with the adapted requirements in AMA Anläggning 23, EBE.11.

An extensive study, with many analyses, has been carried out in this project to check and verify the general material parameters provided. The study also included studying required temperature cracking measures for climate-improved concrete and differences compared to measures for traditional concrete (not climate-improved). In summary, differences in temperature and strength development are seen between climate-improved and traditional concrete, where these differences are primarily dependent on the proportion of cement clinker that is replaced with alternative binders (SCM:s) and the temperature conditions that prevail during the casting in question.

When casting with climate-improved concrete, with a moderate addition of alternative binders (up to about 25%), temperature cracking measures can often be designed in a similar way and to about the same extent as when casting with traditional concrete with pure Portland cement. This applies in most cases throughout the year. Depending on the desired demoulding and curing time, however, extra heating measures may be required during the winter period at a replacement rate close to 25% alternative binders.

When using climate-improved concrete with a higher proportion of alternative binders, i.e. 25-50%, temperature cracking measures are required in winter, which are significantly more extensive in both size and time compared to casting with traditional concrete. However, the extent of the measures depends on the composition of the concrete and can therefore vary. Temperature cracking analyses (in this project) shows that climate-improved concrete with a binder consisting of "Anläggningscement" (CEM

I) and approx. 50% slag (GGBS, Ecocem) requires extensive measures to achieve an acceptable temperature and strength development and to avoid the risk of early freezing.

Another experience from this project is that these extra measures, not infrequently, entail a higher temperature cracking risk compared to a non-climate-improved concrete, which does not require these extra measures. During the warm season, temperature cracking measures are usually quite sufficient, which can be considered normal for equivalent traditional concrete.

The recommendation, when choosing climate-improved concrete with a higher proportion of alternative binders, study the consequences that the concrete in question may entail for the progress of the project's time plan. To minimize the impact on progress, the recommendation is to retain the heat generated by the cement hydration as far as possible by covering the structure. Traditional cooling with cast-in cooling pipes can be carried out, but the effects and consequences thereof should be investigated as the measure can affect the early strength growth, entail a risk of early freezing or that the execution is complicated.

Disclaimer

The author/authors and producer of this report have used their best effort in preparing this report. These efforts include the development, research and testing of the theories and programs to determine their effectiveness. The author/authors and producer make no warranty of any kind, expressed or implied, with regard to these programs or documentation contained in this report. The author/authors and publisher shall not be liable in any event for incidental or consequential damage in connection with, or arising out of, the furnishing, performance, or use of these programs or data.

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning	2
Summary	4
1 Inledning	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte och mål.....	9
1.3 Avgränsningar	9
1.3.1 Betongsammansättningar – provade.....	10
1.3.2 Betongsammansättningar – pågående provning	11
1.3.3 Betongsammansättningar - ej identifierade vid inventering	11
2 Kunskapsläget idag	13
2.1 Forskning och utveckling.....	13
2.1.1 Betonghandbok Material, Del I och II.....	13
2.1.2 LTU 1997:02 Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del A, B och C	13
2.1.3 LTU 2001:14 Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del D och E	14
2.1.4 Övriga rapporter	14
2.2 Beräkningsprogram	15
2.2.1 Materialmodeller	16
3 Betongtyper	17
3.1 Anläggningsbetong.....	17
3.2 Husbyggnadsbetong	17
3.3 Självkompakterande betong.....	18
3.4 Klimatförbättrad betong	18
4 Temperatursprickberäkningar enligt AMA Anläggning 23	19
4.1 Begränsning av beräkningsmetod 1 vid klimatförbättrad betong	20
4.2 Begränsning av beräkningsmetod 2 vid klimatförbättrad betong	20
4.3 Begränsning av beräkningsmetod 3 vid klimatförbättrad betong	20
4.4 Övriga begränsningar och rekommendationer gällande beräkningsmetod 1-3	21
4.4.1 Beräkningsmetod 1.....	21
4.4.2 Beräkningsmetod 2.....	21
4.4.3 Beräkningsmetod 3.....	22
4.4.4 Anpassade säkerhetsfaktorer i AMA Anläggning 23	22
4.5 Materialparametrar för temperatursprickriskberäkningar	23
4.5.1 Receptspecifika materialparametrar	23
4.5.2 Generella materialparametrar.....	24
4.6 Materialparametrar tillhandahållna genom detta projekt.....	26
5 Kontroll och kalibrering av materialparametrar	28
5.1 Uppföljningar i projekt.....	28

5.2	Kontroll av materialparametrar	30
6	Temperatur- och sprickriskanalyser	31
6.1	Beräkningsförutsättningar	31
6.1.1	Temperaturfall	31
6.1.2	Randvillkor	32
6.1.3	Betongtyper	32
6.1.4	Typfall	33
6.1.5	Beräkningsmatris	34
6.2	Temperaturutveckling	35
6.3	Hållfasthetsutveckling	36
6.4	Sprickrisk	37
6.5	Jämförelse av erforderliga temperatursprickåtgärder	39
6.5.1	Referens (anläggningsbetong), R	40
6.5.2	Klimatförbättrad anläggningsbetong, A1	41
6.5.3	Klimatförbättrad anläggningsbetong, A2	42
6.5.4	Klimatförbättrad anläggningsbetong, A3	43
6.5.5	Husbyggnadsbetong, H1	44
6.5.6	Husbyggnadsbetong (SKB), H2	45
7	Utvärdering och erfarenheter	46
7.1	Klimatförbättrad anläggningsbetong - Temperatur	46
7.2	Klimatförbättrad anläggningsbetong - Tryckhållfasthet	47
7.3	Klimatförbättrad anläggningsbetong – Sprickrisk och temperatursprickåtgärder	49
7.3.1	Temperatursprickrisk	49
7.3.2	Temperatursprickåtgärder	49
8	Diskussioner och rekommendationer	51
8.1	Diskussioner	51
8.1.1	Konventionell anläggningsbetong	51
8.1.2	Klimatförbättrad anläggningsbetong	51
8.1.3	Husbyggnadsbetong	53
8.1.4	Självkompakterande betong	54
8.2	Rekommendationer	55
8.2.1	Klimatförbättrad anläggningsbetong med lägre andel slagg	55
8.2.2	Klimatförbättrad anläggningsbetong med hög andel slagg	55
8.2.3	Sammanfattande rekommendation	56
	Referenser	57
	Bilaga A: Resultat - Temperatursprickanalyser	59
	Bilaga B: IPACS rapportlista	134
	Bilaga C: Materialmodeller	140
	Bilaga D: Generella materialparametrar	147

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vid nybyggnad av broar, tunnlar, infrastruktur eller andra anläggningskonstruktioner kräver den svenska byggpraxisen för utförande, material och kontroll (AMA Anläggning) att risken för temperaturrelaterad sprickbildning under gjutning och efterföljande härdningsfas begränsas. Denna begränsning kan ske genom olika typer av åtgärder, som kylning av den nygjutna konstruktionsdelen eller uppvärmning av en tidigare gjuten konstruktionsdel som man gjuter mot. Hantering av temperatursprick-åtgärder regleras i AMA Anläggning EBE.11 och ger entreprenören möjlighet att använda olika säkerhetsnivåer (*spricksäkerhetsfaktorer*) beroende på hur väl provad och undersökt den unga hårdnande betongens egenskaper är. Vid fullt provade egenskaper (*receptspecifika materialparametrar*), och därmed god kännedom om den aktuella betongens egenskaper, tillåts en lägre spricksäkerhetsfaktor tillämpas, vilket minskar på åtgärdernas omfattning och därmed kostnader för åtgärdernas utförande.

Ända sedan Vägverkets bronorm, BRO94, från mitten av 1990-talet, har krav ställts på att risken för temperaturrelaterad sprickbildning i ung betong skall begränsas. Genom att utföra temperatur- och spänningsberäkningar med avancerade FE-modeller optimeras åtgärder som entreprenören skall vidta vid gjutning och härdning. I Sverige används ofta beräkningsprogrammet, ConTeSt R&D (Concrete Temperature Stresses), där en uppsättning materialmodeller och materialparametrar för olika generella betongsammansättningar ingår. Möjlighet finns även att använda egna receptspecifika betongsammansättningar, genom att utföra en s.k. provning av den unga betongens egenskaper och därigenom erhålla fullständiga materialparametrar för den aktuella betongen i ett projekt.

Generella och receptspecifika betongsammansättningar beskrivs i beräkningsprogrammet ConTeSt genom materialparametrar, vilka beskriver den unga betongens värmeutveckling samt utvecklingen av mekaniska egenskaper under hårdandet. Generella materialparametrar gör det möjligt för entreprenörer att utföra beräkningar för en betongkonstruktion även om det inte finns en specifikt provad betongsammansättning för ett projekt, men då genom användande av en högre spricksäkerhetsfaktor.

Den större delen av dagens tillgängliga betongsammansättningar, som entreprenörerna kan använda sig av, är baserad på provningar av betong utförda under senare delen av 1990-talet och är uteslutande baserade på rent Portlandcement (CEM I). Redan idag ställer Trafikverket och flera andra beställare krav på att den betong som används i ett projekt skall ha en lägre klimatbelastning än den rena Portlandcementbaserade betongen. För att uppfylla dessa krav krävs med andra ord inblandning av någon typ av tillsatsmaterial eller alternativa bindemedel i betongen. Detta medför att i stort sett alla generella betongsammansättningar som finns tillgängliga för entreprenörerna är mer eller mindre representativa för den klimatförbättrade betong med högre andel tillsatsmaterial än 16 %, som idag ofta efterfrågas och används i branschen.

I och med AMA Anläggning 23 anpassas kod EBE.11 för att kraven avseende begränsning av risk för temperatursprickor skall gälla för klimatförbättrad betong, dvs.

betong där en mindre eller större andel cementklinker ersatts med annat tillsatsmaterial eller bindemedel. Trafikverket tillsammans med entreprenörer såg avsaknaden av generella materialparametrar för ”klimatförbättrad standardbetong” som begränsande för branschen.

Utan generella materialparametrar för klimatförbättrade betongsammansättningar kan endast de entreprenörer som har tillgång till receptspecifika materialparametrar att kunna utföra relevanta beräkningar enligt kraven i AMA Anläggning 23, EBE.11.

1.2 Syfte och mål

Eftersom generella materialparametrar för klimatförbättrad betong saknas och ses som begränsande för branschen är syftet med detta projekt att inventera tillgängliga och moderna receptspecifika materialparametrar för olika betongsammansättningar som kan användas för temperatur- och sprickanalyser. Huvudsyftet har varit att samla ihop materialparametrar för klimatförbättrad betong men även för modernare betongsammansättningar för traditionell betong med rent Portlandcement (CEM I).

Med anledning av de anpassade kraven i AMA Anläggning 23, kod EBE.11 är målet att förse entreprenörer och branschens övriga aktörer med generella materialparametrar för klimatförbättrad betong.

1.3 Avgränsningar

Vid inventeringen av receptspecifika materialparametrar framkom att utbudet av tillgängliga betongsammansättningar var begränsat. Endast ett fåtal aktörer i branschen hade vid inventeringen tillgång till receptspecifika materialparametrar, vilka de var villiga att delge projektet. Projektet har därför begränsats till betongsammansättningar, och tillhörande materialparametrar, vilka projektets arbetsgrupp har fått tillgång till eller där annan ägare tillhandahållit generella materialparametrar till projektet.

Detta projekt utgår från de regler som blir gällande i och med att AMA Anläggning 23 introduceras för branschen. Därmed ifrågasätts inte de beräkningsmetoder, för analys av temperatursprickrisk, som redovisas i AMA Anläggning 23. Huruvida dessa beräkningsmetoder bör omarbetas eller uppdateras avseende nya cementtyper mm. behandlas alltså inte i detta projekt.

Projektet begränsas inte till att enbart behandla anläggningsbetong baserad på Anläggningscement (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) eller Anläggningscement FA (CEM II/A-V 42,5 N MH/LA/NSR), vilket normalt används i anläggningskonstruktioner vid betonggjutningar enligt kategori A (AMA Anläggning, EBE.1). Anledningen till detta är att det inte sällan efterfrågas temperatursprickåtgärder för huskonstruktioner, där andra cementtyper än cement avsedda för anläggningsbyggande tillåts. I dessa fall utförs temperatursprickanalyser baserade på AMA Anläggning, EBE.11. Av denna anledning inkluderas, i detta projekt, även betongsammansättningar avsedda för husbyggande baserade på Bascement eller Byggcement (CEM II/A-LL 42,5 R).

Projektet begränsas också till att endast behandla beräkningsprogrammet ConTeSt, vilket är det beräkningsprogram som i dagsläget används av branschen för analys av temperatursprickrisk. De generella materialparametrar som tillhandahålls genom detta

projekt är i första hand avsedda för beräkningsprogrammet ConTeSt, vilket är baserat på materialmodeller enligt avsnitt 2.2.1. Detta projekt har inte som syfte att ifrågasätta dessa materialmodeller.

Enligt Svensk Betong definieras klimatförbättrad betong som en betong med minst 10 procent reducerade koldioxidutsläpp, jämfört med en referensbetong med samma funktion. Med referensbetong avses, enligt Svensk Betong, branschreferenser som är baserade på uppskattade medelvärden; typiska värden för vanligt förekommande betongsorter producerade i Sverige år 2017 – 2018. I detta projekt har inte varje enskild betongsammansättning analyserats i detalj avseende koldioxidutsläpp, varför avvikelser från Svensk Betongs definition kan förekomma. Klimatförbättrad betong definieras i detta projekt som en betong där klimatförbättring skett genom antingen tillsats av tillsatsmaterial vid tillverkning av betong eller genom användande av ett klimatförbättrat cement.

Inför inventeringen av materialparametrar, i detta projekt, listades tänkbara betongtyper som skulle kunna tänkas bli tillgängliga och därmed kunna inkluderas i det paket med generella materialparametrar som detta projekt tillhandahåller. Dessa tänkbara betongtyper delades in i följande grupper:

- Betongsammansättningar - provade
- Betongsammansättningar - pågående provning
- Betongsammansättningar - ej identifierade vid inventering

Dessa betongsammansättningar redovisas nedan i avsnitt 1.3.1 – 1.3.3.

1.3.1 Betongsammansättningar – provade

1.3.1.1 Ingår i detta projekt

De betongsammansättningar (materialparametrar) som projektet fått tillgång till och därmed kunnat inkluderas i detta projekt är följande:

- Anläggningsbetong med Anläggningscement Slite (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA), traditionell betong¹ och självkompakterande betong

Materialparametrarna avser receptspecifika materialparametrar provade för ett större anläggningsprojekt.

- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement FA (CEM II/A-V 42,5 N MH/LA/NSR), traditionell betong¹ och självkompakterande betong

Materialparametrarna avser receptspecifika materialparametrar provade för ett större anläggningsprojekt. Anläggningscement FA är ett s.k. klimatförbättrat cement.

- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement Brevik (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) och slagg³ (GGBS, EcoCem), traditionell betong¹

Materialparametrarna avser receptspecifika materialparametrar för traditionell betong med 10, 25, och 50% slagg (GGBS, EcoCem) och är provade för ett större anläggningsprojekt.

- Husbyggnadsbetong med Bascement Slite (CEM II/A-V 52,5 N), traditionell betong¹ och självkompakterande betong

Materialparametrarna avser den äldre versionen av Bascement Slite (med flygaska).

1.3.1.2 Betongsammansättningar – Ingår ej i detta projekt

Betongsammansättningar (materialparametrar) vi identifierat men inte fått tillgång till och därmed inte kunnat inkluderas i detta projekt är följande:

- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement FA (CEM II/A-V 42,5 N MH/LA/NSR), traditionell betong¹

Materialparametrarna avser generella materialparametrar som tillhandahålls av Cementa AB.

1.3.2 Betongsammansättningar – pågående provning

Betongsammansättningar (materialparametrar) som inte varit tillgängliga på grund av pågående provning och därmed inte kunnat inkluderas i detta projekt är följande:

- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement FA (CEM I/A-V 42,5 N MH/LA/NSR) och slagg (GGBS), traditionell betong¹

Materialparametrar avser traditionell betong sammansatt av Anläggningscement FA och slagg (GGBS). Provning pågår och materialparametrar kommer på sikt att bli tillgängliga genom BBT 2018-033 "Trafikverkets och Anläggning AMAs metoder för undvikande av tidig sprickbildning i betong - nyutveckling mht miljökriterier".

- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement Brevik (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) och slagg³ (GGBS, Bremen), traditionell betong¹

Materialparametrarna avser receptspecifika materialparametrar för traditionell betong med 0, 16, 32 och 50% slagg (GGBS, Bremen).

1.3.3 Betongsammansättningar - ej identifierade vid inventering

Betongsammansättningar² (materialparametrar) som eftersökts men som vi inte funnit vid inventering redovisas nedan:

- Klimatförbättrad Självkompakterande anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) och slagg (GGBS), självkompakterande betong

Materialparametrar avser betong (SKB) sammansatt av traditionellt Anläggningscement (Slite eller Brevik) och slagg (GGBS).

- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement FA (CEM I/A-V 42,5 N MH/LA/NSR) och slagg (GGBS), självkompakterande betong

Materialparametrar avser självkompakterande betong sammansatt av Anläggningscement FA och slagg (GGBS).

- Husbyggnadsbetong med Bas- / Byggcement (CEM II/A-LL 42,5 R), traditionell betong¹ och självkompakterande betong

Materialparametrar avser betong innehållande Byggcement eller det nya Bascementet utan tillsats av alternativa bindemedel som t.ex. slagg.

- Klimatförbättrad husbyggnadsbetong med Bascement (CEM II/A-V 52,5 N) och slagg (GGBS), traditionell betong¹ och självkompakterande betong

Materialparametrar för betong sammansatt av det äldre Bascementet och slagg (GGBS).

- Klimatförbättrad husbyggnadsbetong med Bas- / Byggcement (CEM II/A-LL 42,5 R) och slagg (GGBS), traditionell betong¹ och självkompakterande betong

Materialparametrar avser betong sammansatt av det nya Bascementet eller Byggcement och slagg (GGBS).

Gällande de ovanstående materialparametrarna, vilka inte identifierats vid inventeringen i detta projekt, bedöms det vara särskilt intressant att materialparametrar provas för betong med cementen Anläggningscement FA (CEM I/A-V 42,5 N MH/LA/NSR) respektive Bas-/Byggcement (CEM II/A-LL 42,5 R) i kombination med slagg (GGBS). Övriga betongtyper bedöms i dagsläget vara mindre intressanta då de innehåller cement som antingen håller på att fasas ut eller inte finns att tillgå på den svenska marknaden.

¹ Med traditionell betong nedan avses betong som erfordrar en aktiv vibreringsinsats för kompaktering av betongmassan.

² Viss provning och materialdata finns för simulering av värme- och hållfasthetsutveckling. Dock finns ingen, i skrivandes stund, kända provningar av den materialdata för temperaturspänningsberäkningar.

³ Mald granulerad masugnsslagg (GGBS, EcoCem) för användning i betong uppfyller krav enligt SS-EN 15167-1 och bedöms därför vara representativ för generella materialdata. Här ska dock observeras att beteckning "slagg" i denna rapport kan ha viss varierande egenskaper beroende på sin sammansättning och var den kommer ifrån. Dess sammansättning kan påverka bland annat värme- och hållfasthetsutveckling för en betong varför vissa skillnader kan förekomma vid exempelvis temperaturmätningar i ett aktuellt projekt där beräkningar har baserats på generella materialdata.

2 Kunskapsläget idag

Branschen har idag goda kunskaper i hur erforderliga åtgärder skall dimensioneras och utformas för att begränsa risken för temperatursprickor. Till hjälp för detta finns relativt avancerade beräkningsprogram (FEM) och beräkningsmetoder beskrivna i AMA Anläggning kopplade till olika tekniska rapporter. I detta kapitel ges en genomgång av relevanta rapporter samt beräkningsprogram för begränsning av temperatursprickor.

Det som har saknats fram till nu är materialparametrar för temperatursprickanalyser av klimatförbättrad betong. Med anledning av att klimatförbättrad betong endast använts av branschen under ett fåtal år så är erfarenheten kring denna betong och hur den skall hanteras i detta avseende begränsad.

2.1 Forskning och utveckling

Forskning och utveckling inom området temperaturspänningar i ung betong har skett under en relativt lång tid. Ett antal av dessa utvecklingsprojekt har mynnat ut i handledningar eller beräkningsmetoder för hur temperatursprickrisk skall hanteras. Exempel på detta är ”Beräkningsmetod 2” och ”Handboksmetoden” (beräkningsmetod 3) som idag är implementerade i AMA Anläggning.

Nedan ges exempel på relevanta rapporter och litteratur, användbara vid analyser för begränsning av temperatursprickor. Av rapportens referenslista framgår mer utförlig information om respektive rapport såsom exempelvis författare.

2.1.1 Betonghandbok Material, Del I och II

Betonghandbok Material (tredje reviderade upplagan) möjliggör för branschen att bättre kunna utnyttja den senaste kunskapen från forskning och bedriva utveckling genom den samlade kunskapen som finns idag. Exempelvis ges en bra bakgrund och genomgång av den unga betongen samt temperatursprickor i nedanstående kapitel i Betonghandboken.

- Kap. 9 Tidig egenskapstillväxt och hårdnande betong
- Kap. 18 Krympning hos hårdnande och hårdnad betong
- Kap. 19 Egenspänningar och sprickor av temperaturrelaterade och krympning. Värme- och mognadsgradsutveckling
- Kap. 22 Sprickor

2.1.2 LTU 1997:02 Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del A, B och C

Rapporten redogör för hur den, i AMA Anläggning, EBE.11, benämnda ”Beräkningsmetod 2” skall utföras. Studien omfattar fyra vanliga typfall och beräkningsmetoden kan under givna förutsättning användas för att bedöma sprickrisknivån (η) i den nygjutna betongkonstruktionen. Rapporten redogör inte för eventuella temperatursprickåtgärder som kan erfordras men kan ändå vara en relativt snabb metod för att utvärdera om sprickrisknivån (η) i den aktuella konstruktionen överskrider den tillåtna sprickrisknivån enligt AMA Anläggning, EBE.11 eller ej.

Resultaten redovisade i diagram baseras på cementtypen Anläggningscement, Std P Degerhamn (motsvarar CEM I 42,5N SR3 MH/LA). Hur beräkningsmetod 2 hanteras i AMA Anläggning 23, vid klimatförbättrad betong, redogörs för i avsnitt 4.

2.1.3 LTU 2001:14 Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del D och E

Rapporten redogör för hur den i AMA Anläggning, EBE.11 benämnda "Beräkningsmetod 3" enligt handboksmetoden (CraX1) skall utföras. Studien omfattar typfallet vägg gjuten på platta och beräkningsmetoden kan under givna förutsättning användas för att bedöma sprickrisknivån (η) i den nygjutna betongkonstruktionen. Handboksmetoden kan vid behov även användas för att utforma erforderliga temperatursprickåtgärder för att uppfylla den tillåtna sprickrisknivån som erhålls genom Tabell AMA EBE.11/1 och AMA EBE.11/2 i AMA Anläggning.

Handboksmetoden är baserad på betong med enbart cement av typen Anläggningscement, Std P Degerhamn (motsvarar CEM I 42,5N SR3 MH/LA). Hur handboksmetoden hanteras i AMA Anläggning 23, vid användning av klimatförbättrad betong, redogörs för i kapitel 4.

2.1.4 Övriga rapporter

Utöver ovanstående rapporter ger följande rapporter och avhandlingar en fördjupning i ämnena temperatursprickor i betong, bestämning av tvång samt ung och hårdnande betong:

- LTU 1995:27 Thermal cracking in high performance concrete. Viscoelastic models and laboratory tests
- LTU 1995:34 Mognadsutveckling i ung betong. Temperatürkänslighet, hållfasthet och värmeutveckling
- LTU 1996:38 Stresses in high performance concrete due to temperature and moisture variations at early ages
- LTU 2000:25 Hardening Concrete Measurements and evaluation of non-elastic deformation and associated restraint stresses.
- LTU 2000:27 Thermal cracking of young concrete. Partial coefficients, restraint effects and influences of casting joints
- LTU 2001 Improved Production of Advanced Concrete Structures (IPACS)*, Published by Department of Civil & Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, 2001.
- LTU 2003:11 Restraint Factors and Partial Coefficients for Crack Risk Analyses of Early Age Concrete Structures
- LTU 2003:19 Self-compacting concrete – Properties of fresh and hardening concrete for civil engineering applications
- LTU 2003:20 Thermal Crack Estimation in Early Age Concrete
- LTU 2013 Measurement and modelling of young concrete properties
- LTU 2014 Restraint in structures with young concrete: Tools and estimations for practical use
- IPACS 2002:79-6 Concrete Cast on Rock
- SBUF 11618 Tvång för sprickanalyser
- SBUF 11940 Beständiga undervattensgjutna kajkonstruktioner

* IPACS rapportlista, se Bilaga B.

I detta sammanhang bör även nedanstående pågående projekt nämnas, där det förstnämnda har som övergripande syfte att vidareutveckla den svenska sprickmodellen till en högre noggrannhet och flexibilitet. Det sistnämnda BBT-projektet har som syfte att skapa förutsättningar för sprickfria konstruktioner med miljövänliga material- och utförandelösningar.

- SBUF 13872 Grönare anläggningsbetong – data för temperatur- och härdningsstyrning
Projektets syfte är att ta fram materialparametrar som byggbranschen kan använda vid temperatur- och sprickanalyser för klimatförbättrad anläggningsbetong med upp till 50 % reducerad klimatbelastning
- SBUF 14170 Metoder för sprickriskbedömning och -begränsning hos hårdnande betong
Projektets syfte är att vidareutveckla den svenska sprickmodellen till en högre noggrannhet och flexibilitet
- BBT 2018-033 Trafikverkets och Anläggning AMAs metoder för undvikande av tidig sprickbildning i betong – nyutveckling m h t miljökriterier
Projektets syfte är att skapa förutsättningar för sprickfria konstruktioner med miljövänliga material- och utförandelösningar

2.2 Beräkningsprogram

I Sverige används idag huvudsakligen beräkningsprogrammet ConTeSt R&D för analys av temperatursprickrisk enligt beräkningsmetod 3. ConTeSt är ett beräkningsprogram som simulerar betongtemperaturer och töjningar i betongkonstruktioner. Programmet används för att dimensionera och utvärdera olika åtgärder för att begränsa risken för temperatursprickor, i antagna produktionsförhållanden. De två versioner som används idag är:

- ConTeSt 5.0 (*beaktar ej hållfasthetsförlust vid förhöjd härdningstemperatur*)
- ConTeSt 5.1 (*beaktar hållfasthetsförlust vid förhöjd härdningstemperatur*)

Äldre versioner, än ovan angivna, av ConTeSt bör ej användas för bedömning av relevanta temperatursprickåtgärder med klimatförbättrad betong då materialmodellerna i beräkningsprogrammet inte stöder uppdaterade materialmodeller eller materialdata. De materialmodeller som används i beräkningsprogrammet ConTeSt 5.1 presenteras i avsnitt 2.2.1. De generella materialparametrar som tillhandahålls genom denna rapport är avsedda att användas vid simuleringar i ovanstående versioner av beräkningsprogrammet ConTeSt.

Utöver beräkningsprogrammet ConTeSt används även Excelarket ”CraX1”, även kallad Handboksметoden, se avsnitt 2.1.3. Materialparametrarna för valbara betongtyper i CraX1 är de samma som de i ConTeSt för motsvarande betongtyper.

Beräkningsprogrammet ”Produktionsplanering betong” (PPB) används idag av branschen för att planera gjutningar genom att simulera temperatur- och hållfasthetsutveckling utifrån gällande förutsättning. Med PPB kan även uttorkningen prognosticeras i olika konstruktionstyper. Detta program vidareutvecklas för närvarande

för att även inkludera en modul för analys av temperatursprickrisk. PPB kommer i och med detta att ersätta beräkningsprogrammet ConTeSt.

De materialparametrar som presenteras i denna rapport är avsedda att användas i de ovan nämnda beräkningsprogrammen. Det finns även andra beräkningsprogram med andra materialmodeller för vilka presenterade materialparametrar ej kan användas.

2.2.1 Materialmodeller

Materialmodellsamband för såväl termiska som mekaniska egenskaper samt spänningsberäkningsmetodik i ConTeSt 5.1 redovisas i Bilaga C.

3 Betongtyper

I detta kapitel behandlas de betongtyper för vilka generella materialparametrar tillhandahålls genom detta projekt. I rapporten förekommer kombinationer av dessa betongtyper som exempelvis ”Klimatförbättrad anläggningsbetong”.

3.1 Anläggningsbetong

Anläggningsbetong är betong avsedd för anläggningskonstruktioner där högre krav ställs på beständighet. Ofta ställs krav på att cementet i denna betong skall uppfylla standarderna SS 134002, SS 134203 och SS 134204, dvs. krav på moderat värmeutveckling (MH), alkalihalt (LA) och sulfatresistens (SR, NSR).

Vanliga cement för anläggningsbyggande i Sverige är:

- Anläggningscement Slite (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA)
- Anläggningscement Brevik (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA)
- Schwenk Infracement (CEM I 42.5 N SR3 MH/LA)
- Anläggningscement FA (CEM II/A-V 42,5 N MH/LA/NSR)

Anläggningscement, enligt ovan, har en annan klinkersammansättning och är mer grovmalda varför de ger en lägre värmeutveckling än mer finmalda cement avsedda för exempelvis husbyggnad. Av denna anledning är anläggningscement gynnsamma avseende risk för temperatursprickor.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för anläggningsbetong med Anläggningscement respektive Anläggningscement FA. Anläggningsbetong med Anläggningscement FA återkommer även i avsnitt 3.4, Klimatförbättrad betong.

3.2 Husbyggnadsbetong

Husbyggnadsbetong är som namnet antyder en betong för husbyggnadsändamål och avser i detta sammanhang en betong innehållande cement avsedda för husbyggnad.

Cement avsedda för husbyggnad uppfyller normalt inte kraven enligt standarderna SS 134202, SS 134203 och SS 134204, vilka nämnts i avsnitt 3.1 Krav avseende dessa standarder ställs i AMA Anläggning EBE.1 (Betonggjutning kategori A). I AMA Anläggning finns utöver Betonggjutning kategori A även Betonggjutning kategori B. I Kategori B tillåts cement enligt SS 137003 användas. Därmed finns möjlighet att använda "husbyggnads cement" även vid anläggningsbyggande.

Vanliga cement för husbyggnad i Sverige är:

- Bascement Slite (CEM II/A-LL 42,5 R)
- Byggcement Skövde (CEM II/A-LL 42,5 R)

Husbyggnads cement enligt ovan är mer finmalda cement än anläggningscementen och genererar därmed mer värme i samband med cementshydratationen. Avseende risk för temperatursprickor kan det därför i vissa fall vara lämpligt att i stället använda en anläggningsbetong enligt avsnitt 3.1 ovan, eftersom denna generellt ger lägre värmeutveckling och därmed oftast lägre risk för temperatursprickor.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för husbyggnadsbetong med Bascement och Byggcement.

3.3 Självkompakterande betong

Självkompakterande betong är en betong tillverkad med moderna flyttillsatsmedel som ger betongen en konsistens och reologi som möjliggör att betongen kan kompakteras, omsluta armering och fylla ut formen av sin egenvikt. Traditionell vibreringsinsats behövs inte om betongens konsistens och reologi är den avsedda.

Självkompakterande betong kan vara baserad på cement avsett för antingen husbyggnad eller anläggningsbyggande. Exempel på cementtyper, se avsnitt 3.1 och 3.2 ovan.

Vid analys av risk för temperatursprickor är ofta självkompakterande betong mer gynnsam än motsvarande traditionell husbyggnads- eller anläggningsbetong som kompakteras genom vibrering. Skälet till den gynnsamma effekten är inte utredd, men kan antas bero på krypning och relaxation kopplat till den självkompakterande betongens större pastavolymer jämfört med traditionella betong.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för såväl anläggningsbetong som husbyggnadsbetong. Dessa betongsammansättningar är icke klimatförbättrade betonger. De materialparametrar som tillhandahålls i detta projekt avser ”fillerrik” självkompakterande betong.

3.4 Klimatförbättrad betong

Enligt Svensk Betong definieras klimatförbättrad betong som en betong med minst 10 procent reducerade koldioxidutsläpp, jämfört med en referensbetong¹ med samma funktion.

Klimatförbättrad betong är en betong som åstadkoms genom att en del av cementet ersätts med alternativa bindemedel för lägre klimatpåverkan (koldioxidutsläpp). De vanligaste tillsatsmaterialen (typ II) är flygaska eller slagg (GGBS) som är restprodukter från andra industriella processer. Klimatförbättrad betong finns att tillgå för såväl husbyggnad som anläggningsbyggande.

Klimatförbättrad betong kan åstadkommas genom antingen användning av klimatförbättrat cement² eller på betongfabriken genom att ersätta cement med alternativa bindemedel. Exempel på klimatförbättrat cement är Anläggningscement FA, vilket är ett sammansatt portlandcement (CEM II).

Klimatförbättrad betong kan åstadkommas på två sätt enligt nedan:

- Användning av ett klimatförbättrat cement (CEM II), där en del av cementklinkern ersätts med tillsatsmaterial i samband med cementtillverkningen.
- Tillsats av tillsatsmaterial vid betongtillverkning för att reducera cementmängden i betongen. I detta fall kan både klimatförbättrade cement (CEM II) och icke klimatförbättrade cement (CEM I) användas.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement och slagg (GGBS, EcoCem) samt klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement FA (utan slagg).

¹ Med referensbetong avses, enligt Svensk Betong, branschreferenser som är baserade på uppskattade medelvärden; typiska värden för vanligt förekommande betongsorter producerade i Sverige år 2017 – 2018.

² Med klimatförbättrat cement avses i denna rapport cementtyper där cementklinker ersätts med tillsatsmaterial vid cementtillverkning, exempelvis sammansatta portlandcement (CEM II) och slaggcement (CEM III).

4 Temperatursprickberäkningar enligt AMA Anläggning 23

Åtgärder för begränsning av temperatursprickrisk vid nybyggnad av anläggningskonstruktioner krävs i dagens regelverk i AMA Anläggning under kod EBE.11. Detta gäller även vid reparation i de fall det hänvisas till EBE.11. I AMA Anläggning beskrivs tre principiella möjligheter för att begränsa risken för uppkomst av temperatursprickor. Dessa betecknas som beräkningsmetod 1, 2 och 3 och beskrivs i korthet nedan:

- Beräkningsmetod 1: enkla temperaturkrav, i kombination med krav på t.ex. maximal konstruktionstjocklek och formrivningstid.
- Beräkningsmetod 2: Användning av tabellerade typfall.
- Beräkningsmetod 3: Datorberäkningar (FEM beräkningar eller "handboksметоден" CraX1).

Beräkningsmetod 1 och 2 är framtagna med ledning av datorberäkningar upprättade med materialparametrar för cementtypen Anläggningscement, Std P Degerhamn (motsvarar CEM I 42,5N SR3 MH/LA). Även beräkningsmetod 3 baseras till en stor del på rena CEM I betonger genom de materialparametrar som finns för FEM beräkningar (generella betongsammansättningar) samt för handboksметоден "CraX1".

I AMA Anläggning 23 har det införts ändringar jämfört med tidigare versioner gällande tillåtna betongsammansättningar med högre andel cementersättning för att öka möjligheterna till reducerad miljöpåverkan hos betongen. Därmed behövdes det även en anpassning av kraven, gällande begränsning av risken för temperatursprickor, för att möjliggöra användning av beräkningsmetod 1, 2 och 3. Utan denna anpassning hade endast datorberäkningar med fullständigt provade materialdata motsvarat kraven som de var formulerade i tidigare versioner av AMA Anläggning.

Högre andel cementersättning i betong medför i vissa fall även att den totala bindemedelsmängden i betongen har ökat för att uppnå erforderlig tryckhållfasthet enligt gällande normativa krav (Eurokod 2 samt SS-EN 206). Därför har bindemedelshalten anpassats i Tabell AMA EBE.11/1 och AMA EBE.11/2³, se vidare avsnitt 4.4.4.

Med ledning av jämförande beräkningar för de nedanstående bindemedelstyperna har kraven i AMA Anläggning 23, EBE.11 modifierats.

- CEM I 42,5N SR3 MH/LA (Std P Degerhamn)
- CEM II/A-V 42,5N MH/LA/NSR (Anläggningscement FA, Slite)
- 90 % CEM I 42,5N SR3 MH/LA (Anläggningscement Brevik) + 10 % slagg (denna rapport).

³ Tabellerna i AMA Anläggning anger vilka spricksäkerhetsfaktorer som gäller för olika exponeringsklasser. Tabell AMA/2 avser spricksäkerhetsfaktorer vid ensidigt vattentryck.

4.1 Begränsning av beräkningsmetod 1 vid klimatförbättrad betong

Beräkningsmetod 1 tillåts för klimatförbättrad betong under förutsättning att minst 80 % av bindemedlet består av portlandcementklinker och att bindemedelskombinationen genom provning påvisas ha likvärdig prestanda avseende värmeutveckling som ett cement som uppfyller SS 134202 enligt bilaga AMA EBE.11/4 ⁴.

4.2 Begränsning av beräkningsmetod 2 vid klimatförbättrad betong

Beräkningsmetod 2 tillåts för klimatförbättrad betong under förutsättning att minst 80 % av bindemedlet består av portlandcementklinker och att bindemedelskombinationen genom provning påvisas ha likvärdig prestanda avseende värmeutveckling som ett cement som uppfyller SS 134202 enligt bilaga AMA EBE.11/4 ⁴.

En förutsättning beräkningsmetod 2 är dock att cementshalt som angivs i rapporten 1997:02 LTU ses som den totala bindemedelshalten i aktuell betong (dvs. cement + tillsatsmaterial typ II).

4.3 Begränsning av beräkningsmetod 3 vid klimatförbättrad betong

4.3.1.1 Andel tillsatsmaterial typ II ≤ 20 %

Beräkningsmetod 3 tillåts för klimatförbättrad betong genom nedanstående två metoder under förutsättning att minst 80 % av bindemedlet består av portlandcementklinker och att bindemedelskombinationen genom provning påvisas ha likvärdig prestanda avseende värmeutveckling som ett cement som uppfyller SS 134202 enligt bilaga AMA EBE.11/4 ⁴.

- Handboksmetoden (CraX1)
- Datorberäkningar med användning av materialparametrar för generella betongsammansättningar.

En förutsättning för att använda handboksmetoden (CraX1) är dock att cementshalt som angivs i rapporten 2001:14 LTU ses som den totala bindemedelshalten i aktuell betong (dvs. cement + tillsatsmaterial typ II).

4.3.1.2 Andel tillsatsmaterial typ II > 20 %

För betong som innehåller högre andel tillsatsmaterial (dvs. andel portlandcementklinker < 80%) ska datorberäkningar tillämpas enligt beräkningsmetod 3. Materialparametrar för beräkningar som får användas är följande:

- Receptspecifika materialparametrar (spricksäkerhetsfaktor S enligt tabell AMA EBE.11/1 och EBE.11/2 för receptspecifika materialparametrar)
- Generella materialparametrar för aktuell betongsammansättning från forskningsrapporter, litteraturen och materialtillverkare, t.ex. denna rapport (spricksäkerhetsfaktor S enligt tabell AMA EBE.11/1 och EBE.11/2 för generella materialparametrar).

⁴ Bilaga AMA EBE/4 avser "Användning av konceptet likvärdig prestanda hos bindemedelskombinationer".

4.4 Övriga begränsningar och rekommendationer gällande beräkningsmetod 1-3

Nedan behandlas övriga begränsningar gällande beräkningsmetod 1 - 3 för begränsning av temperatursprickrisken.

4.4.1 Beräkningsmetod 1

Beräkningsmetod 1 har i AMA Anläggning 23 begränsats till att enbart hantera risk för ytsprickor. AMA Anläggning 23 anger att nedanstående villkor skall vara uppfyllda vid analys av risk för ytsprickor:

- ”Bindemedelshalten (cement plus eventuella tillsatsmaterial typ II) får inte överstiga 460 kg/m^3 betong
- Bindemedlet skall innehålla minst 80 procent portlandcementklinker och uppfylla kravet på värmeutveckling i SS 134202. Om bindemedelskombinationen (cement plus tillsatsmaterial II) används ska den påvisas ha likvärdig prestanda med avseende på värmeutveckling som ett cement som uppfyller SS 134202 enligt bilaga AMA EBE/4
- v_{tekv} ska vara $\geq 0,38$
- Konstruktionens tjocklek får inte vara större än 1,2 m
- Gjuttemperaturen (T_{gjut}) får vara lägst $10 \text{ }^\circ\text{C}$ och högst $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Lufttemperaturen (T_{luft}) under gjutning och fram till formrivning får vara lägst $5 \text{ }^\circ\text{C}$ och högst $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Med T_{luft} avses omgivande lufts dygnsmedeltemperatur
- Temperatur hos eventuella motgjutningar ska vara högre än eller lika med lufttemperaturen
- Formrivning får utföras tidigast fyra dygn efter avslutad gjutning.”

Observera att anvisningar i tidigare versioner av AMA Anläggning avseende hantering av risk för temperaturrelaterade och genomgående sprickor har utgått i AMA Anläggning 23. Risk för genomgående sprickor skall nu hanteras enligt beräkningsmetod 2 eller 3.

Kommentar: Vid gynnsamma grundläggningsförhållanden samt vid korta motgjutningslängder, vilket bedöms generera ett litet yttre tvång och därmed försumbar risk för genomgående sprickor, är det dock möjligt att endast analysera risken för ytsprickor enligt beräkningsmetod 1. Exempel på sådana grundläggningsförhållanden är gjutning av bottenplatta på packad fyllning alternativt avjämningsbetong utan genomgående dymlingar.

4.4.2 Beräkningsmetod 2

Beräkningsmetod 2 innebär användning av typfall och krav enligt Del A, B och C i Teknisk rapport 1997:02, LTU Temperatursprickor i betongkonstruktioner. Beräkningsmetoden gäller endast vid lufttemperaturer överstigande 0°C .

4.4.3 Beräkningsmetod 3

Beräkningsmetod 3 innebär att spricksäkerhetsberäkningar ska utföras bl.a. enligt kraven nedan:

- Använt beräkningsprogram eller beräkningsmetod ska vara beprövat samt dokumenterat.
- Indata avseende graden av fastlåsning i förhållande till omgivande konstruktioner och underlag ska dokumenteras.
- Receptspecifika eller generella materialparametrar ska användas.

Det är lämpligt att inte enbart begränsa en utredning avseende begränsning av temperatursprickor till sprickrisken i sig. I de fallen beräkningsmetod 3 tillämpas kan samtidigt temperaturutveckling och hållfasthetsutveckling studeras. Vid kalla temperaturer bör risk för tidig frysning (som medför permanent hållfasthetsnedsättning) beaktas och lämpliga och erforderliga åtgärder sättas in. Olämpliga och oplanerade värmningsåtgärder eller isoleringar som inte har beaktats i sprickriskberäkningen är ofta direkt motverkande begränsning av sprickrisken. Även bedömning på erforderlig härdningstid för att uppnå föreskriven härdningsklass kan ingå i utredningen.

Det ska vidare alltid säkerställas att kraven i SS-EN 13670 och SS 137006 avseende maximal tillåten betongtemperatur under härdning uppfylls. Kraven syftar på att begränsa risken för uppkomst av försenad ettringit i hårdnad betong som utsätts för våta eller cykliskt våta förhållanden. Beroende på bindemedlets sammansättning avseende sulfat- och alkalihalt tillåts maximalt 60 °C resp. 70 °C under härdning (förutom i de fall det kan påvisas att högre temperatur vid den använda materialkombinationen inte kommer att medföra skadliga effekter på betongens funktion under brukstiden).

Vid användning av klimatförbättrad betong (dvs. betong med reducerad mängd cementklinker i bindemedlet eller tillsats av ett alternativt bindemedel) ökar temperaturkänsligheten i materialet. Framför allt vid låga temperaturer reduceras hållfasthetstillväxten i tid. För moderata nivåer avseende cementersättning är påverkan begränsad. Vid hög andel cementersättning kommer det krävas väl avvägda åtgärder för att främja hållfasthetstillväxt, undvika tidig frysning och samtidigt begränsa risken för temperaturrelaterad sprickbildning i den unga hårdnande betongen.

4.4.4 Anpassade säkerhetsfaktorer i AMA Anläggning 23

Gällande generella materialparametrar har det tidigare gränsvärdet avseende cementhalt (430 kg/m³) ändrats till bindemedelshalt 460 kg/m³ i AMA Anläggning 23. Från och med AMA Anläggnings 23 skall den totala bindemedelshalten medräknas jämfört med tidigare versioner av AMA Anläggning, då endast cementhalten avgjorde vilken spricksäkerhetsfaktor som gällde. Denna ändring beaktar inverkan av lägre reaktivitet och lägre bidrag till värmeutveckling hos tillsatsmaterialien i klimatförbättrad betong.

"TABELL AMA EBE.11/1. VÄRDEN PÅ SPRICKSÄKERHET S FÖR BERÄKNINGSMETOD 2 OCH 3

Exponeringsklass	Receptspecifika materialparametrar	Generella materialparametrar	
		Bindemedelshalt, kg/m ³	
		≤ 460	> 460
XC1, XC2	1,05 *	1,18	1,33
XC3, XC4	1,11	1,25	1,42
XD1, XD2, XS1, XS2	1,18	1,33	1,54
XD3, XS3	1,25	1,42	1,67

* S beräknas som kvoten mellan dragtöjning och brotttöjning.

TABELL AMA EBE.11/2. VÄRDEN PÅ SPRICKSÄKERHET S FÖR BERÄKNINGSMETOD 3 FÖR KONSTRUKTIONER SOM UTSÄTTTS FÖR ENSIDIGT VATTENTRYCK

Exponeringsklass	Receptspecifika materialparametrar	Generella materialparametrar	
		Bindemedelshalt, kg/m ³	
		≤ 460	> 460
Alla	1,42	1,67	2,0"

I AMA Anläggning 23 har tabell EBE.11/1 kompletterats med exponeringsklasserna XC1, XC3, XD2 och XS1. Tabellen anger även att sprickrisknivån skall beräknas som töjningskvot vid analys med "Receptspecifika materialparametrar" i miljö XC1 och XC2.

4.5 Materialparametrar för temperatursprickriskberäkningar

För spricksäkerhetsberäkningar kan två typer av materialparametrar användas, dvs:

- Receptspecifika materialparametrar
- Generella materialparametrar.

Materialparametrar ska återspegla betongens egenskapsutveckling över tid avseende temperatur, hållfasthets- och mognadsgrad, spänning, krypning, krympning samt temperaturrelater. Uppsprickningsmekanism ska dokumenteras.

4.5.1 Receptspecifika materialparametrar

I AMA Anläggning 23 EBE.11, rubrik "Receptspecifika materialparametrar" anges följande:

"Receptspecifika materialparametrar som används vid sprickriskberäkning ska vara framtagna genom provning för aktuellt betongrecept. I provningen ska utvecklingen över tid av temperatur, hållfasthets- och mognadsgrad, spänning, krypning, krympning samt temperaturrelater ingå. Uppsprickningsmekanism ska dokumenteras. Spricksäkerhetsfaktorn för receptspecifika materialparametrar i tabell AMA EBE.11/1 och tabell AMA EBE.11/2 får då användas."

Betong är sammansatt av flera delmaterial, av vilka flera har en naturlig variation. Ett aktuellt recept där den unga hårdnande betongens egenskaper har provats i ovan nämnda

omfattning bör vara att betrakta som "receptspecifik provning" så länge de ingående delmaterial inte överskrider den av produktionstekniska skäl normal och allmänt accepterad variation.

Ballastmaterialets från annan täkt bör kunna accepteras om ballasten består av samma bergart och har liknande gradering som den receptspecifika provningen baserats på.

Cementkvaliteten för en cementprodukt varierar över tiden, varför betongleverantörer behöver justera receptets cement-/bindemedelshalt för att receptets hållfasthetsklass skall kunna levereras och möta krav från tredjepartscertifieringen. Eventuella ändringar/justeringar i cementhalt alternativt bindemedelshalt ska beaktas och korrigeras för vid spricksäkerhetsberäkningar.

Tillsatsmedel med samma kemiska sammansättning och funktion, men från en annan tillverkare accepteras.

Byte av cementsort, bindemedlets sammansättning och ballasten bergart förändrar betongens egenskaper och egenskapsutvecklingen, vilket med andra ord är avvikelser i betongens sammansättning som inte kan betraktas som överensstämmande med aktuell "receptspecifik provning".

Receptspecifika materialparametrar framtagna för ett specifikt projekt kan efter projektets slutförande "återanvändas" som fullt provad receptspecifik provning av betongen i ett annat projekt under förutsättning att receptets grundammansättning inte har förändrats utöver acceptabel variation. Spricksäkerhetsfaktorer (S) enligt EBE.11/1 och EBE.11/2 (kolumn 1) tillämpas.

Sammanfattningsvis bör följande kriterier beaktas vid tillämpning av receptspecifika materialparametrar i projekt:

- Cement, tillsatsmaterial och/eller bindemedelskombination skall motsvara receptspecifik provning (ingående specifika produkter).
- Vattencementtal / Vattenbindemedelstal skall motsvara receptspecifik provning.
- Ballastens bergart skall vara lika den vid receptspecifik provning. Leverans från annan ballasttäkt är acceptabelt om bergarten är lika.
- Tillsatsmedels kemiska sammansättning och funktion skall vara lika den vid receptspecifik provning. Byte av tillsatsmedelsleverantör är acceptabelt om den tillsatsmedlets kemiska sammansättningen och funktion är lika.

4.5.2 Generella materialparametrar

I AMA Anläggning 23 EBE.11 anges följande inledningsvis under rubrik "Generella materialparametrar":

"Materialparametrar som framtagits för typer eller intervall av betongsammansättningar får användas om förutsättningarna i det aktuella fallet ligger inom de gränser som anges för materialparametrarnas giltighet. Spricksäkerhetsfaktorn för generella materialparametrar i tabell AMA EBE.11/1 och tabell AMA EBE.11/2 ska då användas."

Ovanstående innebär att såväl tidigare framtagna generella materialparametrar som receptspecifika materialparametrar tillåts användas för betong i ett projekt och hanteras som generella materialparametrar i enlighet med AMA Anläggning 23. Dock skall förutsättningarna i det aktuella fallet ligga inom de gränser som anges för materialparametrarnas giltighet.

Receptspecifika materialparametrar kan, efter ett projekt har slutförts, "återanvändas" som generella materialparametrar. Detta kräver att den aktuella betongtypen motsvarar den provade (normalbetong, SKB) och att samma cementsort eller bindemedelskombination och typ av ballast används (normal betongballast av motsvarande bergart eller "tung ballast"). Bindemedlets principiella sammansättning skall vara oförändrad, t.ex. typ av tillsatsmaterial får inte bytas. Dock får tillsatsmaterial av samma typ och egenskapsprofil från annan leverantör användas under förutsättning att aktuella produktstandarder uppfylls.

Även andelen tillsatsmaterial får varieras inom gränserna för aktuell bindemedelskombination. Betongen får även tillverkas i en annan betongfabrik eller av en annan betongleverantör, med ballast från en annan täkt och en annan gradering, med andra tillsatsmedelsfabrikat och andra cement-/bindemedelshalter. Spricksäkerhetsfaktor för generella materialparametrar tillämpas i detta fall enligt tabell AMA EBE.11/1 och tabell AMA EBE.11/2 (kolumn 2 och 3).

Vidare anges följande i AMA Anläggning 23 EBE.11, rubrik "Generella materialparametrar":

"Om nedanstående villkor är uppfyllda får generella materialparametrar i Teknisk rapport 2001:14, LTU Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del D avsnitt 7.5 användas vid spricksäkerhetsberäkning:

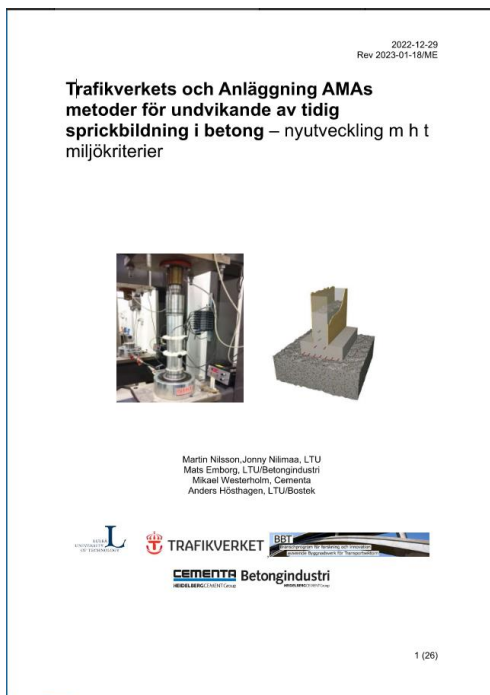
- *Bindemedlet (cement och eventuella tillsatsmaterial typ II) ska till minst 80 procent bestå av portlandcementklinker och uppfylla kravet på värmeutveckling enligt SS 134202. Om bindemedlet består av cement och ett tillsatsmaterial typ II ska denna bindemedelskombination påvisas ha likvärdig prestanda med avseende på värmeutveckling som ett cement som uppfyller SS 134202 enligt bilaga AMA EB/4*
- *vctekv är $\geq 0,38$*
- *Betong får endast vara retarderad för transporttiden.*
- *Med cementhalt enligt Teknisk rapport 2001:14, LTU avses den totala bindemedelshalten."*

Ovanstående avser vad som gäller för att "handboksmetoden" (CraX1) skall tillåtas. Avseende klimatförbättrad betong tillåts att handboksmetoden får användas under förutsättning att minst 80 % av bindemedlet består av portlandcementklinker. Dessutom skall de cementhalter som anges i Teknisk rapport 2001:14, LTU ses som total bindemedelshalt, dvs. cement + tillsatsmaterial typ II.

Slutligen anges i AMA Anläggning 23, EBE.11, rubrik ”Generella materialparametrar” att generella materialparametrar för aktuell betongsammansättning från forskningsrapporter, litteraturen och materialtillverkare, t.ex. SBUF Slutrapport 14096 ska användas för spricksäkerhetsberäkningar enligt beräkningsmetod 3.

Ovanstående hänvisning till SBUF Slutrapport 14096 avser de generella materialparametrar för klimatförbättrade betong, som tillhandahålls genom denna rapport, se avsnitt 4.6 nedan. Tillåtna generella materialparametrar begränsas dock inte till materialparametrarna i denna rapport utan kan tillhandahållas av t.ex. materialtillverkare.

Utöver SBUF projektet (14096) har Trafikverket medverkat i utredning av klimatförbättrad betong och framtagande av materialparametrar för ung hårdnande betong. Här kan nämnas bland annat en teknisk rapport (BBT 2018-033) från LTU, ”Trafikverkets och Anläggning AMAs metoder för undvikande av tidig sprickbildning i betong – nyutveckling m h t miljökriterier”. Denna projektrapport från LTU finns i skrivande stund som en preliminär version daterad 2023-01-18, se Figur 1.



Figur 1: Preliminär rapport, klimatförbättrade betong.

4.6 Materialparametrar tillhandahållna genom detta projekt

Nedan sammanställs materialparametrar baserade på provningar vid Luleå tekniska universitet (LTU) i olika projekt och som kan användas som generella materialparametrar. Spricksäkerhetsfaktor (S) enligt EBE.11/1 och EBE.11/2 (kolumn 2 och 3) tillämpas vid användning av generella materialparametrar.

Vid provning av receptspecifika betongrecept, som generella materialdata baseras på, och där det i denna rapport anges att ”slag” tillsatts i betongen är slaggleverantör

Ecocem. Slagg från andra leverantörer kan ha annan sammansättning, vilket kan påverka vissa egenskaper.

I denna rapport bifogas följande materialdatabaser:

Generella materialparametrar	
Betongdata för ConTeSt RnD v5.0	
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 0-20%_v5.0.....	
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 21-35%_v5.0	
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 36-65%_v5.0	
Anläggningsbetong_S4_ANL FA_CEM II_A-V_v5.0.....	
Anläggningsbetong_SF2_ANL FA_CEM II_A-V_v5.0.....	
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I_v5.0	
Husbyggnadsbetong_S4_Bas- & Byggcement_v5.0	
Husbyggnadsbetong_SF2_Bas- & Byggcement_v5.0	
Betongdata för ConTeSt RnD v5.1	
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 0-20%_v5.1.....	
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 21-35%_v5.1	
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 36-65%_v5.1	
Anläggningsbetong_S4_ANL FA_CEM II_A-V_v5.1.....	
Anläggningsbetong_SF2_ANL FA_CEM II_A-V_v5.1.....	
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I_v5.1	
Husbyggnadsbetong_S4_Bas- & Byggcement_v5.1	
Husbyggnadsbetong_SF2_Bas- & Byggcement_v5.1	

Materialparametrar och databaser för ConTeSt R&D v5.0 respektive v5.1 redovisas i bilaga D.

5 Kontroll och kalibrering av materialparametrar

Till grund för de generella materialparametrarna, som tillhandahålls genom detta projekt, ligger de från branschen insamlade receptspecifika materialparametrar för olika betongsammansättningar. De betongsammansättningar som de receptspecifika materialparametrarna avser är tidigare redovisade i avsnitt 1.3. I detta projekt har flera av de receptspecifika materialparametrarna kontrollerats genom temperatur- och sprickrisikanalyser för olika typfall, vilket redogörs för i avsnitt 0.

Utanför detta projekt har receptspecifika materialparametrar använts och följts upp i flera hus- och anläggningsprojekt. Exempel på uppföljningar som utförts i byggprojekt ses i avsnitt 5.1 nedan.

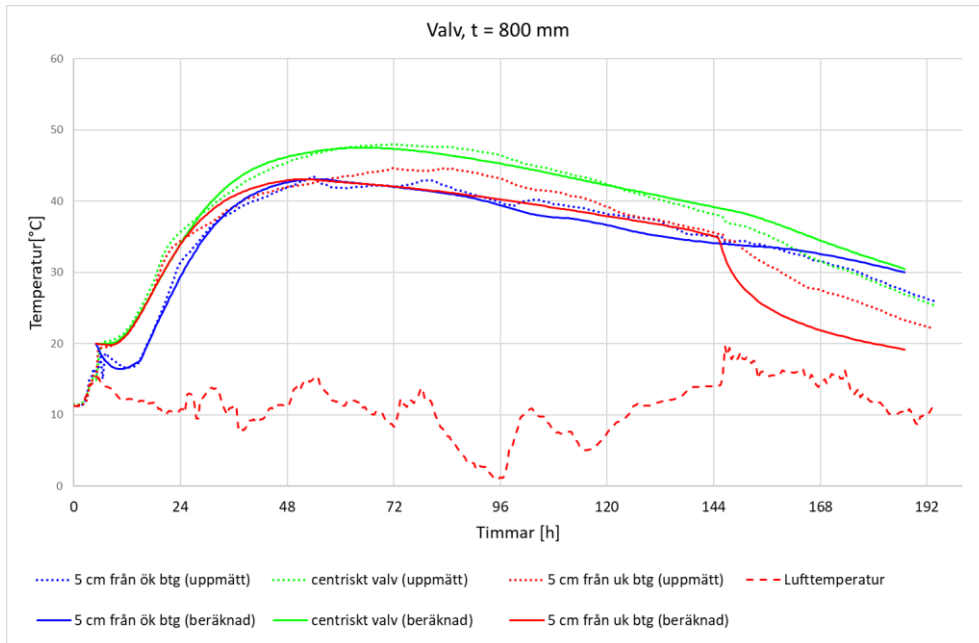
5.1 Uppföljningar i projekt

De i projektet erhållna betongsammansättningarna, och dess receptspecifika materialparametrar, har använts i skarpa hus- och anläggningsprojekt. Uppföljning av receptspecifika materialparametrar har i dessa projekt genomförts genom jämförelse av beräknade och registrerade betongtemperaturer i konstruktionsdelar gjuten med aktuell betongsammansättning, vilket visas genom exempel nedan. Uppföljningar i dessa projekt har utförts vid olika temperaturförutsättningar. Efter gjutning och genomförda temperatursprickåtgärder har sprickinventering utförts av aktuell konstruktion.

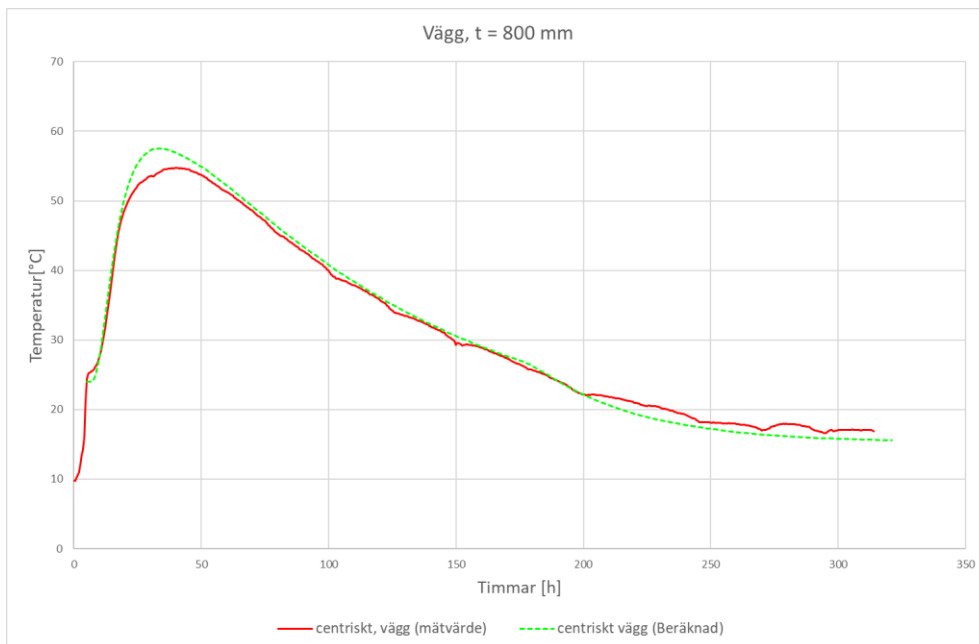
I vissa fall har mindre anpassningar av materialparametrarna varit nödvändiga, som till exempel vid mindre höjningar av cementhalt alternativt bindemedelhalt. Dessa erfarenheter har beaktats i detta projekt och vid fastställande av de slutliga generella materialparametrarna.

Som exempel på uppföljningar kan nämnas den klimatförbättrade anläggningsbetongen, med Anläggningscement (CEM I) och inblandning av slagg (GGBS) som har använts i två större anläggningsprojekt på senare år. Överensstämmelsen mellan uppmätt och beräknad temperaturutveckling har i dessa projekt varit mycket god. De temperatursprickåtgärder som utformats för dessa projekt har också visat på gott resultat avseende ”sprickfrihet”.

I Figur 2 nedan visas ett exempel på uppföljning av temperaturutveckling i ett valv gjutet med klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I) och ca 50 % slagg (GGBS, EcoCem). I efterföljande Figur 3 ses ett exempel från en uppföljning av temperaturutvecklingen i en vägg gjuten med klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I) och ca 10 % slagg (GGBS, EcoCem).



Figur 2: Uppföljning av temperaturutveckling i ett valv (t = 800 mm).
Klimatförbättrad anläggningsbetong med ca. 50 % slagg (GGBS).



Figur 3: Uppföljning av temperaturutveckling i en vägg (t = 800 mm).
Klimatförbättrad anläggningsbetong med ca. 10 % slagg (GGBS).

Ett annat exempel är ett husprojekt där dimensionerad temperatursprickåtgärd inte utförts av entreprenören. Betongen som användes i detta fall var en icke klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I). Enligt dimensionerade temperatursprickåtgärder erfordrades kylning av väggkonstruktionen. Kylrören monterades dock inte i den första väggjutningen, varefter temperatursprickor uppstod. Uppföljning av temperaturutveckling och sprickrisk visade att risken för temperatursprickor i den aktuella väggen var mycket hög utan kylning som åtgärd. Efterföljande väggjutningar där kylrör monterats, i enlighet med dimensionerade åtgärder, resulterade inte i temperatursprickor. Detta indikerar att materialparametrarna

har god överensstämmelse med den aktuella betongens verkliga beteende i detta sammanhang.

De materialparametrar som hittills funnits att tillgå för husbyggnadsbetong är materialparametrar för betong med det äldre Bascementet, där en del av cementklinkern ersatts med flygaska. Det nya Bascementet innehåller kalkfiller i stället för flygaska. Materialparametrarna för det äldre Bascementet har i flera fall använts vid dimensionering av temperatursprickåtgärder i projekt där betong med det nya Bascementet eller Byggcementet använts vid gjutning. Överensstämmelsen avseende både temperatur- och hållfasthetsutveckling har varit mycket god. Resultat i form av ”sprickfria” konstruktioner indikerar även det på god funktionsduglighet. Sammantaget visar detta tillsammans med erfarenheter från flera andra projekt att materialparametrarna för det äldre Bascementet kan användas vid analyser av betongkonstruktioner gjutna med betong innehållande det nya Bascementet alternativt Byggcementet.

Likaså receptspecifika materialparametrar för anläggningsbetong med det klimatförbättrade cementet Anläggningscement FA (CEM II) och självkompakterande anläggningsbetong har använts i skarpa projekt. Genom uppföljning av temperaturutveckling samt genom resultat i form av ”sprickfria” eller få temperaturrelaterade sprickor i konstruktionen har god överensstämmelse kunnat bekräftas.

5.2 Kontroll av materialparametrar

Eftersom de receptspecifika materialparametrarna för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna inte använts i samma utsträckning som den icke klimatförbättrade betongen har dessa betongsammansättningar kontrollerats genom beräkningar i beräkningsprogrammet ConTeSt, vilket redovisas i kapitel 6.

Kontrollen har skett genom temperatur- och sprickriskanalyser för två typfall (vägg på bottenplatta samt vindkraftsfundament) för tre olika temperaturfall. Syftet med kontrollen är att säkerställa rimliga resultat samt studera de olika betongtypernas temperaturutveckling och temperatursprickrisk vid lika temperatursprickåtgärder. Beräkningsförutsättningar och resultat framgår av kapitel 6. I kapitel 7 följer en utvärdering av dessa resultat.

6 Temperatur- och sprickrisikanalyser

Temperatur- och hållfasthetsutveckling samt sprickrisiknivån (spänningskvot och töjningskvot) har analyserats för olika typfall. Typfallen och övriga beräkningsförutsättningar redovisas i avsnitt 6.1 och resultat i avsnitt 6.1-6.4. Resultaten redovisas i sin helhet i Bilaga A.

I denna studie utförs även analyser för att belysa erforderliga temperatursprickåtgärder för klimatförbättrad betong jämfört med vad som normalt erfordras vid gjutning med konventionell betong (ej klimatförbättrad). I denna studie har exempel på erforderliga temperatursprickåtgärder utformats för den klimatförbättrade betongen med syfte att uppfylla vissa kriterier, vilka redovisas i avsnitt 6.1.1. Resultaten av denna studie redovisas i avsnitt 6.5.

6.1 Beräkningsförutsättningar

För att kontrollera de receptspecifika materialparametrarna för den klimatförbättrade anläggningsbetongen har temperaturutveckling och sprickrisk analyserats för olika temperaturfall och typfall (konstruktionstyper).

I följande avsnitt 6.1.1- 6.1.5 redovisas förutsättningarna för genomförda analyser.

6.1.1 Temperaturfall

I Tabell 1 nedan redovisas de temperaturfall som analyserats i denna studie.

Tabell 1: Temperaturfall.

Benämning	Tluft	Tgjut	Beskrivning
K	-5	10	K = Kallt fall (vinter)
M	10	15	M = Medel (vår/höst)
V	20	25	V = Varmt fall (sommar)
S*	-5	"fri"	S = Specialfall

För temperaturfallet S* (Special) är varken randvillkor eller betongens gjuttemperatur låsta. Vid detta temperaturfall utformas erforderliga temperatursprickåtgärder, där betongens gjuttemperatur är en möjlig parameter som kan justeras för att uppfylla kriterierna enligt nedan.

Kriterier för Specialfall (S):

- Spänningskvot $\eta \leq 0,70$
- Tryckhållfasthet 5 MPa före betongens temperatur ev. understiger 0 °C *
- Härdningsklass 3, dvs. 50% av specificerad tryckhållfasthet på 1 cm djup vid avformning resp. avtäckning.

*/ Vid analyserna i detta projekt har eftersträvat att betongens temperatur inte skall underskrida +5°C under härdning innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnåtts.

6.1.2 Randvillkor

För temperaturfall K, M och V enligt Tabell 1 ovan gäller randvillkor för betongens ytor enligt Tabell 2 nedan.

Tabell 2: Randvillkor.

Form:	22 mm träform
Täckning:	2,5 mm plastfolie och presenning
Formrivningstid och avtäckningstid:	4 dygn
Vindhastighet:	5 m/s (form och täckning)

Randvillkoren för de tre temperaturfallen K, M och V är låsta för att visa hur olika betongtyper skiljer sig åt vid lika förutsättningar. Randvillkoren för temperaturfall S (Special) har utformats i samband med analys av varje enskilt fall för att uppfylla de tidigare angivna kriterierna i avsnitt 6.1.1.

6.1.3 Betongtyper

De betongtyper som utvärderats framgår av Tabell 3 nedan. Betongtyperna A1-A3 avser klimatförbättrad anläggningsbetong, H1-H2 avser husbyggnadsbetong och betongtyp R är en referensbetong med 100 % Anläggningscement (ej klimatförbättrad).

Observera att den klimatförbättrade anläggningsbetongen är åstadkommen genom tillsats av slagg på betongfabriken.

Tabell 3: Betongtyper.

Kod	Betong	Cementtyp	Cement [%]	Slagg [%]	Bindemedelhalt [kg]	vct
A1	Klimatförbättrad anläggningsbetong C32/40	CEM I	90	10	350	0,50
A2	Klimatförbättrad anläggningsbetong C32/40	CEM I	75	25	400	0,50
A3	Klimatförbättrad anläggningsbetong C32/40	CEM I	50	50	400	0,50
H1	Husbyggnadsbetong C32/40	CEM II/A-V	100	-	360	0,55
H2	Husbyggnadsbetong SKB C32/40	CEM II/A-V	100	-	360	0,55
R	Anläggningsbetong C35/45 (referens)	CEM I	100	-	430	0,40

6.1.4 Typfall

De typfall som studerats är ett antal väggar med olika tjocklek och längd samt ett vindkraftsfundament. Samtliga konstruktioner enligt nämnda typfall är förutsatta vara grundlagda på packad fyllning. Konstruktionernas dimensioner och aktuella dimensionerande tvångsfaktorer framgår av Tabell 4 och Tabell 5 nedan.

De dimensionerande tvångsfaktorerna för väggfallen har analyserats med hjälp av beräkningsverktyget LUSAS Modeller (FEM). Vid analys av vindkraftsfundamentet har det dimensionerande tvånget antagits vara försumbart, dvs. noll.

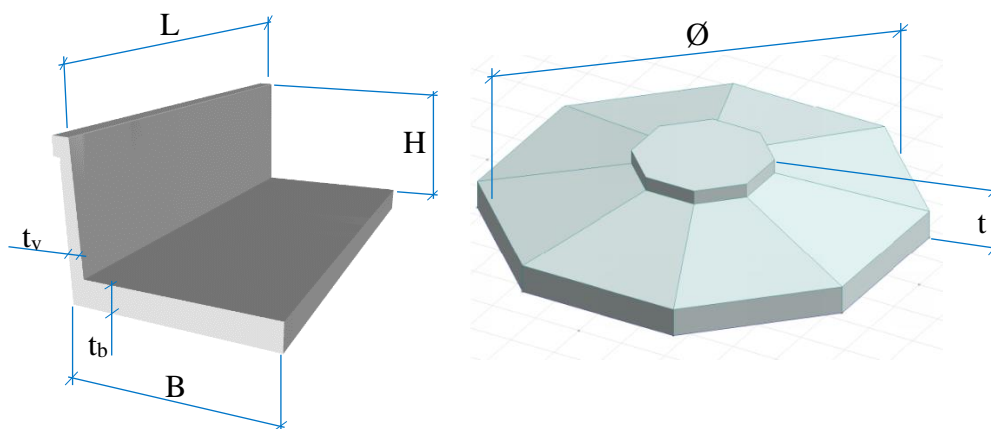
Tabell 4: Typfall vägg

Typfall	Vägg			Bottenplatta		Dimensionerande tvång, R_{dim}	Benämning (i Bilaga A)
	Tjocklek t_v [mm]	Längd L [m]	Höjd H [m]	Tjocklek t_b [mm]	Bredd B [m]		
Vägg	250	10	3	250	3,25	0,44	T250-R044
Vägg	500	5	5	600	15,5	0,25	T500-R025
Vägg	500	10	5	600	15,5	0,44	T500-R044
Vägg	500	15	5	600	15,5	0,51	T500-R051
Vägg	500	20	5	600	15,5	0,55	T500-R055
Vägg	700	10	3	700	3,7	0,25	T700-R025
Vägg	1000	10	3	1000	4,0	0,11	T1000-R011

Tabell 5: Typfall vindkraftsfundament

Typfall	Tjocklek t [mm]	Diameter \varnothing [m]	Dimensionerande tvång, R_{dim}	Benämning (i Bilaga A)
Vindkraftsfundament	3300	9,3	0	T3300-R000

I Figur 4 nedan ses principskisser för konstruktionernas geometri och definition av dess mått.



Figur 4: Geometri för analyserade typfall.

6.1.5 Beräkningsmatris

Antalet analyser har begränsats till beräkningsmatrisen enligt Tabell 6 nedan. Som ses har betongtyperna A1-A3, Klimatförbättrad anläggningsbetong, analyserats för samtliga typfall.

Betongtyperna H1 och H2 (husbyggnadsbetong) har endast analyserats för ett av typfallen, dvs. T500-R044. För detta typfall har även analyser utförts för bedömning av erforderliga temperatursprickåtgärder, se temperaturfall S i avsnitt 6.1.1.

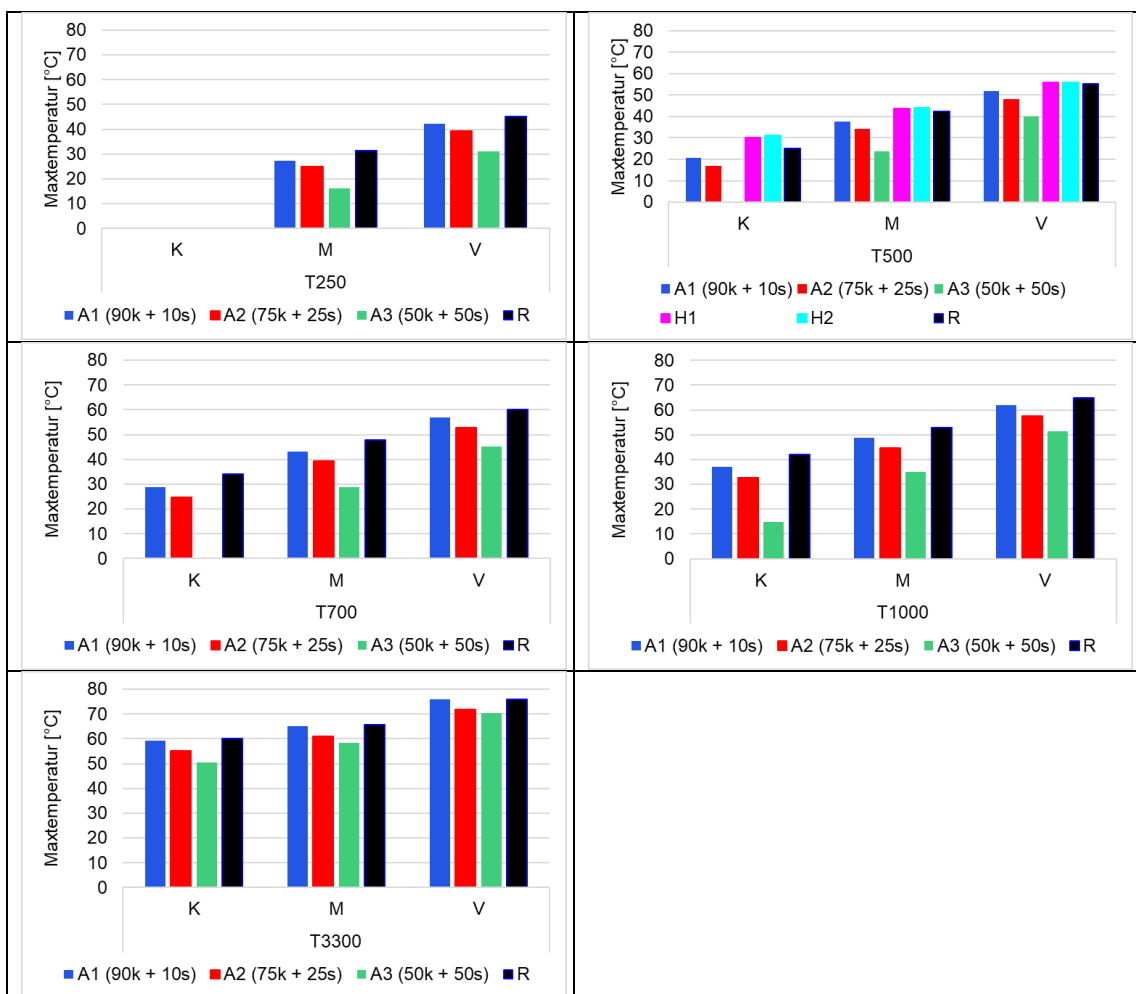
Tabell 6: Beräkningsmatris

Typfall (benämning)	Temperaturfall	Betongtyp
T250-R044	K, M, V	A1, A2, A3, R
T500-R025	K, M, V	A1, A2, A3, R
T500-R044	K, M, V, S	A1, A2, A3, H1, H2, R
T500-R051	K, M, V	A1, A2, A3, R
T500-R055	K, M, V	A1, A2, A3, R
T700-R025	K, M, V	A1, A2, A3, R
T1000-R011	K, M, V	A1, A2, A3, R
T3300-R000	K, M, V	A1, A2, A3, R

6.2 Temperaturutveckling

I Figur 5 nedan redovisas maxtemperaturen för temperaturfallen K, M och V. Betongens temperaturutveckling för respektive beräkningsfall redovisas i sin helhet i Bilaga A. Temperaturfall S, där exempel på erforderliga temperatursprickåtgärder utformats, redovisas i avsnitt 6.5.

Vid analys av väggen med tjocklek 250 mm redovisas ingen maxtemperatur för det kalla beräkningsfallet (K) av den anledningen att temperatursprickåtgärderna inte är tillräckliga för att undvika att betongtemperaturen snabbt faller efter gjutning och att betongen därefter fryser. Detsamma gäller vid analys av väggen med tjocklek 500 mm för det kalla temperaturfallet (K) vid analys av betongtyp A3 (50 % slagg).

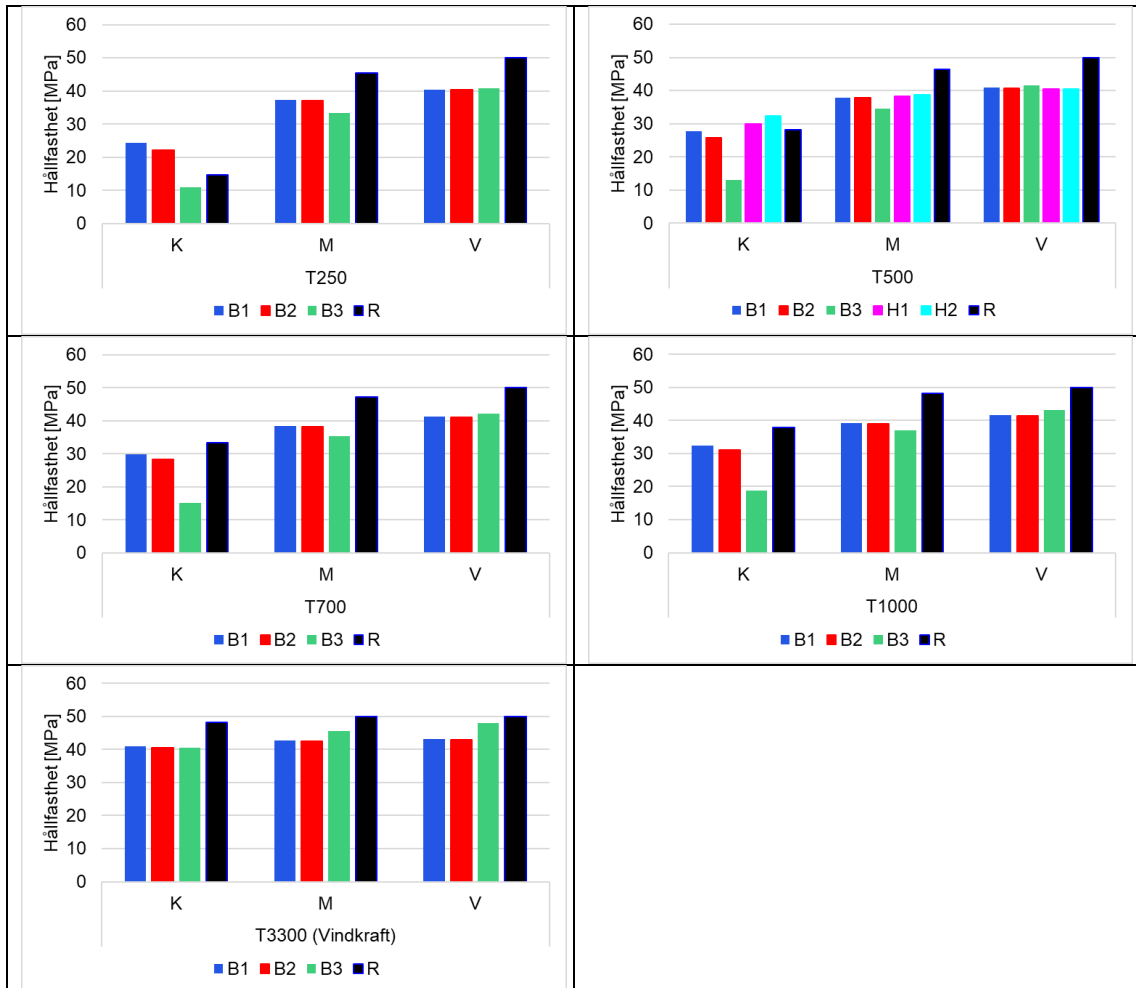


Figur 5: Betongens maxtemperatur för beräkningsfallen K, M och V vid olika konstruktionstjocklekar.

Som sig bör ökar betongens maxtemperatur under härdning med ökad luft- och gjuttemperatur samt med ökande konstruktionstjocklek. Tydligt är även att betongens maxtemperatur minskar med ökad andel slagg vid gjutning med den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1-A3, även om effekten är mindre tydlig för vindkraftsfundamentet med tjocklek 3300 mm.

6.3 Hållfasthetsutveckling

I Figur 6 redovisas beräknad tryckhållfasthet (medel) vid 28 dygn efter gjutning för temperaturfallen K, M och V. Redovisade tryckhållfastheter skall inte förväxlas med karakteristisk tryckhållfasthet efter 28 dygn. Betongens tryckhållfasthetsutveckling för respektive fall redovisas i sin helhet i Bilaga A.



Figur 6: Beräknad tryckhållfasthet (medel) efter 28 dygn för beräkningsfallen K, M och V vid olika konstruktionstjocklekar.

Betongens beräknade tryckhållfasthet efter 28 dygn, vid aktuella förutsättningar, ökar som sig bör med ökad luft- och gjuttemperatur samt med ökande konstruktionstjocklek.

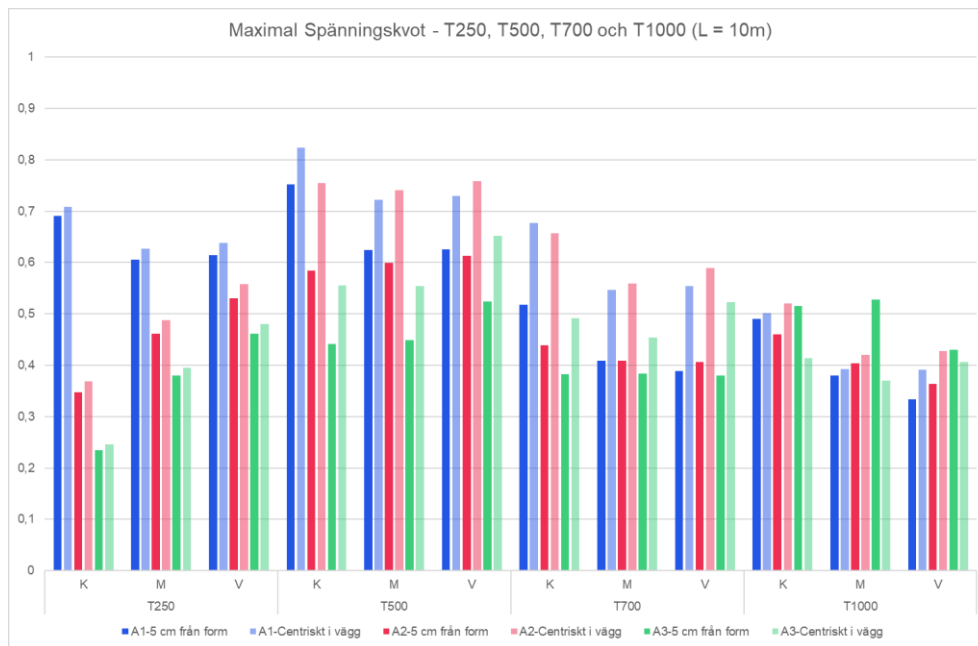
Avseende de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 ses att andelen slagg (GGBS) har mindre betydelse på beräknad tryckhållfasthet efter 28 dygn under den varmare perioden av året (temperaturfall M och V).

Vid mycket grova konstruktioner, som vid typfallet med vindkraftsfundamentet ($t=3300$ mm), är effekten av andelen slagg näst intill obefintlig även för det kalla temperaturfallet (K). Dock skall man vara medveten om att det är tryckhållfasthetens medelvärde som avses. I konstruktionens yta där temperaturutvecklingen är lägre på grund av avkylning mot omgivningen har andelen slagg en tydlig inverkan.

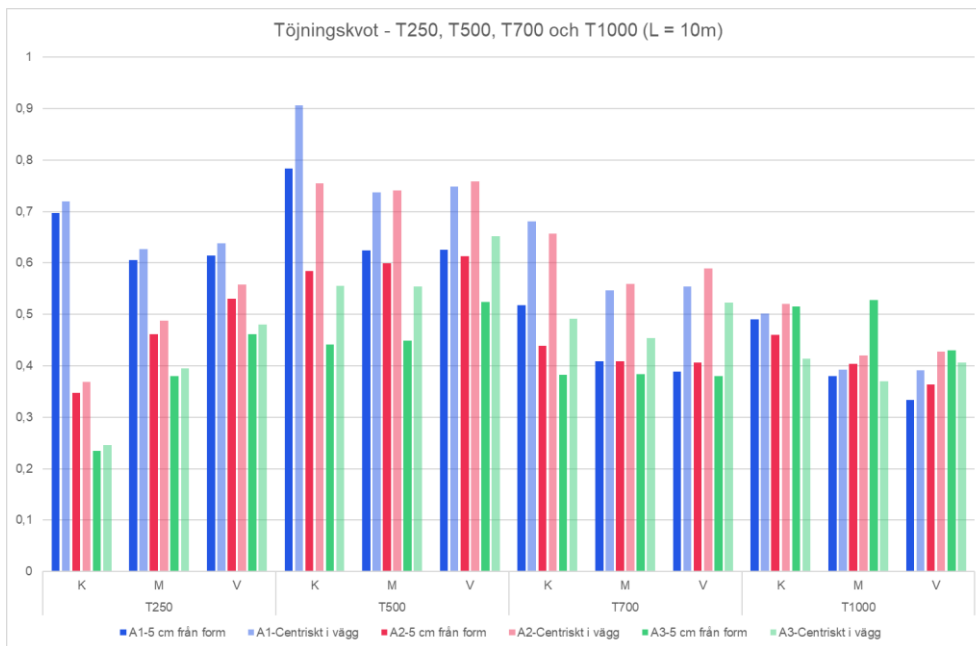
6.4 Sprickrisk

Temperatursprickrisken definieras som maximal spänningskvot alternativt töjningskvot. I detta avsnitt redovisas en jämförelse av beräknad spänningskvot resp. töjningskvot för klimatförbättrad anläggningsbetong, betongtyp A1 (10 % slagg), A2 (25 % slagg) och A3 (50 % slagg). Resultat för övriga betongtyper redovisas ej i detta avsnitt men återges i bilaga A.

I nedanstående Figur 7 och Figur 8 redovisas resultat för väggar med tjocklek 250, 500, 700 och 1000 mm med längden 10 m. Risken för ytsprickor definieras genom en punkt 5 cm från formyta och risken för genomgående sprickor genom en punkt centriskt i väggen.



Figur 7: Beräknad maximal spänningskvot för väggar med tjocklek 250, 500, 700 och 1000 mm. Maximal spänningskvot redovisas för punkt 5cm från form samt centriskt i vägg.



Figur 8: Beräknad maximal töjningskvot för väggar med tjocklek 250, 500, 700 och 1000 mm. Maximal töjningskvot redovisas för punkt 5cm från form samt centriskt i vägg.

Resultaten i Figur 7 och Figur 8 indikerar att vid lika beräkningsförutsättningar minskar sprickrisken med ökad andel slagg i betongen vid vägg tjocklekarna 250 och 500 mm. Detta gäller både risk för ytsprickor och risk för genomgående sprickor och ses för samtliga tre temperaturfall (K, M och V).

För vägg tjocklek 700mm ses sprickrisken minska med ökad andel slagg i betongen för det kalla temperaturfallet (K). För höst- och vårfallet (M) samt det varma temperaturfallet (V) är sprickrisken både avseende ytsprickor och genomgående sprickor relativt lika.

För vägg tjocklek 1000 mm ses, för det kalla temperaturfallet (K), en svag minskning av sprickrisken med ökad andel slagg i betongen. För höst- och vårfallet (M) samt det varma temperaturfallet (V) visar resultaten att risken för ytsprickor ökar med ökad andel slagg i vid lika beräkningsförutsättningar. Risken för genomgående sprickor är dock relativt lika för de två temperaturfallen M och V.

En annan reflexion är att vid användning av betongtyp A1 (10 % slagg) är det kalla temperaturfallet (K) det dimensionerande fallet med högst spänningskvot resp. töjningskvot för samtliga analyserade vägg tjocklekar. Vid användning av betongtyp A2 (25 % slagg) och A3 (50 % slagg) ses i Figur 7 och Figur 8 att för vägg tjocklekar 250 och 500 mm är det varma temperaturfallet det dimensionerande fallet. För de grövre vägg tjocklekar 700 och 1000 mm är det inte lika tydligt vilket av temperaturfallen som är det dimensionerande fallet. Men det finns en tendens till att det är det kalla temperaturfallet (K), framför allt vid vägg tjocklek 1000 mm.

6.5 Jämförelse av erforderliga temperatursprickåtgärder

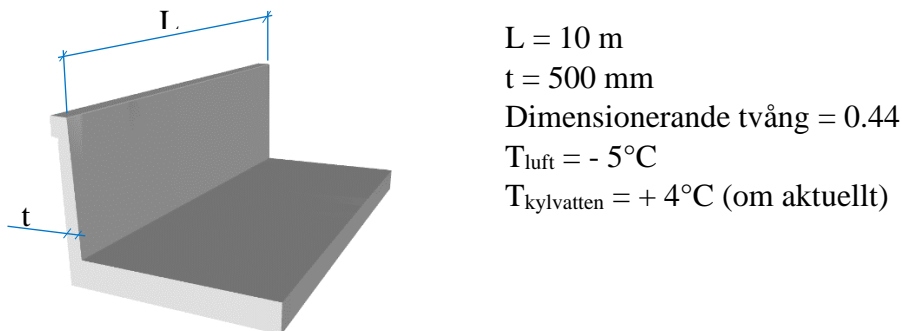
Ett led i detta projekt är att ge exempel på erforderliga temperatursprickåtgärder vid val av klimatförbättrad betong. Syftet med detta är att visa på skillnader jämfört med traditionell anläggningsbetong med traditionella åtgärder samt visa hur olika andel tillsatsmaterial kan påverka åtgärderna. Jämförelsen görs genom att utforma erforderliga temperatursprickåtgärder för att uppfylla följande tre kriterier:

1. Spänningskvot (η) $\leq 0,70$ (spricksäkerhet)
2. Ingen risk för tidig frysning, genom att betongen i analyserat tvärsnittet har uppnått en tryckhållfasthet på minst 5 MPa innan betongtemperaturen är $< +5^{\circ}\text{C}$.*
3. Härdningsklass 3 är uppnådd innan betongytan avtäcks. Härdningsklass 3 avser att betongen uppnått minst 50% av specificerad tryckhållfasthet max 1 cm in från ytan.

* I vissa fall sjunker betongtemperaturen en kort period under $+5^{\circ}\text{C}$, men överstiger $+3^{\circ}\text{C}$. Temperaturgränsen $+5^{\circ}\text{C}$ är satt för att ha en viss marginal till 0°C i analyserna, vilket är lämpligt då teoretiska och verkliga temperaturförhållanden kan skilja sig åt.

I samtliga fall sker formrivning 4 dygn efter gjutning, vilket innebär att väggen behöver ersättningstäckas med presenning eller isolermatta i vissa beräkningsfall för att ett eller fler kriterier skall kunna uppfyllas. Med ersättningstäckning avses att formen ersätts med någon typ av täckning kort tid inom avformning. Vanligtvis erfordras att ersättningstäckning utförs inom loppet av 1-2 timmar efter formrivning.

De jämförande analyserna har utförts för en vägg gjuten på en bottenplatta med förutsättningar enligt Figur 9 nedan.



Figur 9: Principskiss - Vägg gjuten på bottenplatta.

Som framgår av avsnitt 0 och 0 är det framför allt det kalla temperaturfallet (K) som skiljer klimatförbättrad betong från konventionell betong avseende temperatur- och hållfasthetsutveckling. När det gäller de två varmare temperaturfallen (M och V) är skillnaden relativt liten eller obefintlig, varför de klimatförbättrade betongerna i de flesta fall kan hanteras genom lika temperatursprickåtgärder som vid gjutning med konventionell betong. Av denna anledning har erforderliga temperatursprickåtgärder endast utformats för det kalla temperaturfallet (K).

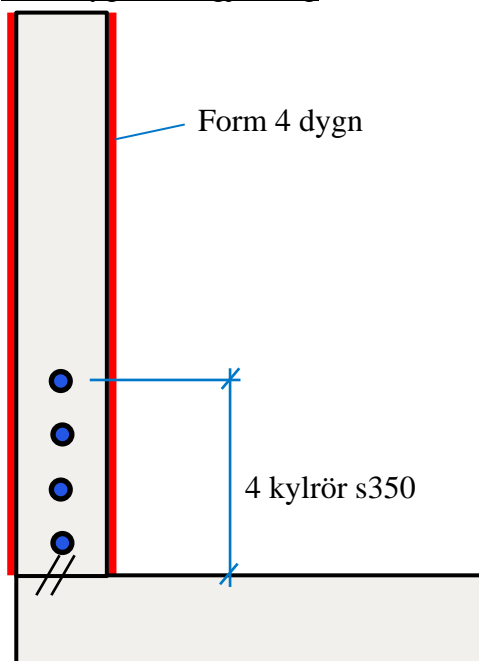
Temperatursprickåtgärderna nedan är exempel på åtgärder och utesluter inte att andra lösningar kan vara möjliga. Beräkningsresultaten redovisas i sin helhet i Bilaga A, avsnitt A.3.4 (Specialfall).

6.5.1 Referens (anläggningsbetong), R

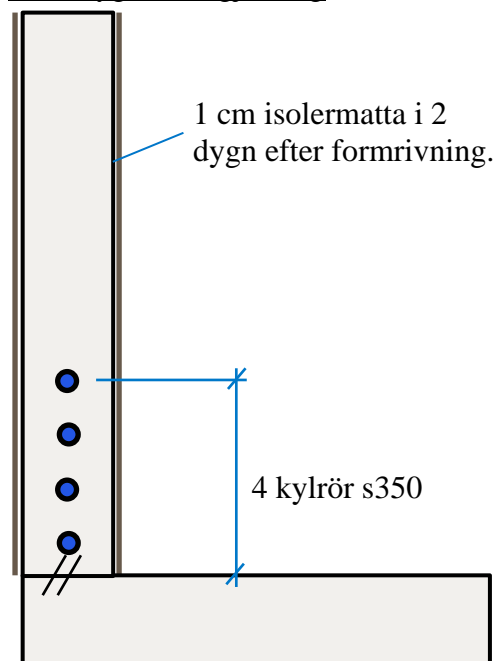
Temperatursprickåtgärder för traditionell anläggningsbetong (ej klimatförbättrad) med bindemedel bestående av 100% Portlandcementklinker (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA):

- Betongens gjuttemperatur = + 10°C.
- Gjuts i oisolerad form.
- Nygjuten betong kyls i två dygn med fyra ingjutna kylrör av stål.
- Kylrören placeras centriskt med s-avstånd 350 mm.
- Avformning sker tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att formen ersättningstäcks med 1 cm isolermatta inom två timmar efter avformning.
- Ersättningstäckningen avlägsnas tidigast 6 dygn efter gjutning.

0 – 4 dygn efter gjutning



4 – 6 dygn efter gjutning



Kommentar:

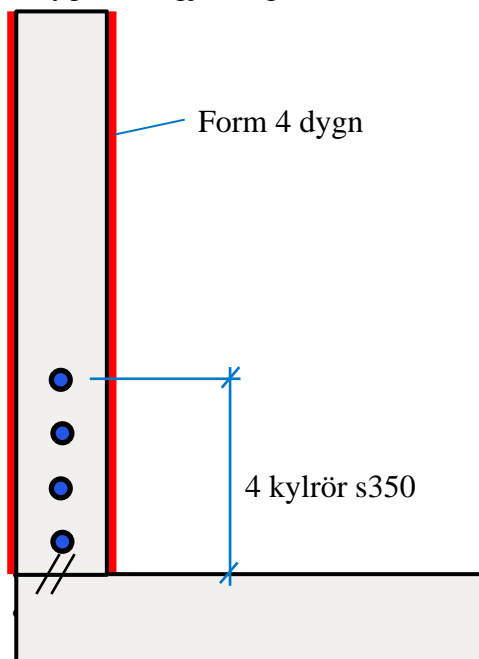
Gjuttemperaturen behöver hållas så låg som möjligt i kombination med kylning för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas vid formrivning. Ersättningstäckning efter formrivning behövs för att aktuell härdningsklass skall uppfyllas inom 6 dygn samt för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas direkt efter formrivning. Alternativt kan formrivning ske efter 6 dygn.

6.5.2 Klimatförbättrad anläggningsbetong, A1

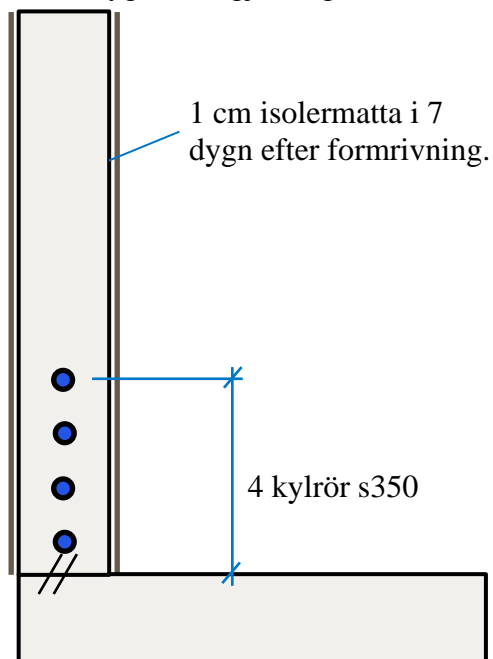
Temperatursprickåtgärder för klimatförbättrad anläggningsbetong med bindemedel bestående av 90% Portlandcementklinker (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) och 10% slagg (GGBS) redovisas nedan och åskådliggörs i principskiss:

- Betongens gjuttemperatur = + 10°C.
- Gjuts i oisolerad form.
- Nygjuten betong kyls i två dygn med fyra ingjutna kylrör av stål.
- Kylrören placeras centriskt med s-avstånd 350 mm.
- Avformning sker tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att formen ersättningstäcks med 1 cm isolermatta inom två timmar efter avformning.
- Ersättningstäckningen avlägsnas tidigast 11 dygn efter gjutning.

0 – 4 dygn efter gjutning



4 – 11 dygn efter gjutning



Kommentar:

Gjuttemperaturen behöver hållas så låg som möjligt och konstruktionen behöver kylas för att möjliggöra formrivning efter 4 dygn och att ersättningstäckning skall kunna avlägsnas inom rimlig tid, utan att kravställd spricksäkerhet överskrids.

Ersättningstäckning efter formrivning behövs för att aktuell härdningsklass skall uppfyllas inom 11 dygn samt för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas direkt efter formrivning. Alternativt kan formrivning ske efter 11 dygn.

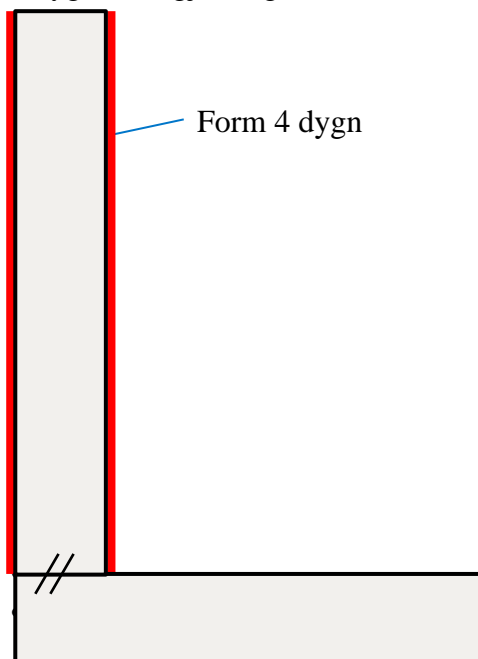
Jämfört med Referensbetongen R erfordras en längre täckningstid (härdningstid) för att aktuell härdningsklass skall uppfyllas. I övrigt erfordras lika åtgärder.

6.5.3 Klimatförbättrad anläggningsbetong, A2

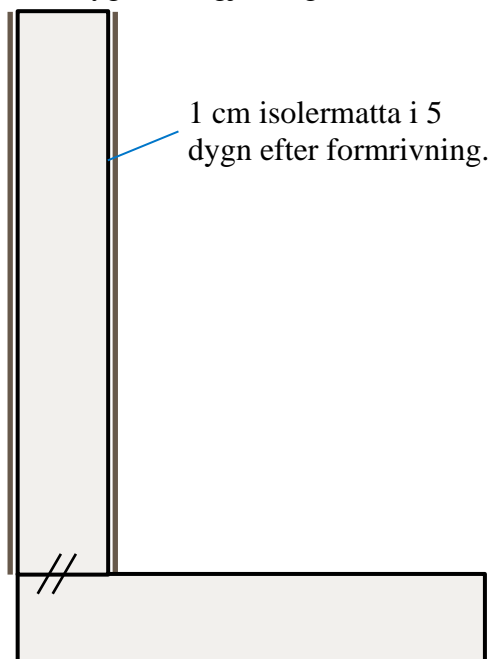
Temperatursprickåtgärder för klimatförbättrad anläggningsbetong med bindemedel bestående av 75% Portlandcementklinker (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) och 25% slagg (GGBS) redovisas nedan och åskådliggörs i principskiss:

- Betongens gjuttemperatur = + 10°C.
- Gjuts i oisolerad form.
- Avformning sker tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att formen ersättningstäcks med 1 cm isolermatta inom två timmar efter avformning.
- Ersättningstäckningen avlägsnas tidigast 9 dygn efter gjutning.

0 – 4 dygn efter gjutning



4 – 9 dygn efter gjutning



Kommentar:

Gjuttemperaturen behöver hållas så låg som möjligt för att möjliggöra formrivning efter 4 dygn och att ersättningstäckning skall kunna avlägsnas inom rimlig tid, utan att kravställd spricksäkerhet överskrids. Ersättningstäckning efter formrivning behövs för att aktuell härdningsklass skall uppfyllas inom 9 dygn samt för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas direkt efter formrivning. Alternativt kan formrivning ske efter 9 dygn.

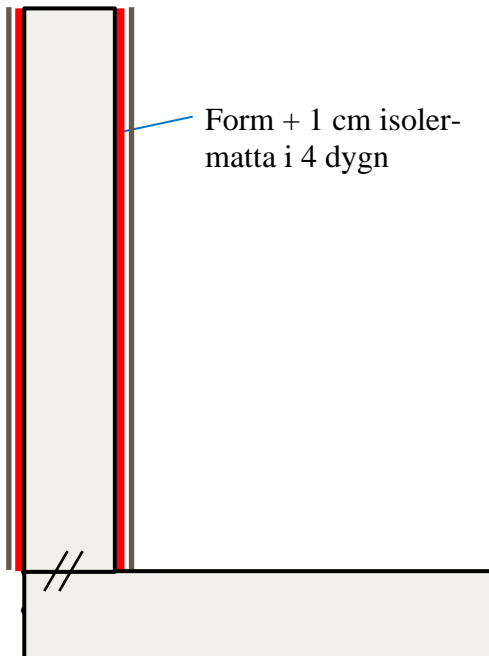
Jämfört med Referensbetongen R erfordras en längre täckningstid (härdningstid) men jämfört med betongtyp A1 erfordras en kortare täckningstid (härdningstid). Orsaken till den kortare härdningstiden än för betongtyp A1 är att betongen inte erfordrar kylning för att uppfylla kravet avseende sprickrisk. Kylning av väggen är ej heller möjlig om aktuell härdningsklass skall uppfyllas inom rimlig tid. Dessutom innebär kylning att betongytan riskerar att frysa i tidigt skede, vilket för med sig att väggen samtidigt måste isoleras. Detta komplicerade förfarande med kylning och samtidig isolering av konstruktionen resulterar även i längre form- och täckningstid.

6.5.4 Klimatförbättrad anläggningsbetong, A3

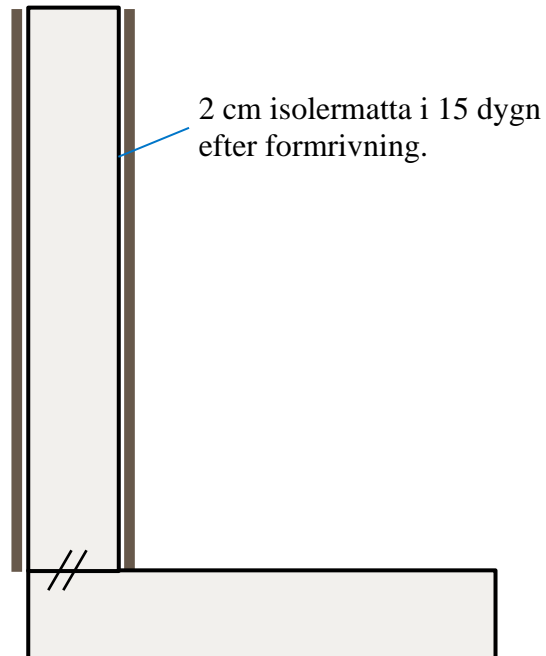
Temperatursprickåtgärder för klimatförbättrad anläggningsbetong med bindemedel bestående av 50% Portlandcementklinker (CEM I 42,5 N SR3 MH/LA) och 50% slagg (GGBS) redovisas nedan och åskådliggörs i principskiss:

- Betongens gjuttemperatur = + 10°C.
- Gjuts i oisolerad form.
- Formens utsida täcks med 1 cm isolermatta efter gjutning.
- Avformning sker tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att formen ersättningstäcks med 2 cm isolermatta inom två timmar efter avformning.
- Ersättningstäckningen avlägsnas tidigast 19 dygn efter gjutning.

0 – 4 dygn efter gjutning



4 – 19 dygn efter gjutning



Kommentar:

Betongtemperaturen behöver hållas på lagom nivå under de första dygnen genom så låg betongtemperatur som möjligt i kombination med att formen täcks med isolermatta för att ersättningstäckning skall kunna avlägsnas inom rimlig tid, utan att kravställd spricksäkerhet överskrids. Ersättningstäckning efter formrivning behövs för att aktuell härdningsklass skall uppfyllas inom 19 dygn samt för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas direkt efter formrivning. Alternativt kan formrivning ske efter 19 dygn.

Jämfört med Referensbetongen R erfordras en betydligt lägre täckningstid (härdningstid) trots att konstruktionen inte erfordrar kylning för att uppfylla kravet avseende sprickrisk. Det erfordras även tjockare ersättningstäckning (2 cm) efter formrivning. Kylning av väggen är ej möjlig om aktuell härdningsklass skall uppfyllas inom överskådlig tid. Dessutom innebär kylning att betongytan riskerar att frysa i tidigt skede, vilket för med sig att väggen samtidigt måste isoleras. Detta invecklade

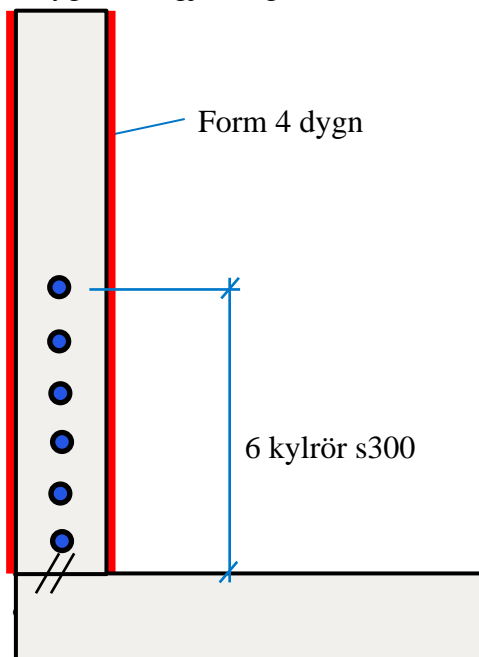
förfarande med kylning och samtidig isolering av konstruktionen resulterar även i längre form- och täckningstid.

6.5.5 Husbyggnadsbetong, H1

Temperatursprickåtgärder för husbyggnadsbetong med bindemedel bestående av 100% Bascement (CEM II/A-LL 42,5 R) redovisas nedan och åskådliggörs i principskiss:

- Betongens gjuttemperatur = + 10°C.
- Gjuts i oisolerad form.
- Nygjuten betong kyls i två dygn med sex ingjutna kylrör av stål.
- Kylrören placeras centriskt med s-avstånd 300 mm.
- Avformning/avtäckning får ske tidigast 4 dygn efter gjutning.

0 – 4 dygn efter gjutning



Kommentar:

Gjuttemperaturen behöver hållas så låg som möjligt i kombination med kylning för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas vid formrivning. Aktuell härdningsklass är uppfylld efter 4 dygn.

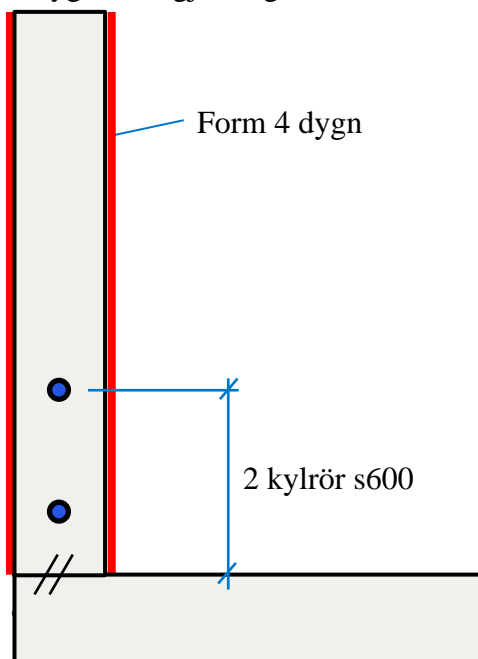
Jämfört med Referensbetongen R erfordras fler kylrör med tätare s-avstånd. Dock erfordras i detta fall ingen ersättningsäckning efter formrivning för att uppfylla aktuell härdningsklass och krav avseende sprickrisknivå. I ett husprojekt kan det således vara fördelaktigt att använda betong med ett husbyggnadscement jämfört med en anläggningsbetong om kylning accepteras i projektet. I husprojekt där kylning inte accepteras är det dock oftast fördelaktigt att gjuta med en anläggningsbetong, då denna medger längre möjliga etapplängder utan kylning.

6.5.6 Husbyggnadsbetong (SKB), H2

Temperatursprickåtgärder för husbyggnadsbetong (SKB) med bindemedel bestående av 100% Bascement (CEM II/A-LL 42,5 R) redovisas nedan och åskådliggörs i principskiss:

- Betongens gjuttemperatur = + 10°C.
- Gjuts i oisolerad form.
- Nygjuten betong kyls i två dygn med två ingjutna kylrör av stål.
- Kylrören placeras centriskt med s-avstånd 600 mm.
- Avformning/avtäckning får ske tidigast 4 dygn efter gjutning.

0 – 4 dygn efter gjutning



Kommentar:

Gjuttemperaturen behöver hållas så låg som möjligt i kombination med kylning för att kravställd spricksäkerhet ej skall överskridas vid formrivning. Aktuell härdningsklass är uppfylld efter 4 dygn.

Jämfört med Referensbetongen R erfordras färre kylrör med glesare s-avstånd. Det erfordras inte heller ersättningstäckning efter formrivning för att uppfylla aktuell härdningsklass och krav avseende sprickrisknivå.

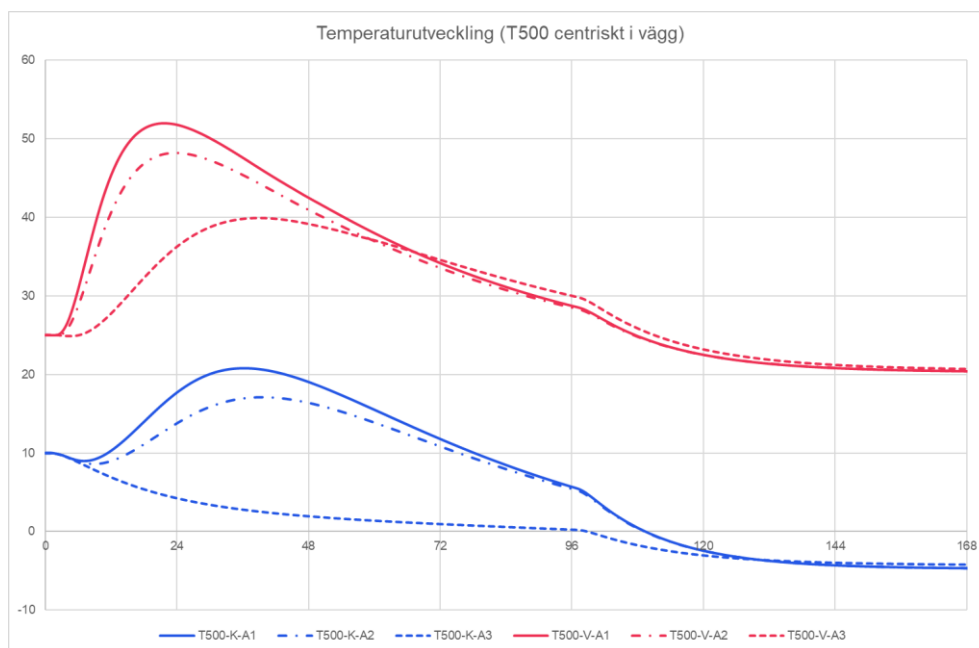
Jämfört med motsvarande husbyggnadsbetong (H1), som inte är självkompakterande, är denna betongtyp gynnsammare avseende risk för temperatursprickor.

7 Utvärdering och erfarenheter

Som tidigare nämnts i kapitel 6 har den klimatförbättrade anläggningsbetongen utvärderats för samtliga typfall (konstruktionstyper). Husbyggnadsbetongen har endast utvärderats för ett typfall, dvs. en vägg med tjocklek 500 mm och längd 10 m. Av denna anledning redovisas framför allt erfarenheter från utvärdering av klimatförbättrad anläggningsbetong med inblandning av slagg (GGBS). I detta kapitel redogörs för generella observationer som gjorts utifrån beräknings-resultaten som redovisas i sin helhet i Bilaga A.

7.1 Klimatförbättrad anläggningsbetong - Temperatur

Klimatförbättrad anläggningsbetong, tillverkad genom inblandning av slagg (GGBS), erhåller en lägre värmeutveckling med ökad andel slagg, vilket ses genom lägre temperaturmaximum och tidsförskjuten temperaturtopp. I nedanstående Figur 10 ges ett exempel på detta från analys av en vägg med tjocklek 500 mm för att visa på skillnader mellan de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1 (10% slagg), A2 (25% slagg) och A3 (50% slagg). De övre tre kurvorna visar temperaturutveckling för det varma temperaturfallet (V) och de tre nedre visar temperaturutveckling för det kalla temperaturfallet (K).

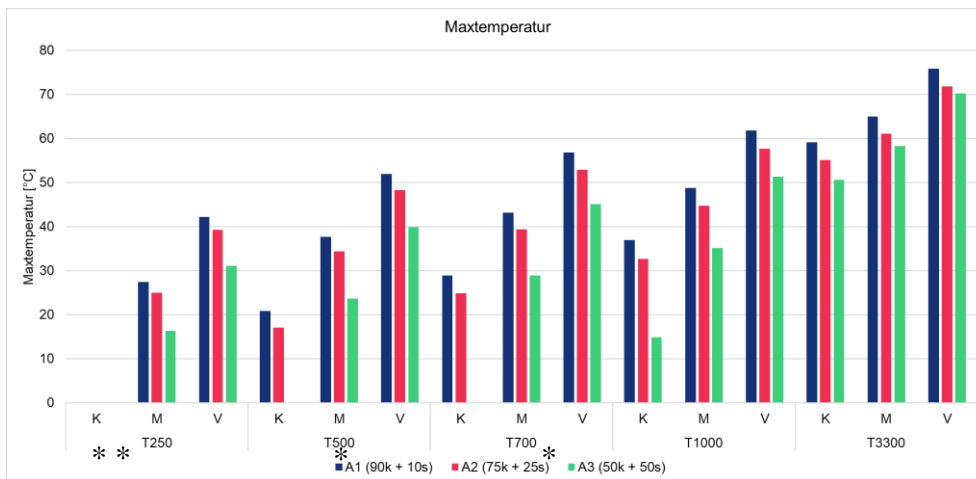


Figur 10: Temperaturutveckling – jämförelse av betongtyp A1, A2 och A3 för typfall T500 (vägg 500 mm) vid temperaturfall K och V.

De tre analyserade temperaturfallen (K, M och V) i kombination med de fem typfallen (vägg T250-T1000 och vindkraftsfundament T3300) ger, som sig bör, upphov till mycket olika temperaturförlopp vid lika förutsättningar. Från mycket låga betongtemperaturer med risk för tidig frysning (kallt fall för vägg med $t=250$ mm) till mycket höga betongtemperaturer (varmt fall, vindkraftsfundament med $t=3300$ mm).

I Figur 11 nedan redovisas maxtemperaturer från samtliga beräkningsfall med klimatförbättrad anläggningsbetong A1-A3. Som ses i figuren blir effekten av ökande

andel slagg större desto tunnare konstruktionsdelen är. De kalla beräkningsfallen (K) visar t.ex. att det, vid aktuella randvillkor, krävs en konstruktionstjocklek mellan 700 och 1000 mm för att cementhydratationen skall generera tillräckligt med värme för att betongtemperaturen skall orka överstiga den initiala gjuttemperaturen $+10^{\circ}\text{C}$. Vid analys av vindkraftsfundamentet (T3300) ses att den procentuella skillnaden i maxtemperatur är relativt liten för de tre temperaturfallen (K, M och V) jämfört med de tunnare typfallen.



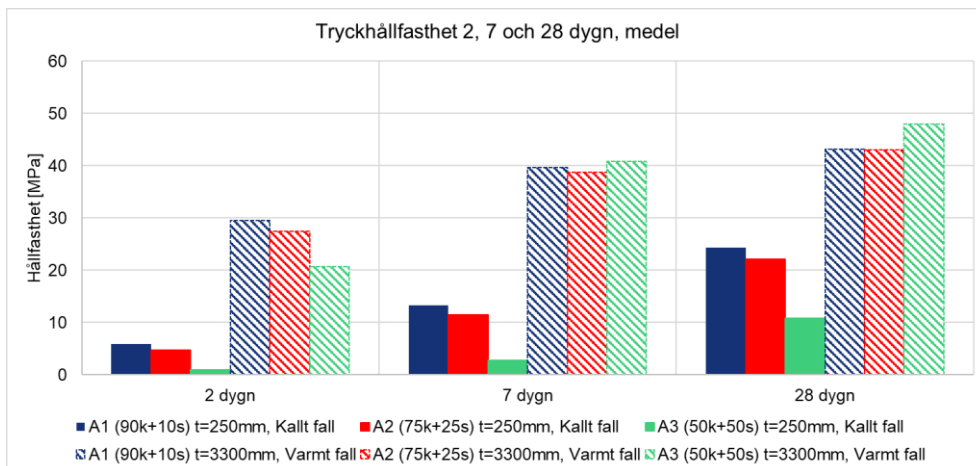
Figur 11: Maxtemperatur för betong A1 (90k+10s), A2 (75k+25s) och A3 (50k+50s) för $t=250\text{mm}$, $t=500\text{mm}$, $t=700\text{mm}$, $t=1000\text{mm}$ och $t=3300\text{mm}$. Symbolen * representerar beräkningsfall där betongtemperaturen faller direkt vid gjutning och cementhydratationen därefter inte genererar tillräckligt med värme för att betongtemperaturen skall överstiga den initiala gjuttemperaturen.

7.2 Klimatförbättrad anläggningsbetong - Tryckhållfasthet

Resultaten från analyserna av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 visar att hållfasthetsutvecklingen följer samma mönster som temperaturutvecklingen, dvs. minskar och går långsammare med ökad andel slagg.

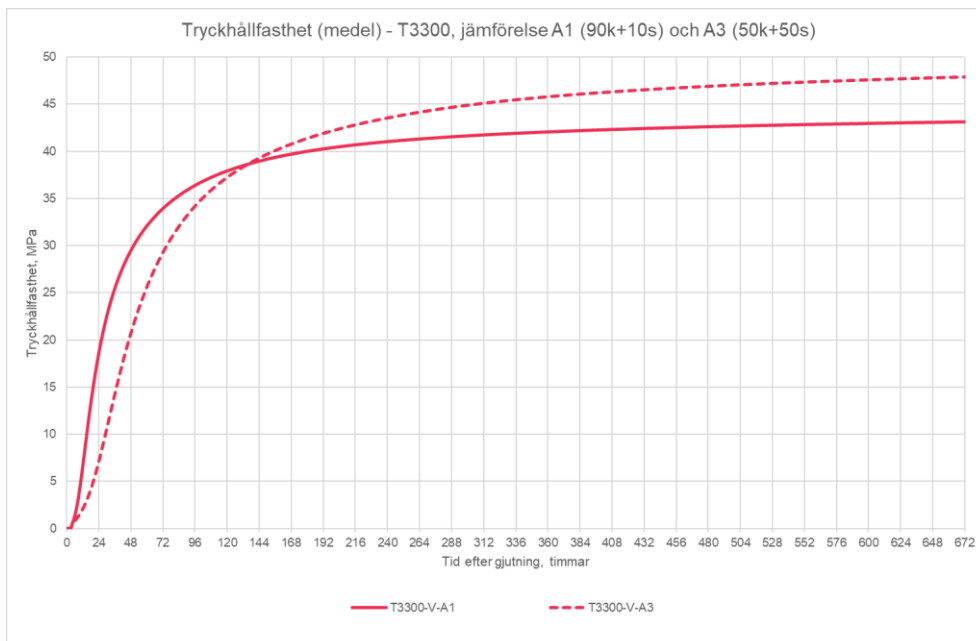
I Figur 12 nedan visas den beräknade tryckhållfastheten efter 2, 7 och 28-dygn för de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 vid aktuella förutsättningar. För att visa på ytterligheterna i studien redovisas i figuren det kalla temperaturfallet (K) för en vägg med tjocklek 250mm och det varma temperaturfallet för vindkraftsfundamentet med tjocklek 3300mm. De två ytterlighetsfallen illustrerar att andelen slagg ger olika effekt på hållfasthetsutvecklingen under den första tiden beroende på vilka temperaturförhållanden som råder.

Som ses i figuren har den tunna väggen med tjocklek 250 mm relativt likartat utseende, dvs. tryckhållfastheten blir lägre med ökad andel slagg vid 2, 7 respektive 28 dygn. Vid analys av vindkraftsfundamentet med tjocklek 3300 mm ses att efter 2 dygn blir tryckhållfastheten lägre med ökad andel slagg. Vid 7 dygn ses att tryckhållfastheten är ungefär lika oberoende av andel slagg för att efter 28 dygn vara högst för betongtyp A3 (50% slagg). Observera att betongtyp A3 även kommer att nå en högre tryckhållfasthet än betongtyp A1 även i den tunnare väggen men det kommer att ta avsevärt mycket längre tid innan det uppnås.



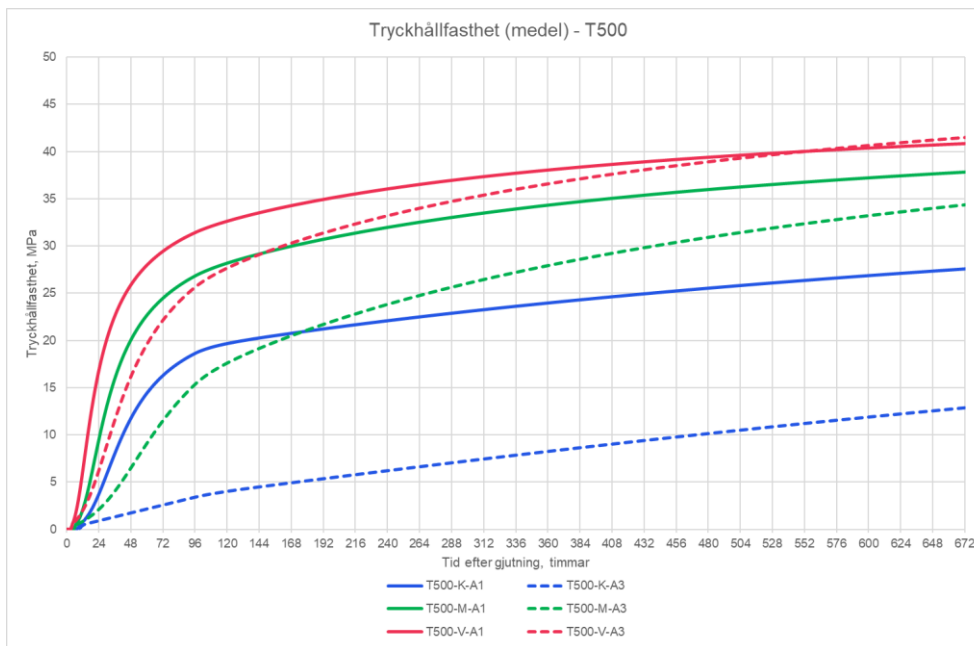
Figur 12: Beräknad tryckhållfasthet (medel) vid 2, 7 och 28 dygn för vägg med $t=250\text{mm}$ (temperaturfall K, M och V) och vindkraftsfundament med $t=3300\text{mm}$ (temperaturfall K, M och V).

Det senare beräkningsfallet med vindkraftsfundamentet illustreras även i Figur 13, där det tydligt framgår att betongtyp A3 (50 % slagg) inledningsvis har en långsammare hållfasthetsutveckling än betongtyp A1 (10 % slagg) för att efter omkring 5-6 dygn uppnått en likvärdig tryckhållfasthet och slutligen efter 28 dygn uppnå en tydligt högre tryckhållfasthet.



Figur 13: Jämförelse av hållfasthetsutveckling i vindkraftsfundament (T3300) för klimatförbättrad anläggningsbetong A1 resp. A3. Varmt temperaturfall.

Ovanstående fenomen i Figur 13 syns även för tunnare konstruktioner, vilket åskådliggörs i Figur 14 nedan genom exemplet för väggen med tjocklek 500 mm (typfall T500). I det varma temperaturfallet (V) kommer tryckhållfastheten för betongtyp A3 (50 % slagg) i kapp betongtyp A1 (10 % slagg) efter 20-25 dygn. Vår-/höstfallet (M) kommer att kräva ytterligare någon månad innan betongtyp A3 är i kapp och i vinterfallet (K) kommer det ta betydligt längre tid.



Figur 14: Jämförelse av hållfasthetsutveckling i vägg med tjocklek 500 mm (T500) för klimatförbättrad anläggningsbetong A1 resp. A3. Temperaturfall K, M och V.

7.3 Klimatförbättrad anläggningsbetong – Sprickrisk och temperatursprickåtgärder

7.3.1 Temperatursprickrisk

En av erfarenheterna av denna studie är att klimatförbättrad anläggningsbetong med hög andel slagg ger lägre värmeutveckling och en tydligt lägre maxtemperatur än betong utan eller med lägre andel slagg vid lika förutsättningar. För tunna och medelgrova konstruktioner ($t < 0,7$ m) resulterar den lägre värmeutvecklingen pga. hög andel slagg i en sänkning av temperatur-sprickrisken vid i övrigt lika förutsättningar. Vid grövre konstruktioner ($t \geq 0,7$ m) är det inte lika entydigt. Under den varmare perioden av året är erfarenheten att sprickrisken för betong med hög andel slagg kan ligga på samma nivå eller något högre jämfört med betong med lägre andel slagg vid lika förutsättningar, se avsnitt 6.4.

Beroende på andel slagg, konstruktionens tjocklek och erforderliga temperatursprickåtgärder är det inte säkert att det är samma temperaturfall (K, M eller V) som är dimensionerande avseende temperatursprickrisk utan detta måste utredas från fall till fall.

7.3.2 Temperatursprickåtgärder

7.3.2.1 Temperaturstyrning

Under vinterperioden erhålls en relativt låg värmeutveckling vid gjutning med klimatförbättrad anläggningsbetong med en högre andel slagg. Av denna anledning erfordras ofta extra åtgärder för att höja betongtemperaturen. Dessa åtgärder har som syfte att undvika risk för tidig frysning samt möjliggöra formrivning och uppnå aktuell härdningsklass inom rimlig tid. Utifrån erfarenheterna i denna studie ses att dessa

åtgärder ofta resulterar i att risken för temperatursprickor blir högre jämfört med om gjutning utförts med en betong utan eller med lägre andel slagg. Betongen utan eller med lägre andel slagg erfordrar dessutom inte dessa extra temperaturhöjande åtgärder.

Av de erforderliga temperatursprickåtgärder som utformats enligt avsnitt 3.3 ses att framför allt klimatförbättrad anläggningsbetong A3 (50 % slagg) under vinterperioden erfordrar mer omfattande och mer tidspåverkande åtgärder för produktionen än vad betong utan eller med lägre andel slagg medför. Sådana åtgärder kan t.ex. vara täckning med isolermattor och under betydligt längre tid innan avformning och avtäckning kan ske. Åtgärderna utförs inte bara för att höja temperaturen och tryckhållfastheten i konstruktionen utan även för att minska risken för temperaturrelaterad sprickbildning.

Vid gjutning under vinterperioden med klimatförbättrad anläggningsbetong med hög andel slagg bör alltså behovet av längre formrivningstider än normalt beaktas vid upprättande av produktionstidplaner.

7.3.2.2 Kylning

Vid gjutning med traditionell betong under vinterperioden är kylning en tänkbar åtgärd för att möjliggöra kortare formrivningstider och samtidigt begränsa risken för temperatursprickor. Erfarenheten från denna studie är att klimatförbättrad anläggningsbetong med låg andel slagg (10 %) kan kylas, genom ingjutna kylrör, med likartat resultat som vid kylning av traditionell anläggningsbetong utan slagg.

Vid kylning av klimatförbättrad anläggningsbetong med högre andel slagg (25 resp. 50 %) är erfarenheten från genomförda analyser att kylning förvisso sänker spänningskvoten, men medför att den redan låga värmeutvecklingen och långsamma hållfasthetsutvecklingen sänks ytterligare. Detta resulterar i högre risk för tidig frysning samt att erforderlig formrivningshållfasthet och härdningsklass inte uppnås vid normala formrivningstider (4-7 dygn). Ingjutna kylrör behöver i förekommande fall kombineras med extern uppvärmning och/eller att formen isoleras, vilket i sin tur får konsekvensen att formrivningstiden behöver förlängas för att inte överskrida tillåten nivå av temperatursprickrisk.

8 Diskussioner och rekommendationer

8.1 Diskussioner

8.1.1 Konventionell anläggningsbetong

De receptspecifika materialparametrarna för den konventionella anläggningsbetongen (referensbetong, ej klimatförbättrad) anses väl beprövade. Dessa materialparametrar har använts vid ett stort antal projekt i modern tid vid gjutning med betong baserad på Anläggningscement (CEM I). Temperatursprickåtgärder utformade utifrån dessa materialparametrar har visat sig fungera väl och med god överensstämmelse avseende temperatur- och hållfasthetsutveckling. Även resultat från sprickinventering av konstruktioner i skarpa projekt har visat på mycket god funktion och överensstämmelse i jämförelse med utförda temperatursprickanalyser. Vid förekomst av sprickbildning har detta kunnat påvisas genom uppföljande temperatursprickanalyser baserade på de verkliga förutsättningarna som rådde vid gjuttillfället.

Den konventionella betongen där bindemedlet baseras på enbart Anläggningscement (CEM I), dvs. utan alternativa bindemedel, kommer sannolikt mer eller mindre fasas ut genom den pågående klimatomställningen. Men då cementtypen fortfarande finns att tillgå och dessutom föreskrivs i vissa projekt så behövs tillgång till moderna materialparametrar för den traditionella och ej klimatförbättrade anläggningsbetongen.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för konventionell anläggningsbetong (CEM I), baserade på ovan nämnda receptspecifika materialparametrar.

8.1.2 Klimatförbättrad anläggningsbetong

Med klimatförbättrad betong avses betong där antingen en del av cementklinkern ersatts med alternativa bindemedel i samband med cementtillverkningen (klimatförbättrat cement) eller i samband med betongtillverkningen där cement ersätts med ett alternativt bindemedel som exempelvis slagg.

Receptspecifika materialparametrar som fanns att tillgå för denna betongtyp är:

- Betong med det klimatförbättrade cementet Anläggningscement FA (CEM II)
- Betong där en del av rent Anläggningscement (CEM I) ersatts med slagg (GGBS) vid betongtillverkning.

Båda varianterna ovan är väl beprövade i större skarpa projekt där materialparametrarna visat på god överensstämmelse avseende temperatur- och hållfasthetsutveckling jämfört med uppmätta resultat. Analyser av temperatursprickrisken har även de visat på god överensstämmelse i form av sprickfria konstruktioner.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I) och slagg (GGBS), vilka är baserade på ovan nämnda receptspecifika materialparametrar.

Generella materialparametrar som saknas och därmed inte tillhandahålls i detta projekt är klimatförbättrad betong innehållande det Anläggningscement FA och där en del av detta cement har ersatts med alternativa bindemedel som exempelvis slagg (GGBS). Provningar av betong med denna bindemedelskombination pågår i tidigare nämnt projekt ”BBT 2018-033”.

I avvaktan på generella materialparametrar från projekt ”BBT 2018-033” bör de generella materialparametrar som finns att tillgå (genom detta projekt) för klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement och slagg (GGBS) kunna nyttjas. Detta kan göras genom att utgå från den totala andelen tillsatsmaterial i den aktuella betongen. I likhet med principerna i standard SS 137003:2021 summeras mängden flygaska i Anläggningscement FA och den tillsatta mängden slagg (GGBS). Genom denna summering erhålls andelen alternativa bindemedlen i förhållande till den totala bindemedelshalten. Utifrån detta väljs generella materialparametrar för en klimatförbättrad anläggningsbetong (CEM I-cement + slagg), där andelen slagg (GGBS) överensstämmer med den aktuella betongens andel alternativa tillsatsmaterial.

8.1.2.1 Vintergjutningar

Erforderliga temperatursprickåtgärder för den klimatförbättrade anläggningsbetongen med Anläggningscement (CEM I) och större andel slagg har i denna studie visats vara starkt temperaturberoende. Under vinterperioden visar resultaten att åtgärderna blir mer omfattande och ibland komplicerade med längre form- och täckningstider än normalt vid gjutning med traditionell anläggningsbetong. En tänkbar lösning på detta problem kan t.ex. vara att begränsa användningen av betong med högre inblandning av slagg till varmare årstider, och använda betonger med lägre andel slagg (< 25%) under vinterperioden. De historiskt bevandrade känner möjligen till att Vulkancementet (slaggpörtlandcement) som producerades från 1950-talet till 1970-talet tillverkades enligt denna princip med olika andel slagg under året.

Betongtillverkarna i branschen är väl medvetna om denna vinterproblematik och sannolikt pågår utveckling av betongrecepturen för att minska effekten av detta problem. En tänkbar lösning kan vara användande av accelererande tillsatsmedel i betongen, vilket kan hjälpa betongen att komma i gång i kallare klimat. Dock skall man vara medveten om att detta förändrar betongens beteende och att de materialparametrar som tillhandahålls i detta projekt inte är avsedda att användas för betong med accelererande tillsatsmedel. Eventuell justering av materialparametrar, för att komma runt detta, rekommenderas inte utan mycket god kunskap om hur de olika parametrarna påverkar betongens beteende. I ett sådant fall kan provning av receptspecifika materialparametrar vara nödvändig.

En annan och framtida tänkbar lösning på vinterproblematiken (med låg värmeutveckling), för klimatförbättrad anläggningsbetong med högre andel slagg, kan vara att utveckla ett mer finmalt anläggningscement för att erhålla en högre värmeutveckling av cementreaktionen och på så sätt kompensera den lägre värmeutvecklingen som slaggtillsatsen medför.

8.1.2.2 Val av temperatursprickåtgärder

Vid analyserna i detta projekt har kylning med ingjutna kylrör använts som temperatursprickåtgärd i de fall risken för temperatursprickor varit för hög. Kylning av klimatförbättrad betong med högre andel slagg (ca. 50 %) har genom denna studie visat sig resultera i komplicerade lösningar där kylning ofta behöver kombineras med värmningsåtgärder. Detta problem består i att samtidigt som kylningen minskar risken för temperatursprickor så minskar kylningen även den redan långsamma temperatur- och hållfasthetsutvecklingen. Detta medför att framför allt betongtemperaturen i konstruktionens yttre delar behöver höjas genom värmningsåtgärder för att undvika tidig frysning samt för att uppnå aktuell härdningsklass inom rimlig tid.

En alternativ åtgärd till kylning är att gjuta in värmekablar i motgjuten konstruktion, vilket det inte funnits utrymme för att studera i detta projekt. Men det är tänkbart att uppvärmning av en motgjuten konstruktion lättare kan kombineras med värmning och/eller isolering av nygjuten betong. Detta för att samtidigt uppfylla krav på härdningsklass, risk för tidig frysning och temperatursprickrisk. Ingjutna värmekablar är en metod som inte är tillämpbar i lika många situationer som kylning, men är en möjlig lösning som bör beaktas.

Ett annat alternativ, som inte heller studerats i detta projekt, kan vara att använda sig av ingjutna kylrör, men i stället för att använda sig av ”kallvatten” anpassas vattentemperaturen för att inte erhålla en lika kraftig kylning av betongkonstruktionen.

8.1.3 Husbyggnadsbetong

AMA Hus föreskriver, i dagsläget, inte att risken för temperatursprickor skall beaktas. Det är dock inte ovanligt att temperatursprickåtgärder efterfrågas för exempelvis källarkonstruktioner som är utsatta för ensidigt vattentryck och därmed risk för vattenläckage. Husbyggnadsbetong är även möjlig att användas enligt AMA Anläggning EBE.2 (kategori B), där andra cement än Anläggningscement är tillåtna. I dessa fall krävs inte temperatursprickanalys av betongkonstruktionen men kan i vissa fall ändå efterfrågas av entreprenören.

De receptspecifika materialparametrar som fanns att tillgå i detta avseende är materialparametrar för betong med det äldre Bascementet innehållande flygaska, till skillnad från det nya Bascementet vilket innehåller kalkstensfiller. Materialparametrarna för det äldre Bascementet har dock nyttjats i ett stort antal husprojekt på senare tid, där det nya Bascementet alternativt Byggcement använts. I dessa fall har god överensstämmelse påvisats, varför dessa materialparametrar anses vara ändamålsenliga för de två senare cementtyperna.

I dagsläget saknas både receptspecifika och generella materialparametrar för klimatförbättrad husbyggnadsbetong, där Bascement eller Byggcement kombineras med alternativa bindemedel vid betongtillverkning. Eftersom husprojekt idag står för en relativt stor andel av användandet av klimatförbättrad betong och det är en vanlig betongtyp ses ett behov att utföra provningar av materialparametrar för klimatförbättrad husbyggnadsbetong med medelhög och större andel alternativa bindemedel.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för husbyggnadsbetong, vilka är baserade på ovan nämnda receptspecifika materialparametrar.

8.1.4 Självkompakterande betong

Receptspecifika materialparametrar för självkompakterande betong fanns att tillgå för såväl betong för husbyggande som för anläggningsbyggande. Dessa materialparametrar är baserade på cementprodukterna:

- Anläggningscement FA
- Bascement

Båda varianterna ovan är väl beprövade i ett stort antal skarpa projekt där de receptspecifika materialparametrarna visat på god överensstämmelse avseende temperatur- och hållfasthetsutveckling jämfört med uppmätta resultat. Analyser av temperatursprickrisken har även de visat på god överensstämmelse i form av sprickfria konstruktioner.

Självkompakterande betong (SKB) är ofta mer gynnsam med avseende på risk för temperatursprickor. En konstruktion gjuten med SKB kan ofta gjas utan kylning där samma konstruktion hade erfordrat kylning vid gjutning med en motsvarande betong som vibreras. Ur ett klimatperspektiv kan dock denna betongtyp vara mindre gynnsam då den inte sällan innehåller stora mängder cement.

Utveckling av klimatförbättrad SKB pågår, där cementmängden reduceras genom tillsats av alternativa bindemedel (ex. slagg), men finns för närvarande normalt inte att tillgå från mer än ett fåtal betongfabriker. Av denna anledning tillhandahålls inte heller generella materialparametrar för denna betongtyp. Men då efterfrågan ökar på både självkompakterande betong och klimatförbättrad betong så ses det som angeläget att denna typ av klimatförbättrad SKB inom snar framtid kan tillhandahållas i hela landet.

När klimatförbättrad SKB (med tillsats av exempelvis slagg) blir mer tillgänglig för branschen är det av stor vikt att ta fram generella materialparametrar även för denna betongtyp. Detta då klimatförbättrad SKB efterfrågas och därmed ses ta en större plats inom det framtida betongbyggandet. Utveckling av denna betongtyp är en viktig del i klimatarbetet som kommer ha en betydande påverkan på klimatbelastningen.

I detta projekt tillhandahålls generella materialparametrar för:

- Klimatförbättrad självkompakterande anläggningsbetong med Anläggningscement FA (utan slagg)
- Självkompakterande husbyggnadsbetong med Bascement eller Byggcement

De tillhandahållna generella materialparametrarna är baserade på ovan nämnda receptspecifika materialparametrar.

8.2 Rekommendationer

8.2.1 Klimatförbättrad anläggningsbetong med lägre andel slagg

Vid analyser av anläggningsbetong med relativt låg andel slagg (< 25 %) ses att betongen inte beter sig påtagligt annorlunda än icke klimatförbättrad betong. En något lägre maxtemperatur och ett lite mer utdraget temperaturförlopp kan förväntas, men produktionsmetoder behöver som regel inte anpassas i någon betydande grad med avseende på betongens temperaturutveckling.

Rekommendationen är att utforma temperatursprickåtgärder som för icke klimatförbättrad anläggningsbetong. Vid en andel slagg närmare 25 % kan dock extra täckning av konstruktionens ytor erfordras vid kall väderlek. Detta för att uppnå föreskriven formrivningshållfasthet och härdningsklass. Omfattningen av extra täckning är dock beroende på hur snabbt dessa kravställningar önskas uppfyllas.

8.2.2 Klimatförbättrad anläggningsbetong med hög andel slagg

Vid analyser av anläggningsbetong med högre andel slagg (25-50%) ses att den unga betongens beteende påverkas högst väsentligt vid gjutning i kall väderlek.

För grova till mycket grova konstruktioner ($t \geq 1000\text{mm}$) samt vid gjutning under sommarmånaderna kan oftast traditionella produktionsmetoder användas eftersom värmeutvecklingen i betongen ändå blir tillräcklig för att uppnå tex. en ofta önskad formrivningstid på 4 dygn.

Vid analys av slankare konstruktioner ses att produktionsmetoder behöver anpassas under vinterperioden. För södra delen av Sverige handlar det sannolikt om perioder ungefär från och med november till och med april. I norra Sverige är sannolikt denna period längre. Vid analys av slanka till grövre konstruktioner (ca 100-1000mm) under sen höst, vinter och tidig vår erfordras värmningsåtgärder i högre utsträckning än vad icke klimatförbättrad betong erfordrar. Värmningsåtgärderna i detta avseende erfordras för att förhindra tidig frysning och långsam hållfasthetstillväxt.

Åtgärder som kan bli aktuella är i sig inte några nya metoder, utan metoder som är väl bekanta för branschen, som exempelvis isolermattor, ingjutna värmekablar, och värmeaggregat. Skillnaden är att dessa åtgärder kan erfordras under tider på året då branschen inte är van vid att de behövs. Åtgärderna kan även vara mer omfattande, exempelvis tjockare isolering, varmare betong och längre täckningstider.

Rekommendationen är att i samband med val av klimatförbättrad betong med hög andel slagg studera de konsekvenser som den aktuella betongen kan innebära för framdriften i projektet. Utifrån erfarenheterna i denna studie är rekommendationen att försöka bibehålla den värme som genereras av cementhydratationen genom att täcka in konstruktionen. Denna temperatursprickåtgärd innebär ofta längre form- och täckningstider än normalt, men är att föredra före kylning av betongkonstruktionen, vilket inte sällan medför ännu längre tider. Orsaken till att kylning ofta resulterar i längre tider är att det samtidigt erfordras värmningsåtgärder för att förhindra tidig frysning av betongytan samt undvika långsam hållfasthetstillväxt.

8.2.3 Sammanfattande rekommendation

De receptspecifika materiaparametrarna har vid analyser i detta projekt visat på god överensstämmelse med mätningar i de skarpa projekt där de använts. De generella materialparametrarna tillhandahållna i detta projekt anses därmed vara representativa för aktuella betongtyper enligt nedan.

- Anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I)
- Klimatförbättrad självkompakterande anläggningsbetong med Anläggningscement FA (CEM II)
- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement FA (CEM II) utan slagg (GGBS)
- Klimatförbättrad anläggningsbetong med Anläggningscement (CEM I) och slagg (GGBS)
- Husbyggnadsbetong med Bascement eller Byggcement (CEM II)
- Självkompakterande husbyggnadsbetong med Bascement eller Byggcement (CEM II)

Avseende temperatursprickåtgärder vid användning av klimatförbättrad anläggningsbetong är rekommendationen följande:

- Temperatursprickåtgärder för klimatförbättrad anläggningsbetong med lägre andel alternativa bindemedel (< 25%) kan ofta utformas på liknande vis och i ungefär samma omfattning som vid gjutning med icke klimatförbättrad betong, baserad på rent Portlandcement (CEM I) och utan tillsatsmaterial. Denna slutsats gäller i de flesta fall under hela året.
- Vid användning av klimatförbättrad anläggningsbetong med högre andel alternativa bindemedel (25-50%) erfordras vintertid temperatursprickåtgärder som är mer omfattande och mer komplicerade än vid gjutning med icke klimatförbättrad betong. Exempelvis erfordras ofta längre form- och täckningstider än normalt. Under sommarhalvåret fungerar vanligtvis normala temperatursprickåtgärder som vid gjutning med traditionell betong (ej klimatförbättrad).

Slutligen rekommenderas att, i god tid och i samråd med entreprenören, studera de konsekvenser som klimatförbättrad betong kan innebära för framdriften i projektet. Detta gäller framför allt klimatförbättrad betong med högre andel slagg och vid gjutningar under vinterhalvåret. Detta rekommenderas för att entreprenören skall ha möjlighet att förbereda sig och planera för åtgärder som kan erfordras.

Referenser

Al-Gburi M (2014) Restraint in structures with young concrete: Tools and estimations for practical use. Licentiate Thesis, September 2014. 106 pp. ISBN 978-91-7439-977-6.

Bažant Z P, Wu S T (1974) *Rate-type creep law for aging concrete based on Maxwell-Chain*, Materials and Structures (RILEM, Paris), Vol 7. No. 37.

Bažant Z P, Chern J (1985) *Concrete Creep at Variable Humidity – Constitutive Law and Mechanisms*, Materials and Structures, Vol 18.

Ekerfors K (1995) Mognadsutveckling i ung betong. Temperaturkänslighet, hållfasthet och värmeutveckling. 1995:34L.

Emborg M et al. (1997) *Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del A, B och C*, Teknisk rapport 1997:02, Institutionen för Väg- och vattenbyggnad, Avdelningen för konstruktionsteknik, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Emborg M et al. (2023) Trafikverkets och Anläggning AMAs metoder för undvikande av tidig sprickbildning i betong – nyutveckling m h t miljökriterier, BBT (LTU, Trafikverket, Cementa och Betongindustri), preliminär rapport daterad 2023-01-18

Fjellström P (2013) *Measurement and Modelling of Young Concrete Properties*, Licentiate Thesis, Dept. of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden. May 2013. 121 pp. ISBN 978-91-7439-644-7.

Hedlund H (1996) Stresses in High Performance Concrete due to Temperature and Moisture Variations at Early Ages. 1996:38L.

Hedlund H (2000) *Hardening Concrete – Measurements and Evaluation of Non-Elastic Deformation and Associated Restraint Stresses*, Doctoral Thesis, Dept. of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Hösthagen A (2017) Thermal Crack Risk Estimation and Material Properties of Young Concrete, Licentiate Thesis, September 2017. 196 pp., ISBN: 978-91-7583-951-6

Jonasson J-E (1994) *Modelling of Temperature, Moisture and Stresses in Young Concrete*, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, Doctoral Thesis 1994:153D.

Jonasson J-E, Westman G (2001) *Conversion of Creep Data to Relaxation Data by the Program RELAX*, IPACS Document, TG 3.2/1, Dept. of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, Luleå University of Technology, Luleå.

Jonasson J-E et al. (2001) *Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del D*, Teknisk rapport 2001:14, Institutionen för Väg- och vattenbyggnad, Avdelningen för konstruktionsteknik, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Jonasson J-E et al. (2001) *Temperatursprickor i betongkonstruktioner, Del E*, Teknisk rapport 2001:14, Institutionen för Väg- och vattenbyggnad, Avdelningen för konstruktionsteknik, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Larson M (2000) Estimation of Crack Risk in Early Age Concrete. Simplified methods for practical use. 2000:10L.

Larson M (2003) *Thermal Crack Estimation in Early Age Concrete – Models and Methods for Practical Application*, Doctoral Thesis 2003:20, Dept. of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Nilsson M (2000) *Thermal crackning of young concrete*, Licentiate Thesis 2000:27, Dept. of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Nilsson M (2003) *Restraint factors and partial coefficients for crack analyses of early age concrete structures*, Teknisk rapport 2003:11, Dept. of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Nilsson M et al. (2015) *Tvång för sprickanalyser*, SBUF ID:11618, Avdelningen för byggkonstruktion och -produktion, Konstruktion, Institutionen för Samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Olofsson J, Hedlund H, Uhlan M (2002) *Concrete cast on rock*, IPACS Report BE96-3843/2002:79-6, Dept. of Civil and Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology (LTU), Luleå, Sweden.

Stelmarczyk M, Rapp T, Hedlund H (2022) *Analys av spänningsberäkning i ConTeSt och framtagning av prototyp för Produktplanering Betong*, SBUF ID:14016.

Utsi S (2003) *Self-Compacting Concrete - Properties of fresh and hardening concrete for civil engineering applications*. 2003:19L.

Vogt C et al. (2010) *Beständiga undervattensgjutna kajkonstruktioner*, SBUF ID:11940.

Westman G (1995) *Thermal cracking in high performance concrete. Viscoelastic models and laboratory tests*. 1995:27L.

Bilaga A: Resultat - Temperatursprickanalyser

Resultat från samtliga typfall redovisas nedan. I resultaten i denna bilaga namnges de olika betongtyperna enligt benämningen i nedanstående tabell.

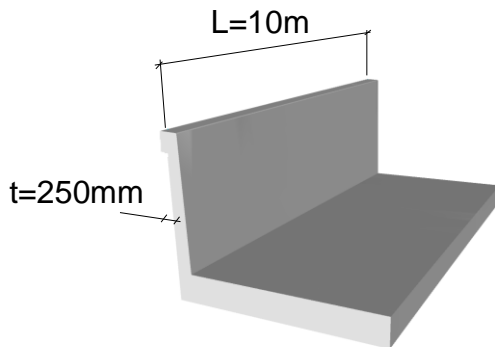
Betong	Benämning
A1: Klimatförbättrad anläggningsbetong C32/40 med 10% slagg	90K+10S
A2: Klimatförbättrad anläggningsbetong C32/40 med 25% slagg	75K+25S
A3: Klimatförbättrad anläggningsbetong C32/40 med 50% slagg	50K+50S
H1: Husbyggnadsbetong C32/40 med Bascement (14% flygaska)	BAS
H2: Husbyggnadsbetong SKB C32/40 med Bascement (14% flygaska)	BAS SKB
R: Anläggningsbetong C35/45 (referens) med 100% CEM I	Referens (Slite)

Innehåll

A.1	Typfall T250-R044 (Betongtyper A1, A2, A3, R)	61
A.1.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	62
A.1.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	65
A.1.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	68
A.2	Typfall T500-R025 (Betonger A1, A2, A3, R)	71
A.2.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	72
A.2.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	75
A.2.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	77
A.3	Typfall T500-R044 (Betongtyper A1, A2, A3, H1, H2, R)	79
A.3.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	80
A.3.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	84
A.3.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	88
A.3.4	Specialfall, S (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	92
A.4	Typfall T500-R051 (Betonger A1, A2, A3, R)	97
A.4.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	98
A.4.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	100
A.4.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	102
A.5	Typfall T500-R055 (Betonger A1, A2, A3, R)	104
A.5.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	105
A.5.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	107
A.5.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	109
A.6	Typfall T700-R025 (Betonger A1, A2, A3, R)	111
A.6.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	112
A.6.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	115
A.6.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	117
A.7	Typfall T1000-R011 (Betonger A1, A2, A3, R)	119
A.7.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	120
A.7.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	122
A.7.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	124
A.8	Typfall T3300-R000 (Betonger A1, A2, A3, R)	126
A.8.1	Vinter, K (Tluft =-5°C, Tgjut=10°C)	127
A.8.2	Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)	130
A.8.3	Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)	132

A.1 Typfall T250-R044 (Betongtyper A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 250 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 10 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{dim} = 0,44$.

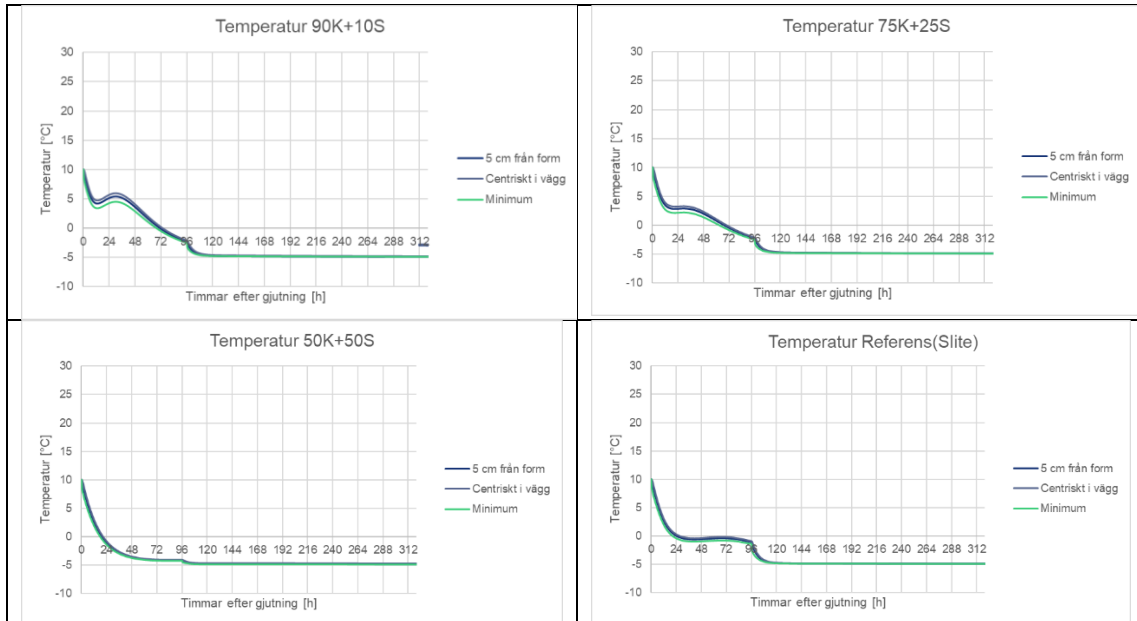


Analyserade betongtyper för detta typfall är klimatförbättrad anläggningsbetong A1-A3 samt referensbetong R.

Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

A.1.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut = 10°C)

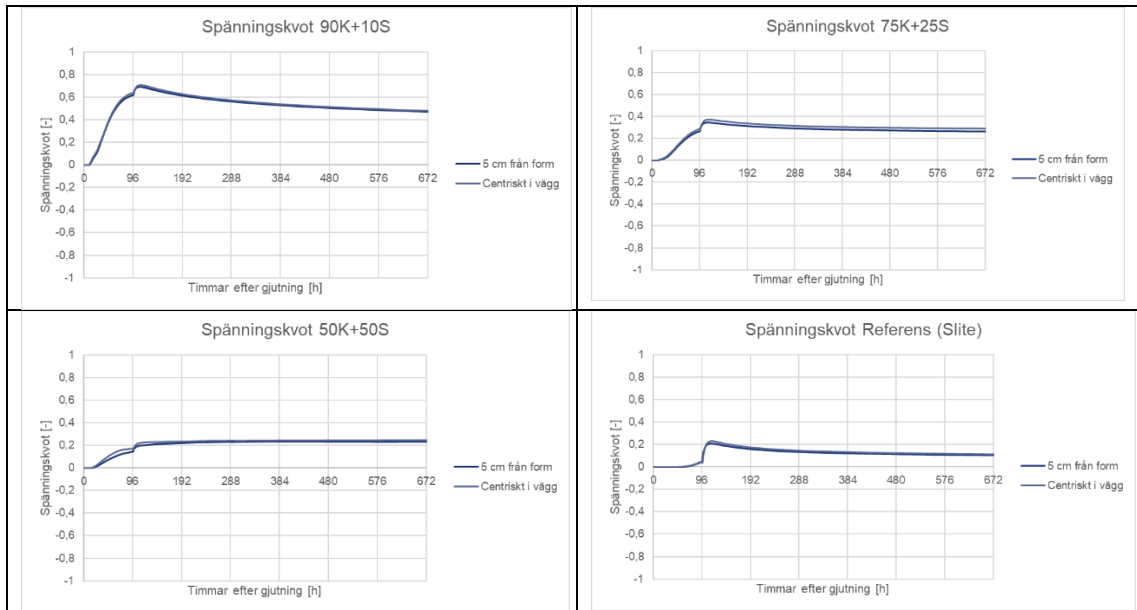
A.1.1.1 Temperaturutveckling



Kommentar: Vid lufttemperatur på -5°C och gjuttemperatur +10°C lyckas ingen av de analyserade betongtyperna att ta sig över den initiala gjuttemperaturen. Samtliga betongtyper tappar i temperatur direkt från gjutstart eftersom värmeutvecklingen inte är tillräcklig. Temperatursänkningens storlek ökar med ökat slagginnehåll.

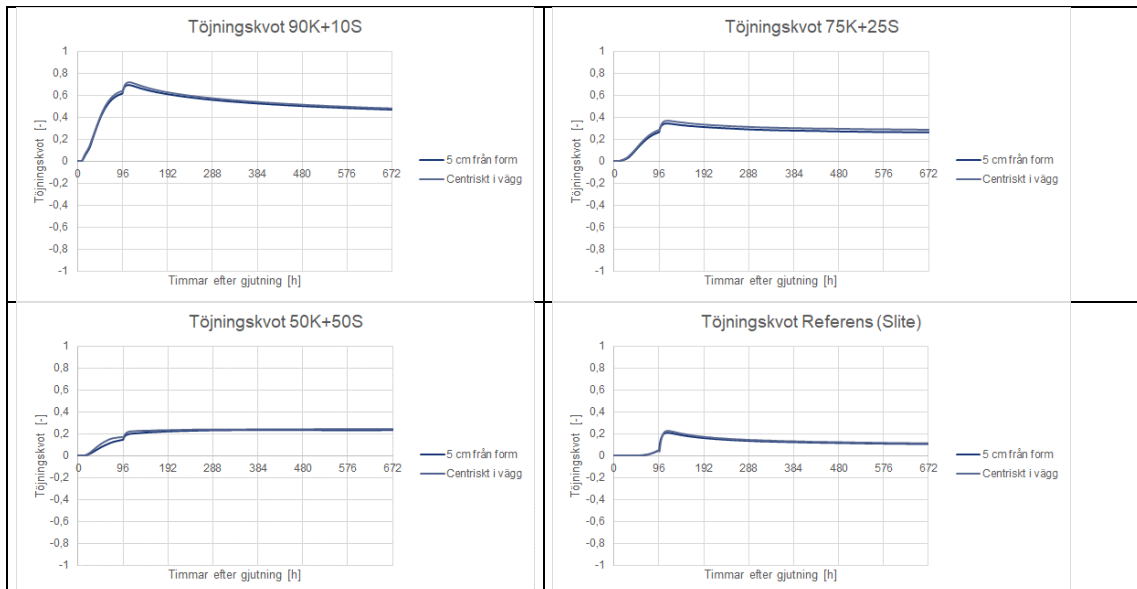
Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) och referensbetongen R riskerar tidig frysning, dvs. betongen riskerar frysa innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnås.

A.1.1.2 Spänningskvot



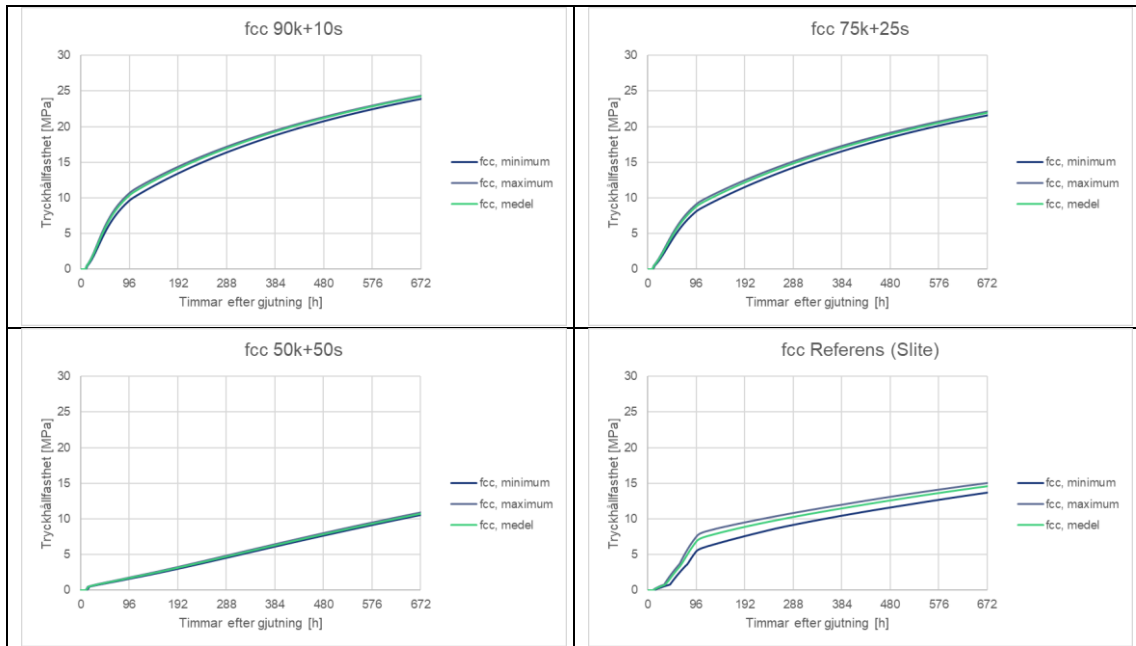
Kommentar: Lägst spänningskvot uppnås för referensbetongen R och den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s), vilket är förväntat eftersom dessa har den svagaste temperaturutvecklingen. Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

A.1.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.1.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

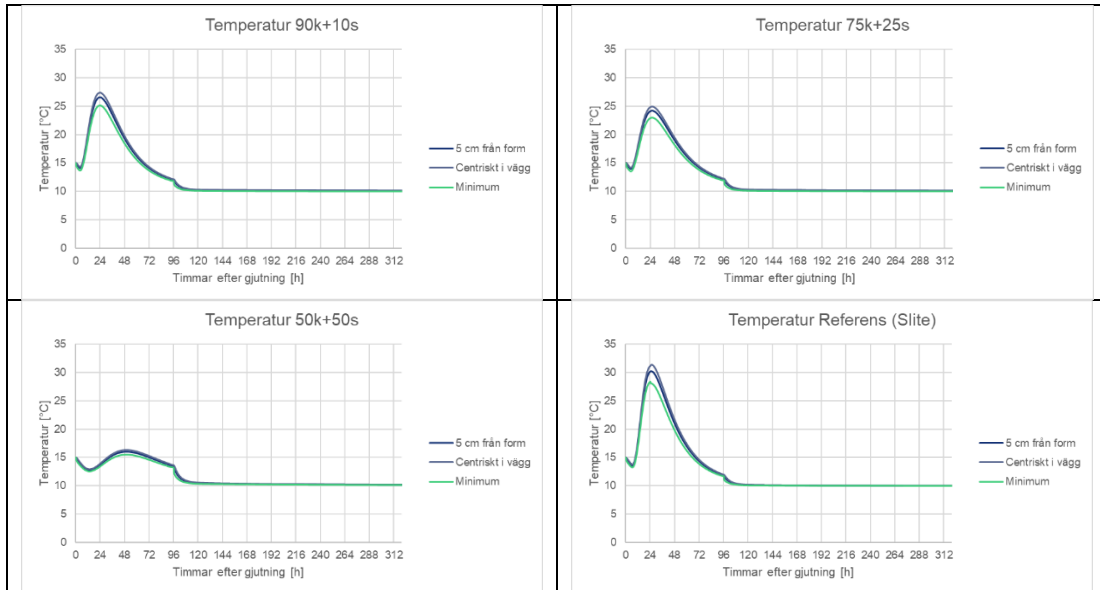


Kommentar: Vid jämförelse av de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Ingen av betongtyperna uppfyller härdningsklass 3 (20 MPa) vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

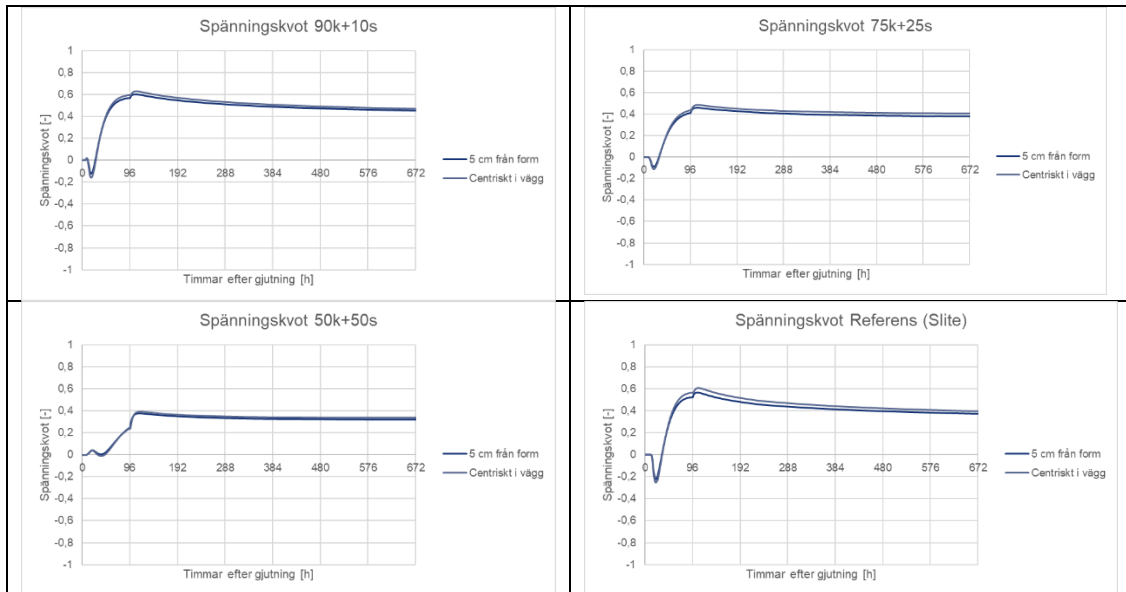
A.1.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.1.2.1 Temperaturutveckling



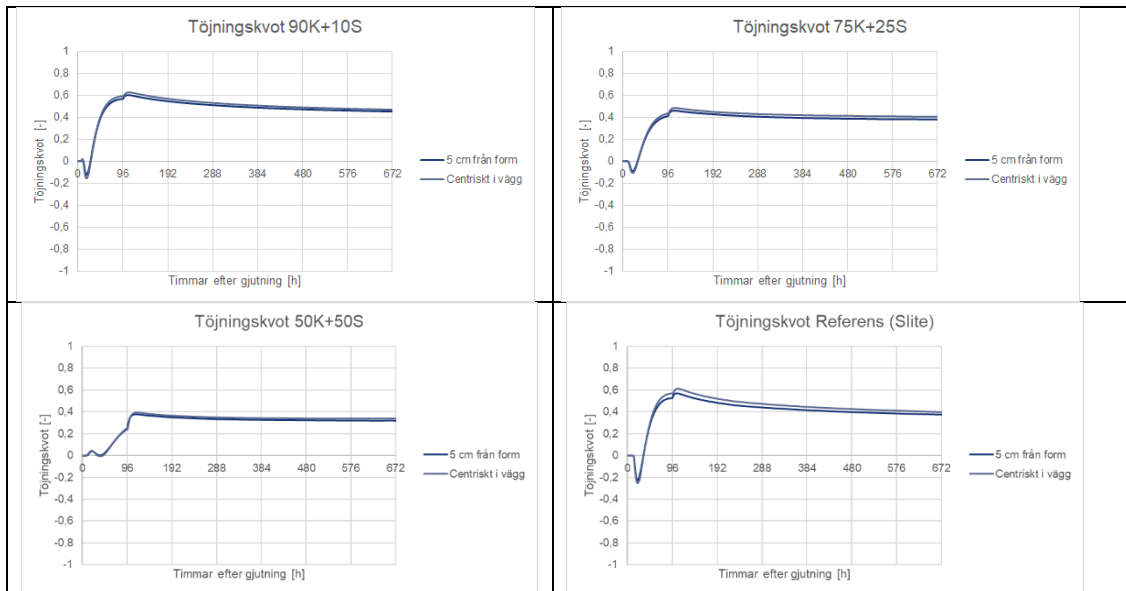
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper enligt förväntan, dvs. minskar med ökad slaggblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

A.1.2.2 Spänningskvot



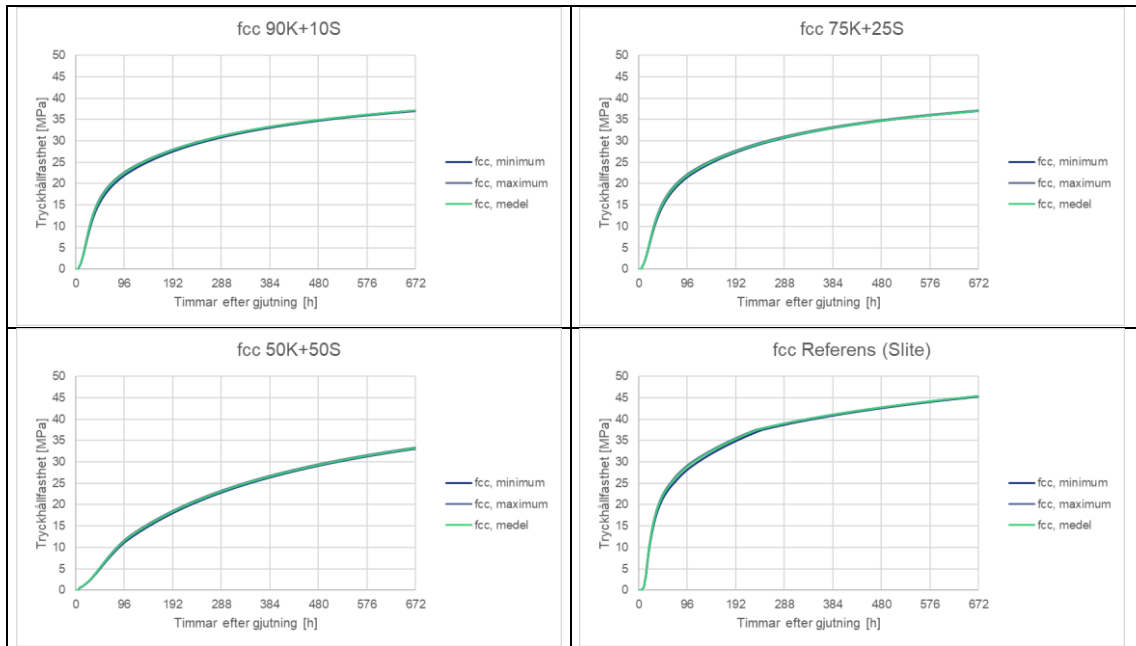
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Slagginblandning på 10% i betong A1 ses inte ha någon större inverkan på spänningskvoten jämfört med referensbetongen R.

A.1.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.1.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

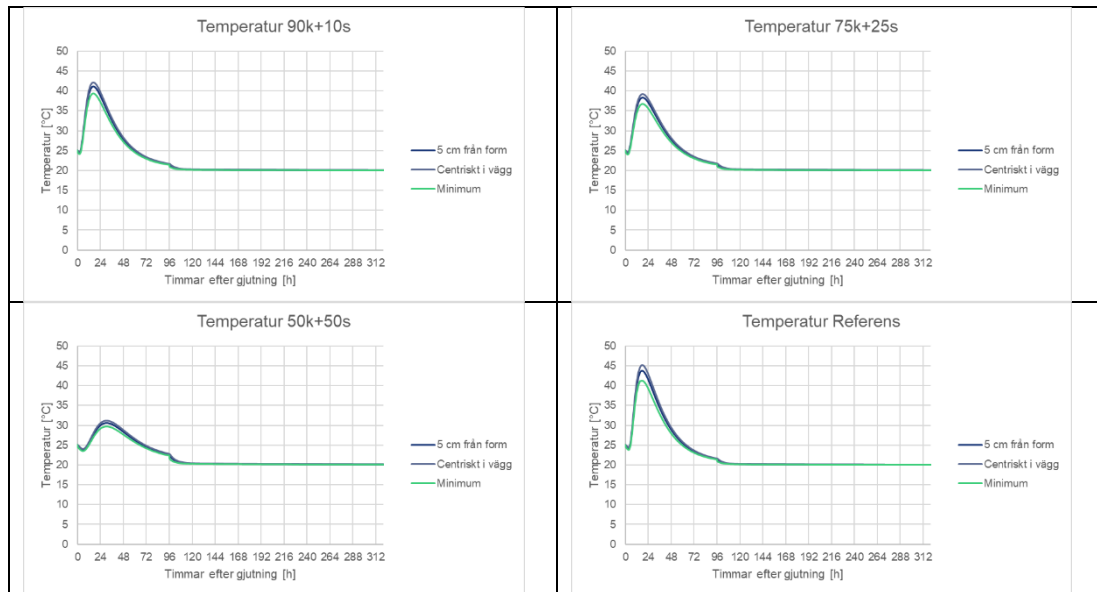


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade betongtyperna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Betongtyp A3 (50K+50S) uppfyller ej härdningsklass 3 (20 MPa) vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

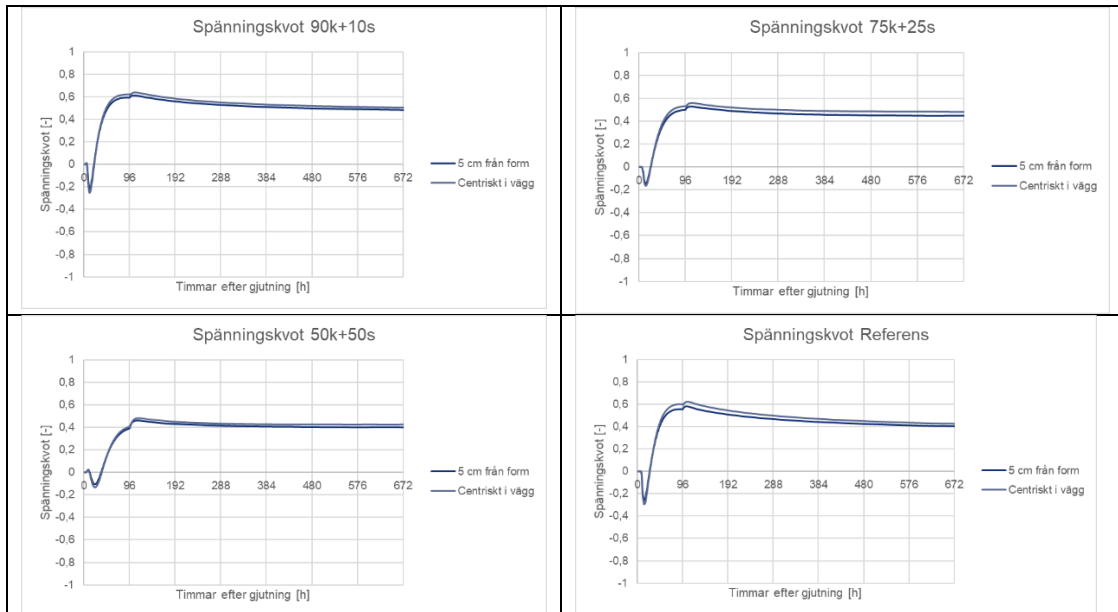
A.1.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.1.3.1 Temperaturutveckling



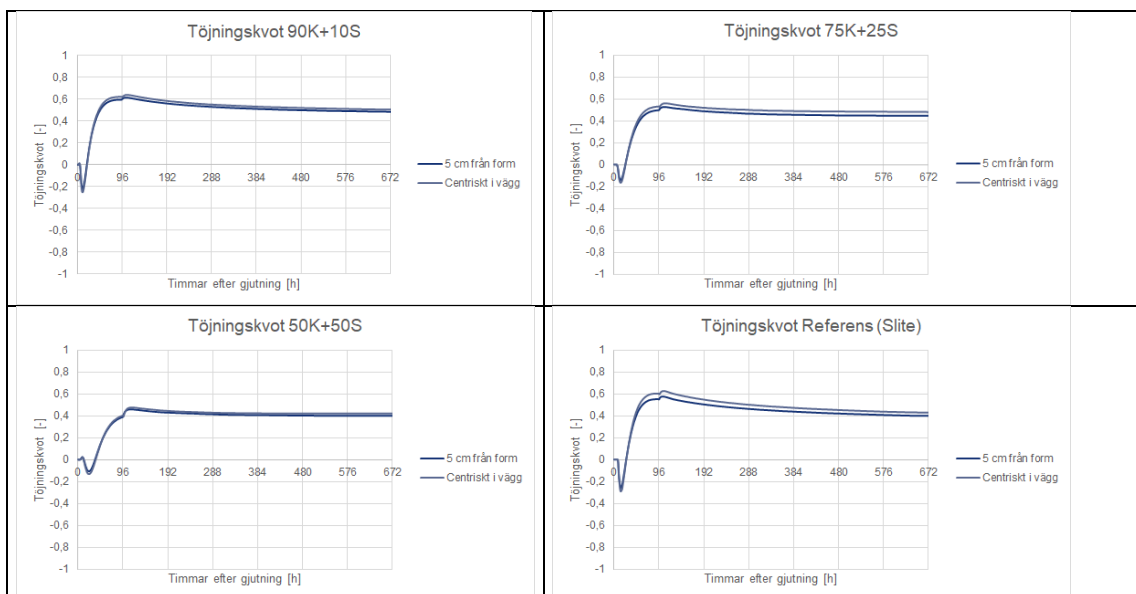
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som förväntat, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum nås för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slagginblandning för betongtyperna A1-A3.

A.1.3.2 Spänningskvot



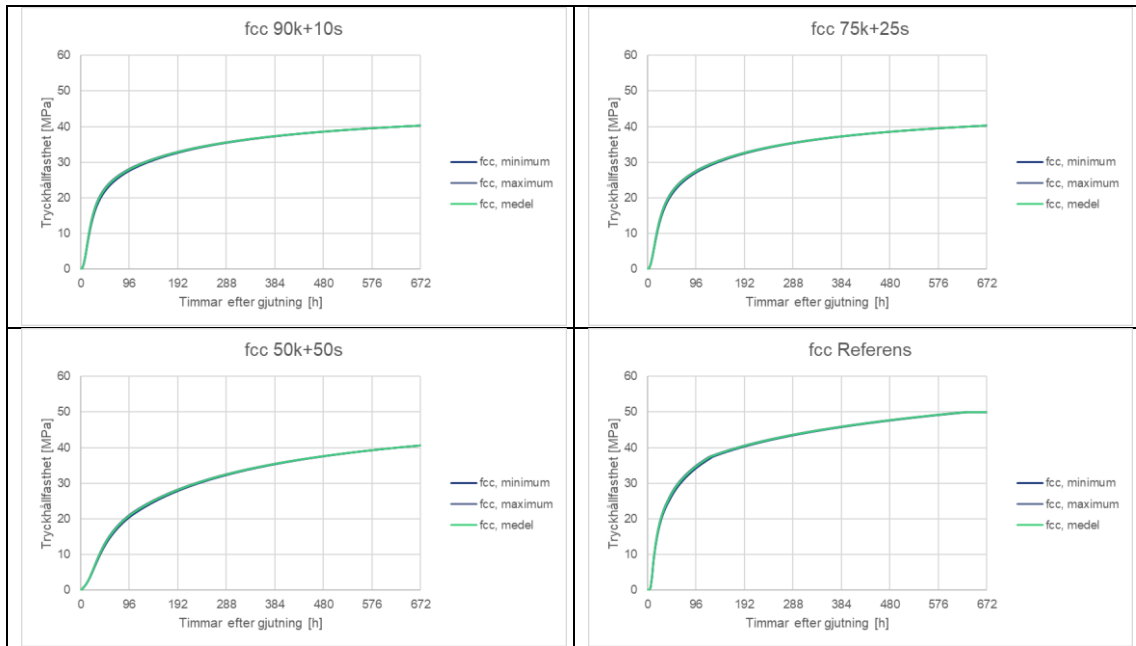
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Slagginblandning på 10% i betongtyp A1 ses inte ha någon större inverkan på spänningskvoten jämfört med referensbetongen R.

A.1.3.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.1.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

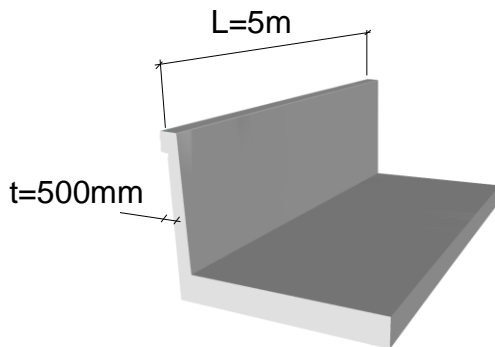


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Samtliga betongtyper uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

A.2 Typfall T500-R025 (Betonger A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 500 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 5 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{dim} = 0,25$.

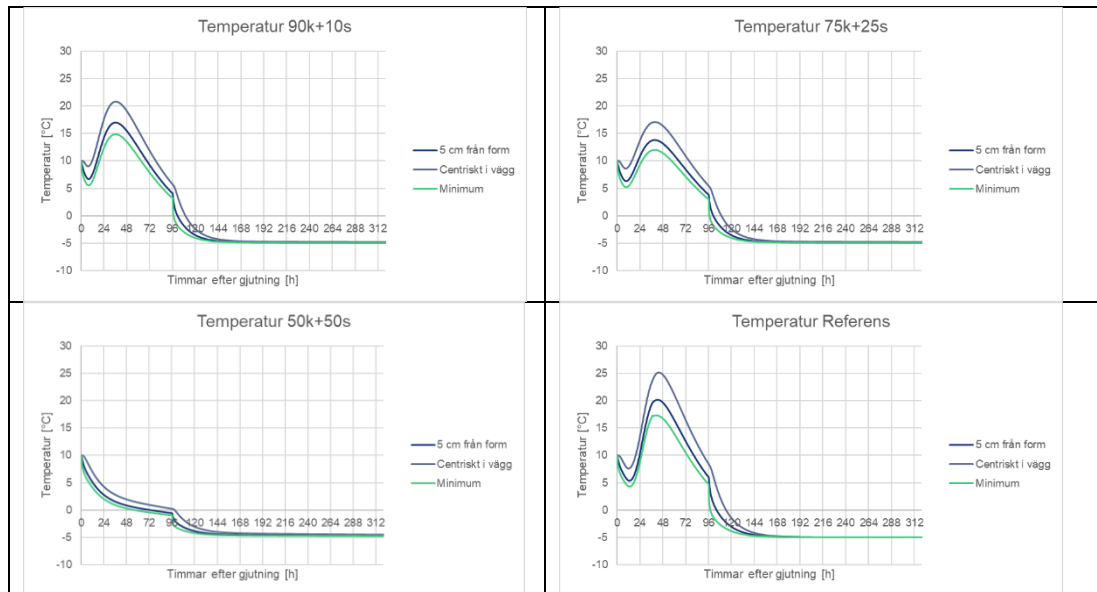


Analyserade betongtyper är de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 samt referensbetongen R.

Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

A.2.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut = 10°C)

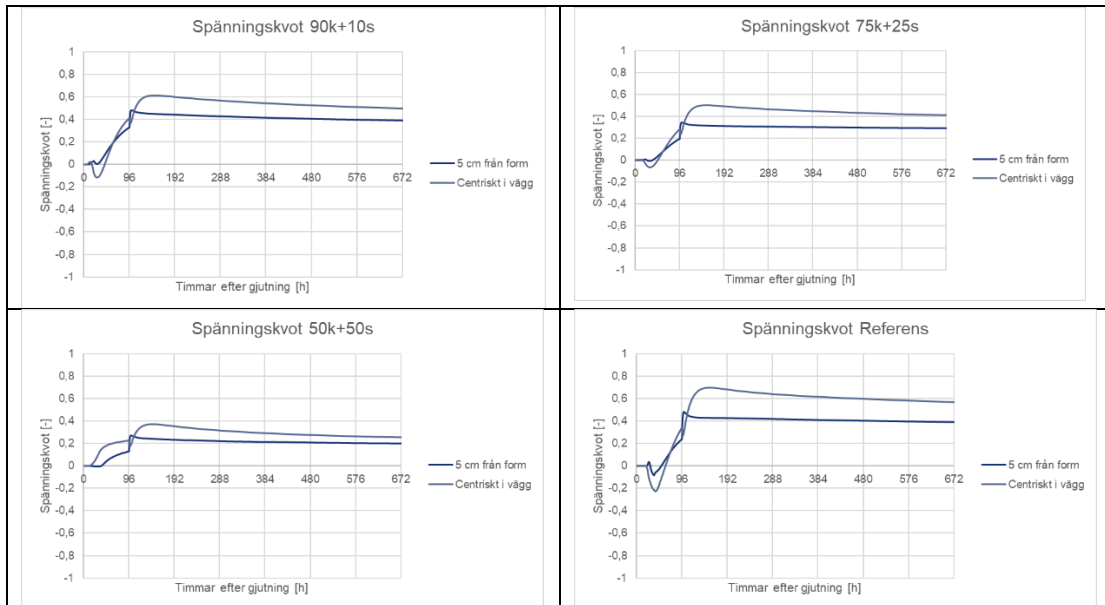
A.2.1.1 Temperaturutveckling



Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

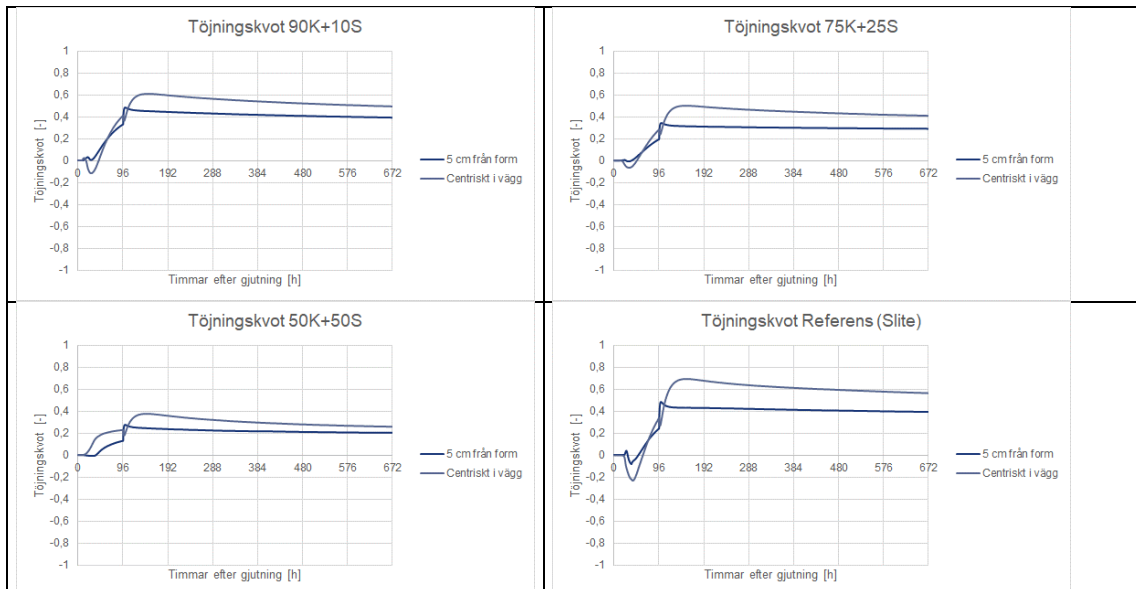
Den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s) riskerar tidig frysning, dvs. betongen riskerar frysa innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnås.

A.2.1.2 Spänningskvot



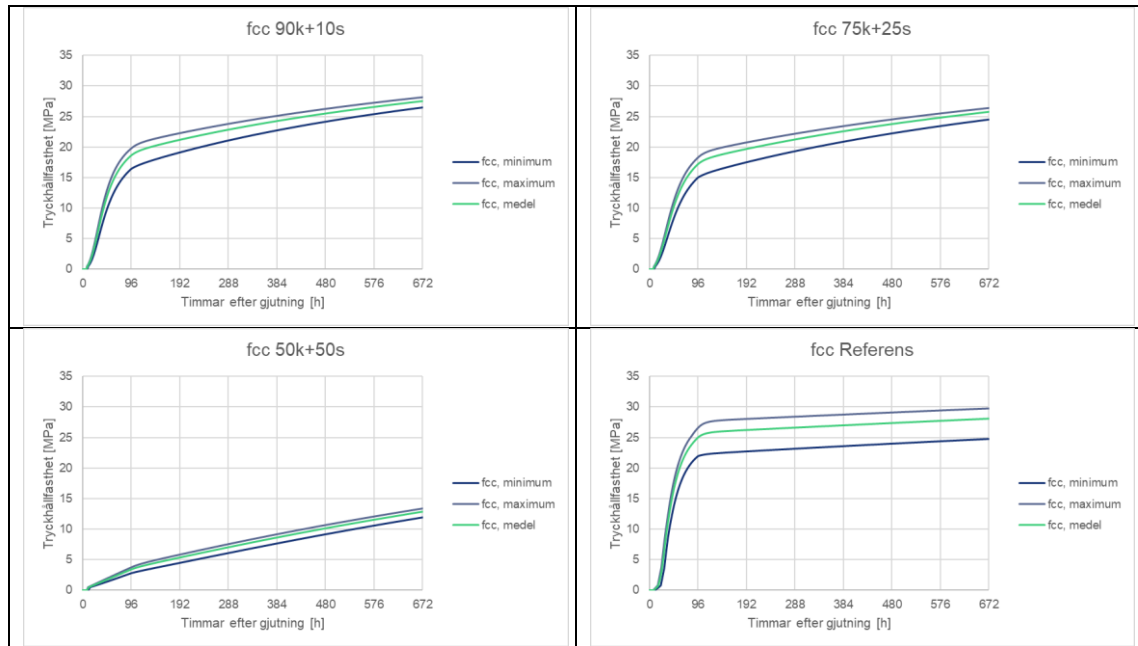
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

A.2.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.2.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

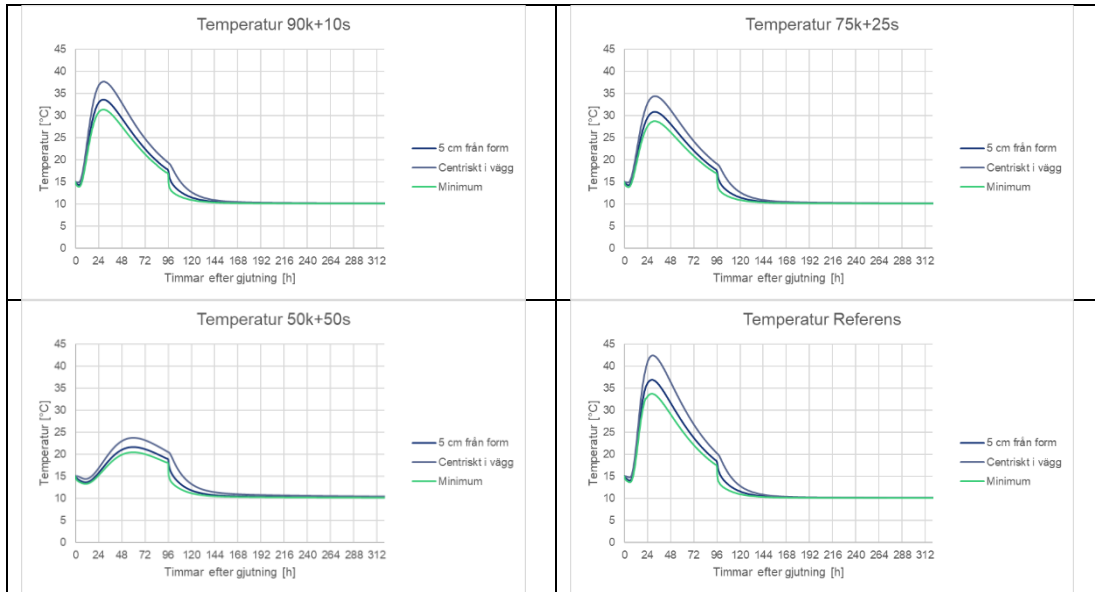


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Av de analyserade betongtyperna är det endast referensbetongen R som uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet. Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) är dock nära att uppfylla kravet.

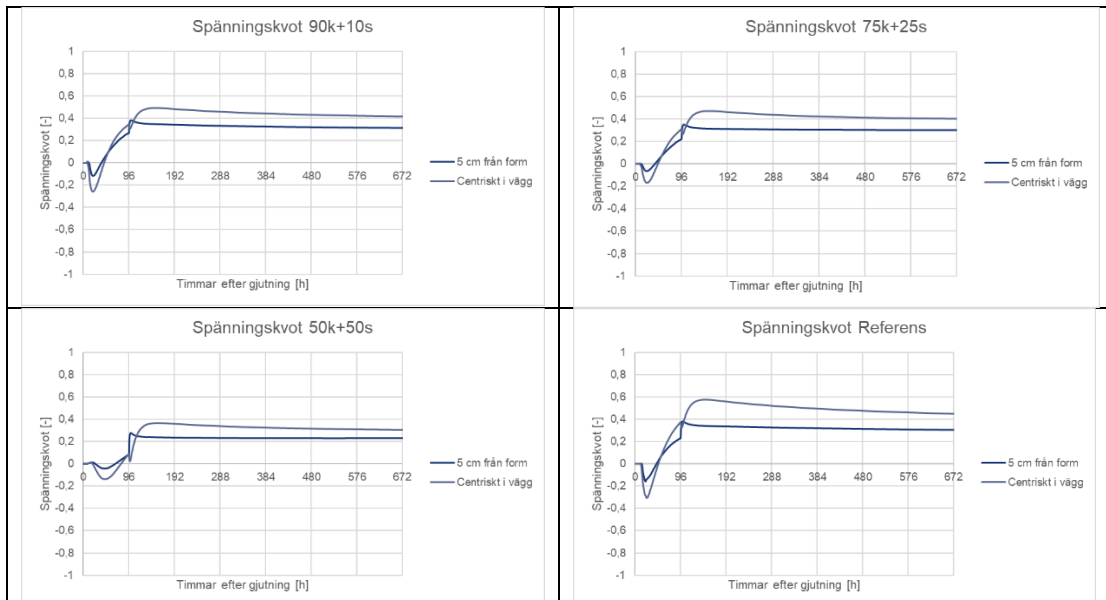
A.2.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.2.2.1 Temperaturutveckling



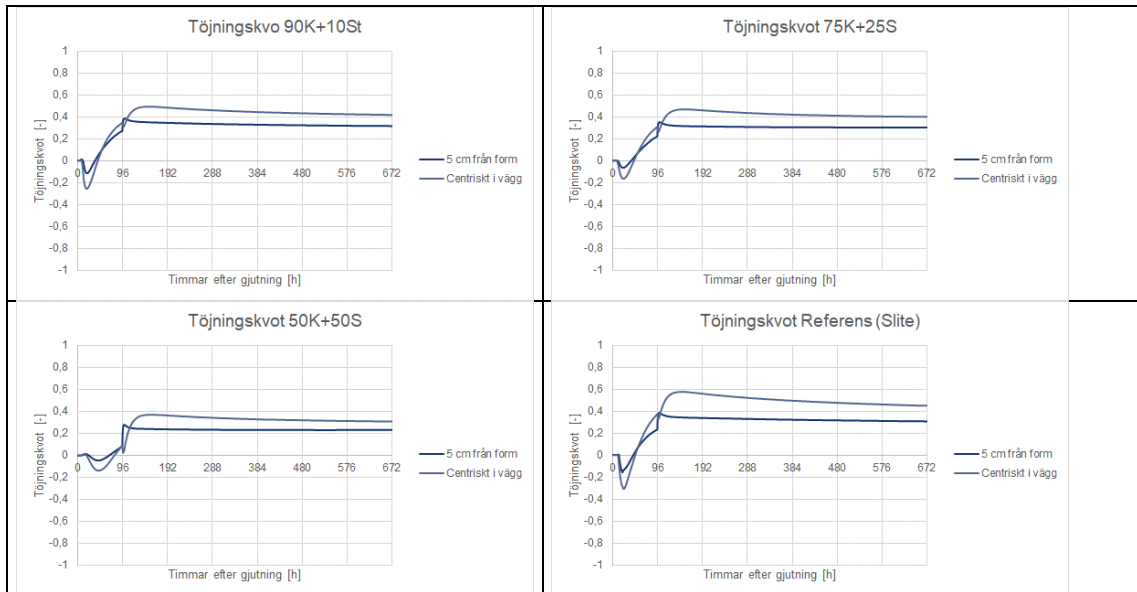
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

A.2.2.2 Spänningskvot



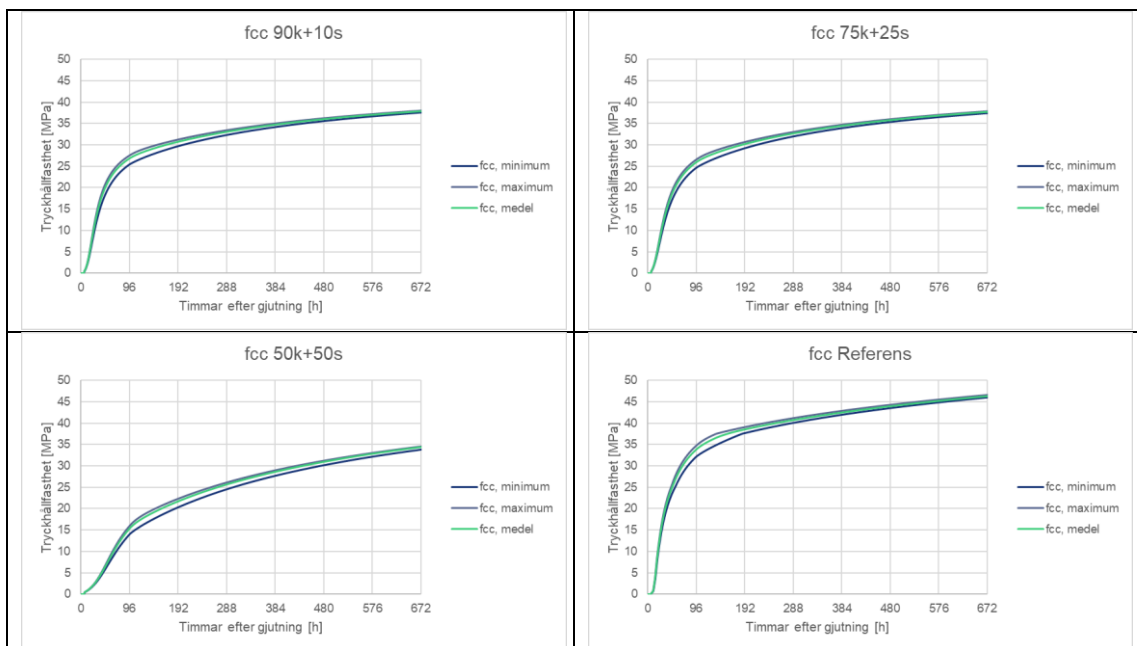
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

A.2.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.2.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

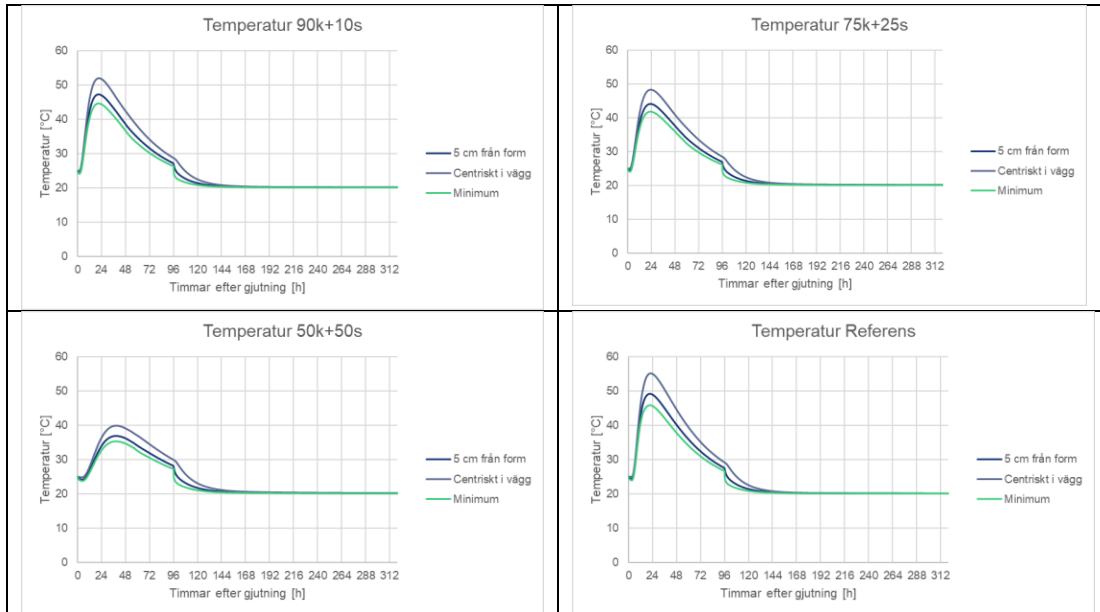


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Av de analyserade betongtyperna är det endast betongtyp A3 (50k+50s) som inte uppfyller härdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

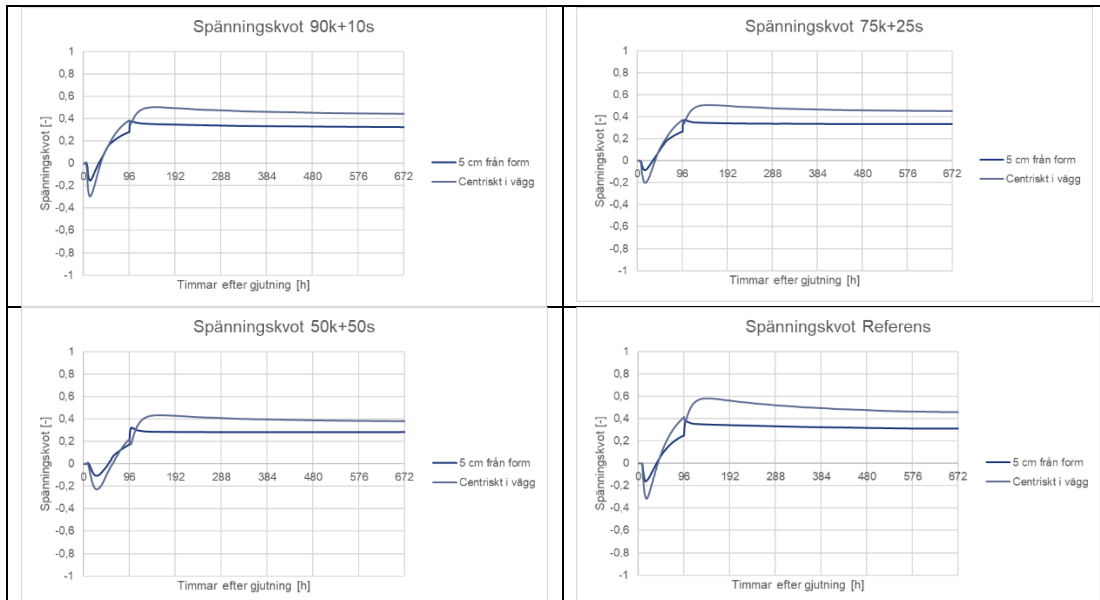
A.2.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.2.3.1 Temperaturutveckling



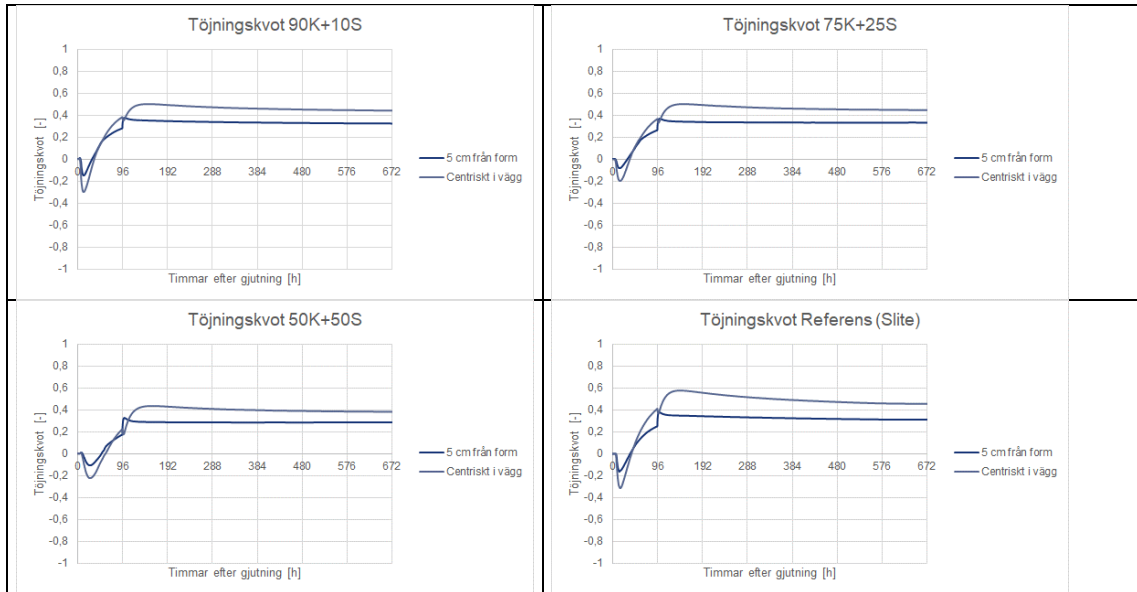
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slagginblandning för betongtyperna A1-A3.

A.2.3.2 Spänningskvot



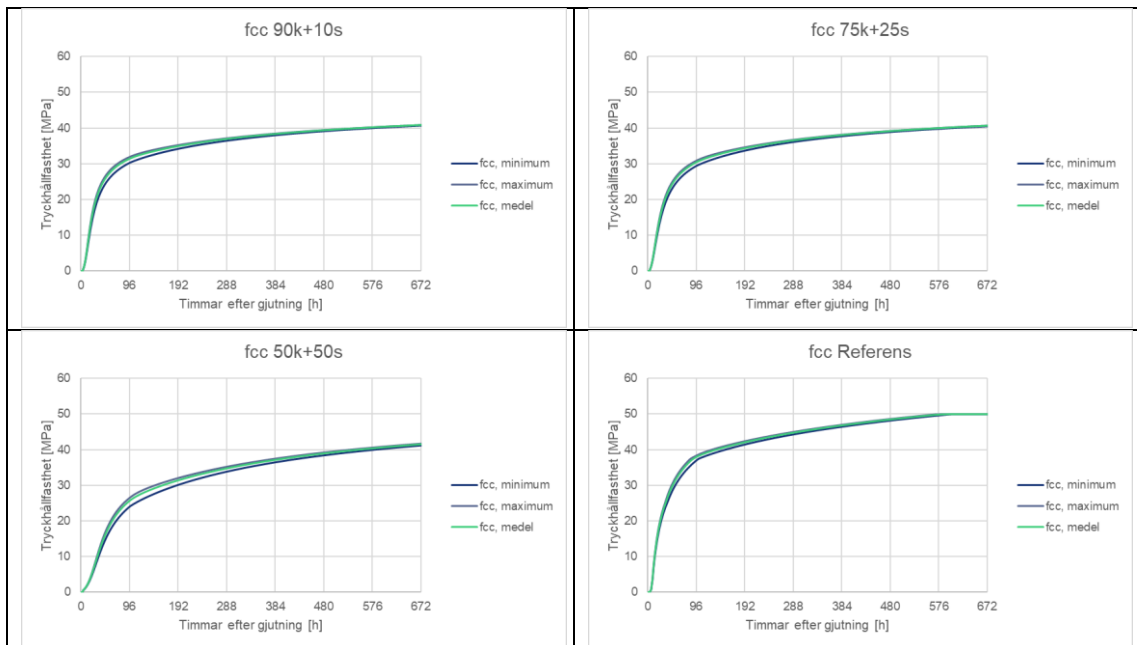
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Dock är spänningskvoten för betongtyp A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) relativt lika.

A.2.3.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.2.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

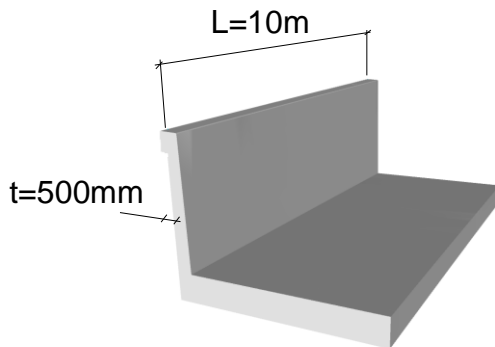


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Samtliga betongtyper uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

A.3 Typfall T500-R044 (Betongtyper A1, A2, A3, H1, H2, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 500 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 10 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{dim} = 0,44$.

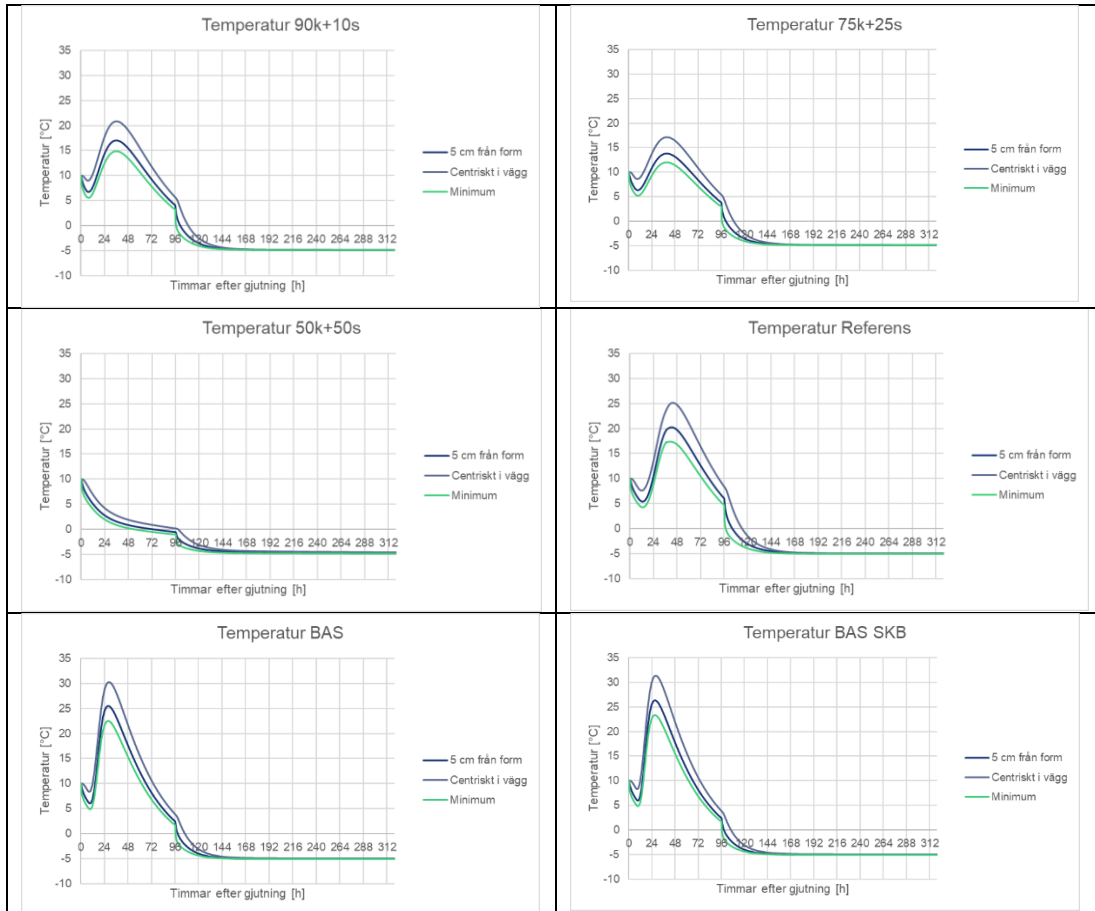


Analyserade betongtyper är de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3, husbyggnadsbetongerna H1 och H2 samt referensbetongen R.

Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M), ett sommarfall (V) samt ett specialfall (S). Vid analys av specialfallet (S) anpassas temperatursprickåtgärderna för att uppfylla de tre kriterierna spänningkvot $\leq 0,70$, risk för tidig frysning (5 MPa före $T_{btg} < +5^{\circ}\text{C}$) och härdningsklass 3.

A.3.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut=10°C)

A.3.1.1 Temperaturutveckling

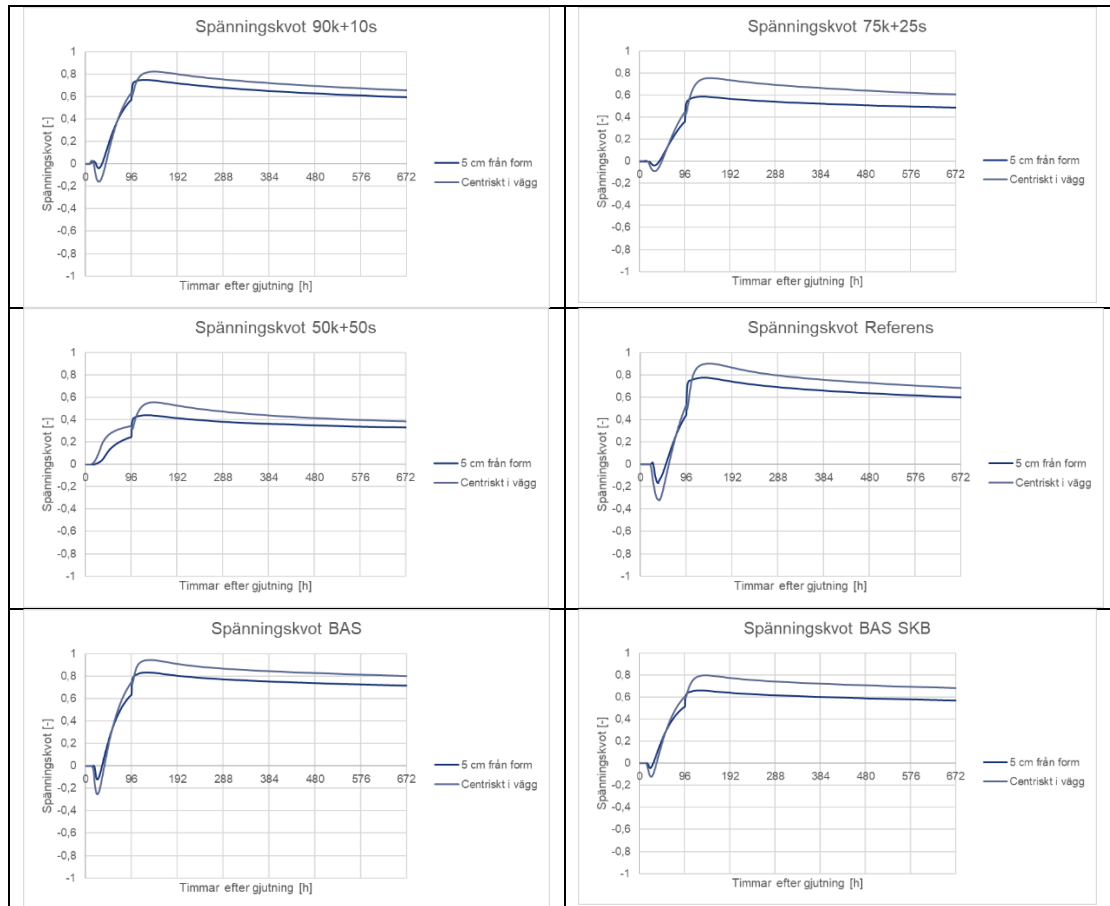


Kommentar: Temperaturutvecklingen för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

Husbyggnadsbetongerna med Basement H1 och H2 ger som förväntat högre temperaturutveckling än anläggningsbetongerna. Temperaturmaximum nås även tidigare än för anläggningsbetongerna A1-A3 och R.

Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50K+50S) riskerar tidig frysning, dvs. betongen riskerar frysa innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnås.

A.3.1.2 Spänningskvot

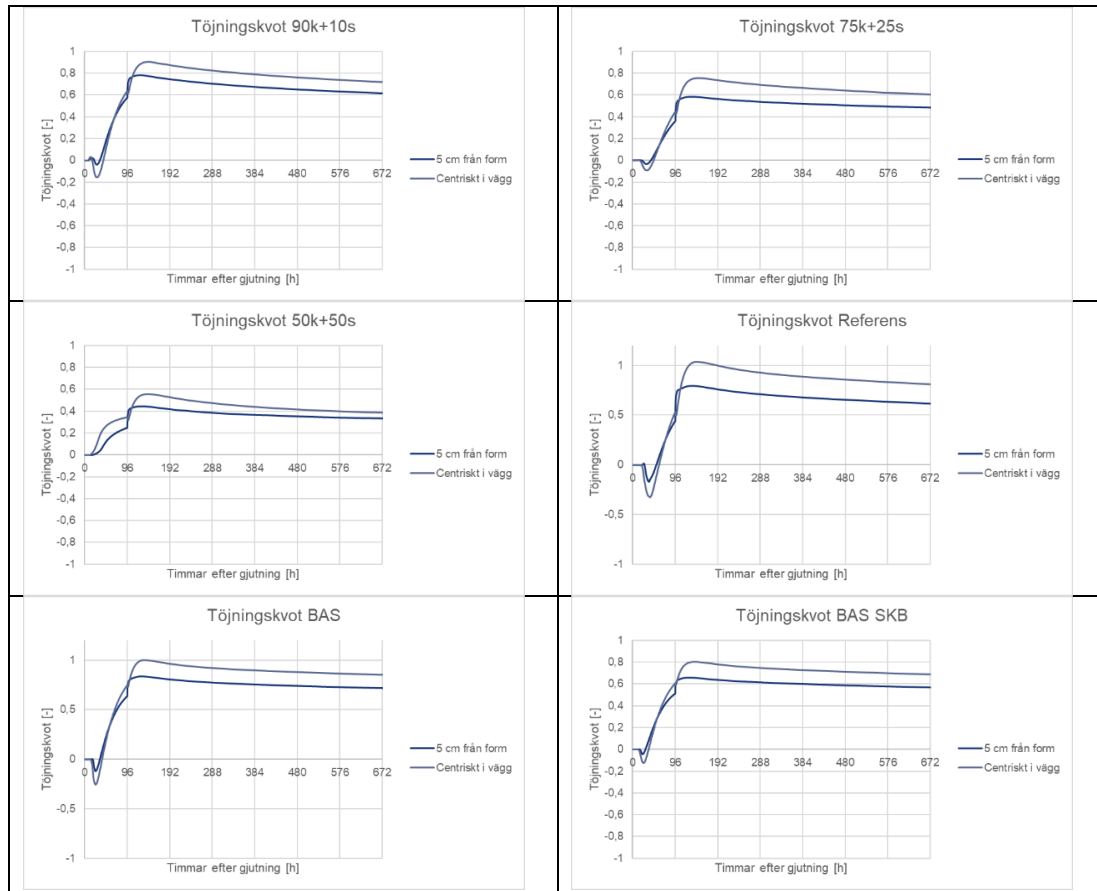


Kommentar: Undantaget betongtyp A3 (50K+50S) så uppnår samtliga övriga betongtyper en spänningskvot mellan 0,75 och 0,95. Spänningskvoten för betongtyp A3 (50K+50S) når inte över 0,70 pga. den kraftiga temperatursänkning som sker direkt från gjutstart.

Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

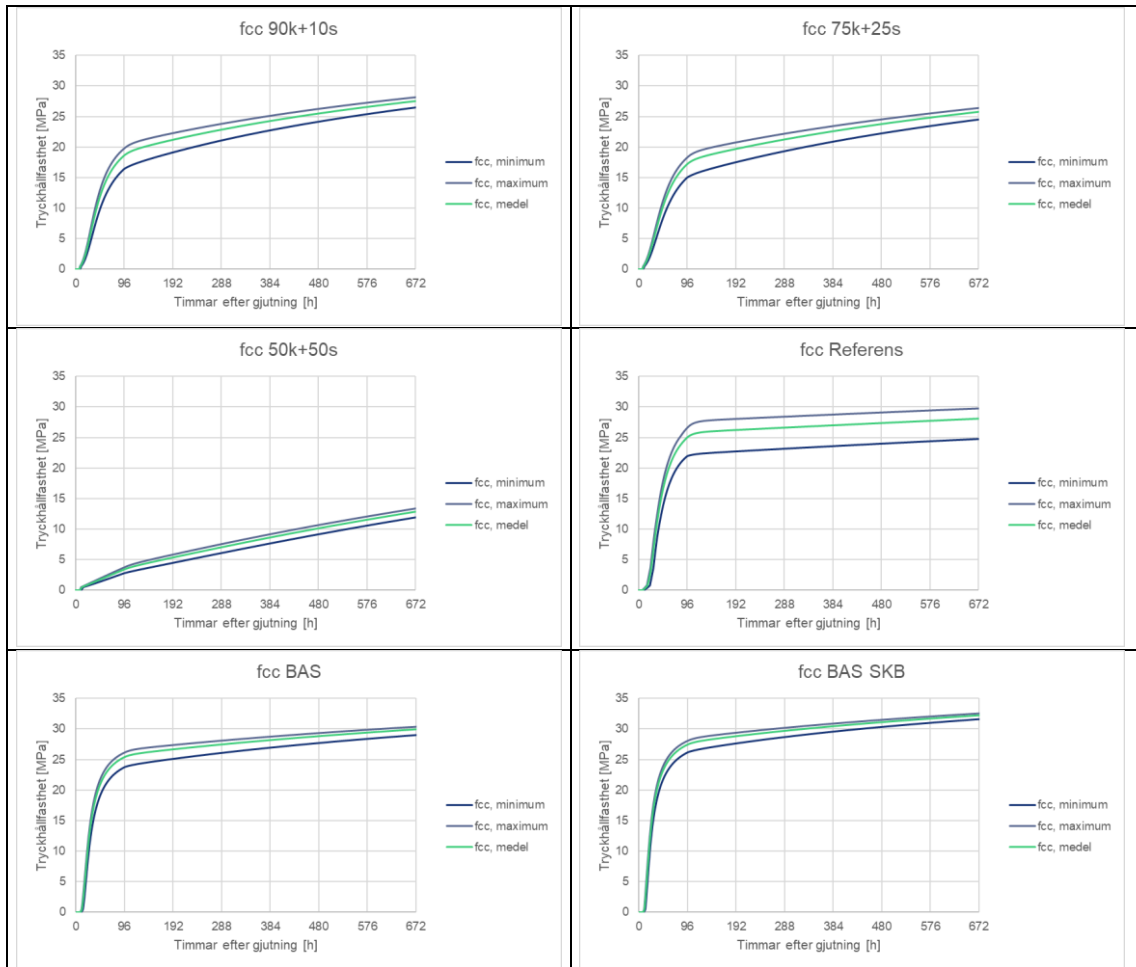
Husbyggnadsbetongen med Basement, H1, ger som förväntat högst spänningskvot medan den självkompakterande husbyggnadsbetongen, H2, är gynnsammare.

A.3.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är för några av betongtyperna högre än beräknade spänningskvoter. Framför allt är det tydligt för betongtyperna A1 (90K+10S), referensbetongen R och husbyggnadsbetongen med Basement H1 (BAS).

A.3.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc



A.3.1.5

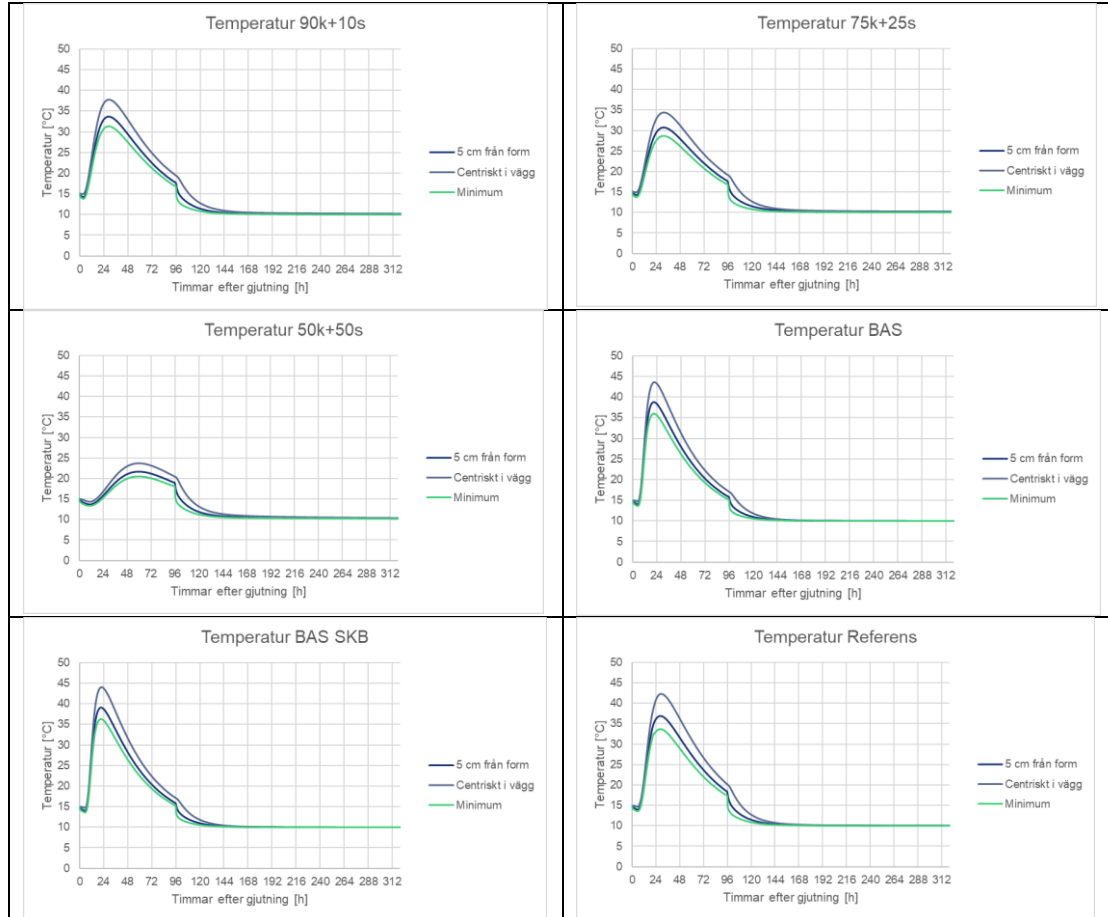
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Husbyggnadsbetongerna med Basement, H1 och H2, ger som förväntat något högre och snabbare hållfasthetstillväxt än övriga betongtyper.

Av de analyserade betongtyperna är det endast referensbetongen R samt husbyggnadsbetongerna H1 och H2 som uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning.

A.3.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

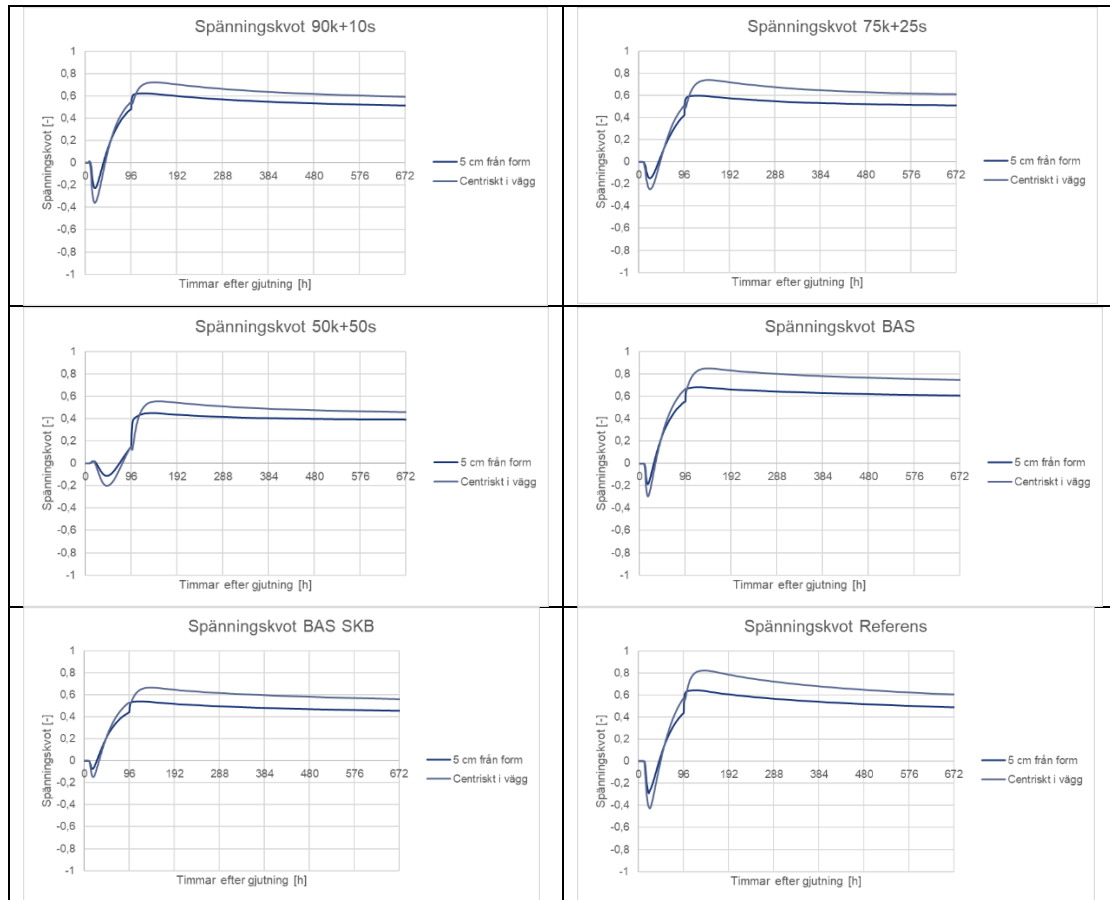
A.3.2.1 Temperaturutveckling



Kommentar: Temperaturutvecklingen för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

Husbyggnadsbetongerna med Basement H1 och H2 ger som förväntat högre temperaturutveckling än anläggningsbetongerna. Temperaturmaximum nås även tidigare än för anläggningsbetongerna A1-A3 och R.

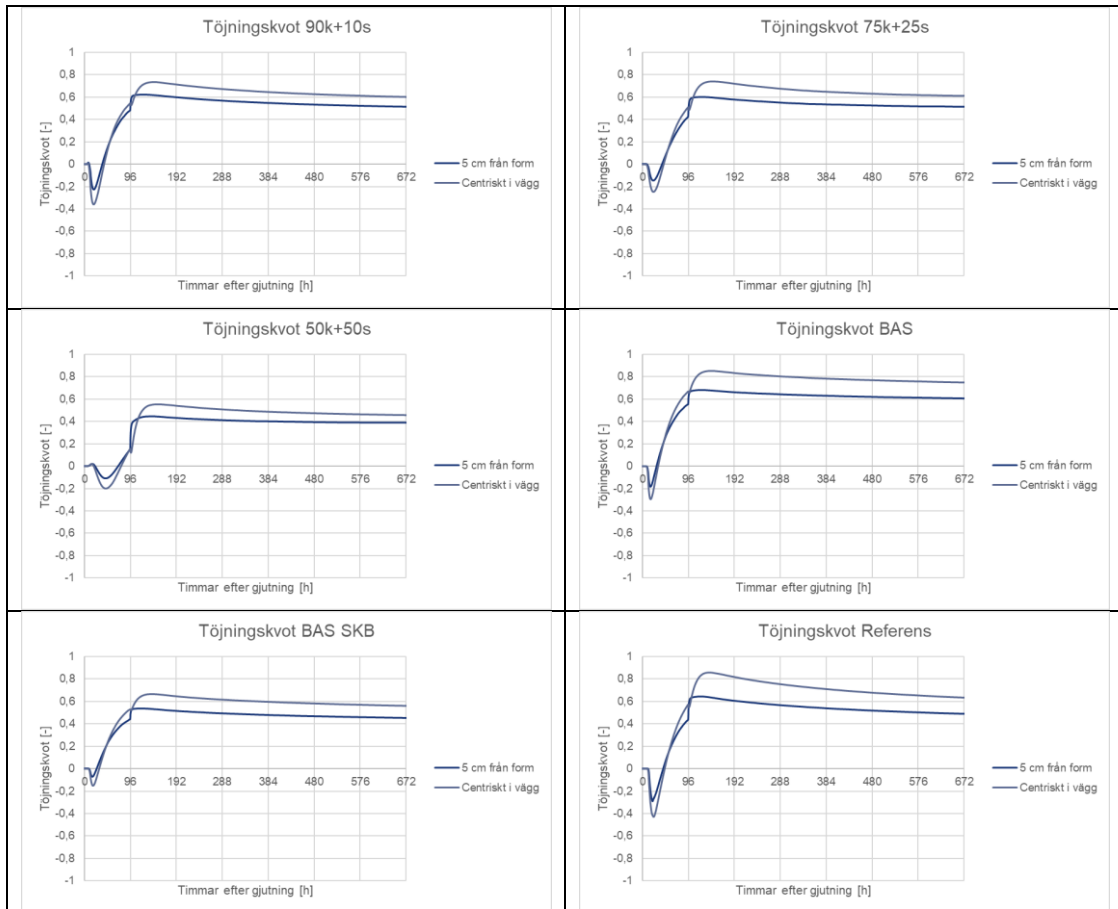
A.3.2.2 Spänningskvot



Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slagg tillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Dock är spänningskvoten för betongtyp A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) relativt lika.

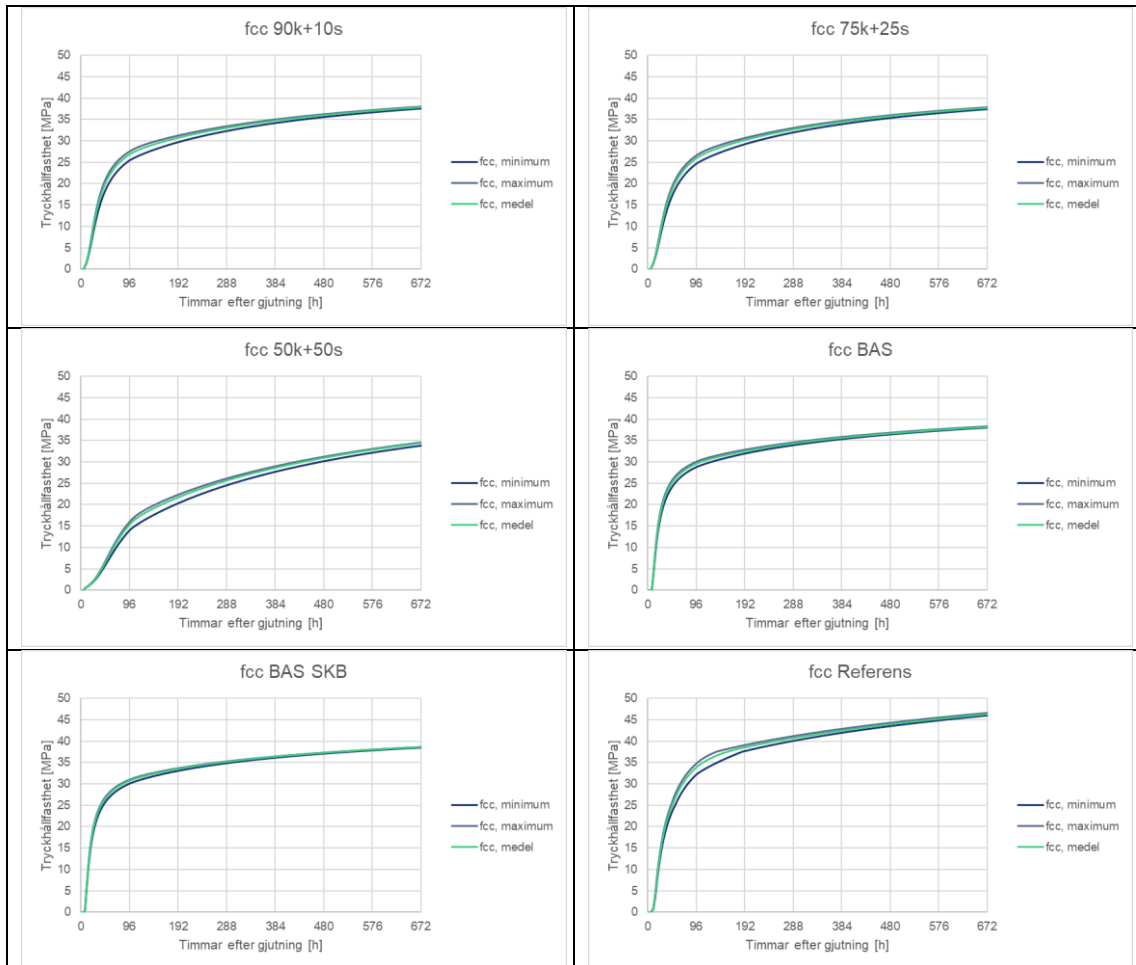
Husbyggnadsbetongen H1 (BAS) ger den högsta spänningskvoten.

A.3.2.3 Töjningskvot



Kommentar: I stort sett är töjningskvoter lika spänningskvoterna. Dock är töjningskvoten marginellt högre för den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) och referensbetongen R.

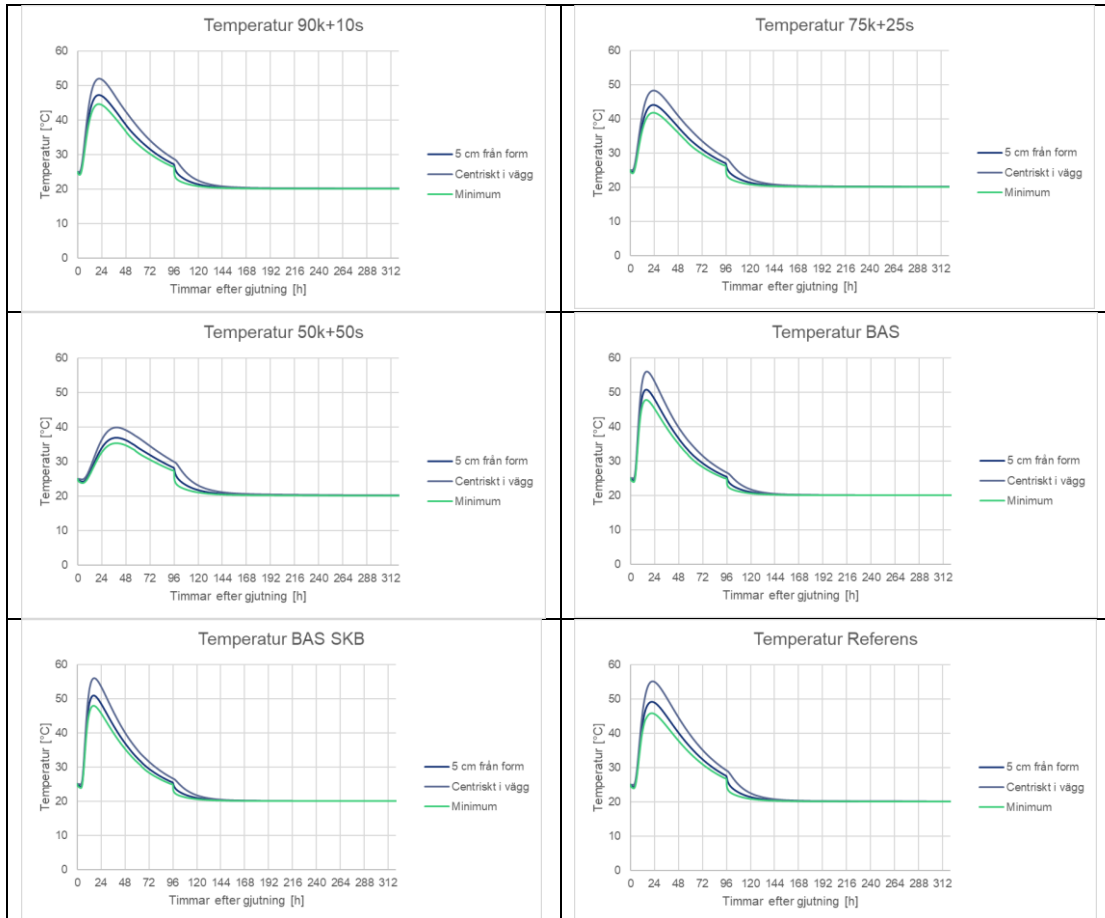
A.3.2.4 Hållfasthetsutveckling



Kommentar: Av de analyserade betongtyperna är det endast den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) som inte uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar).

A.3.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

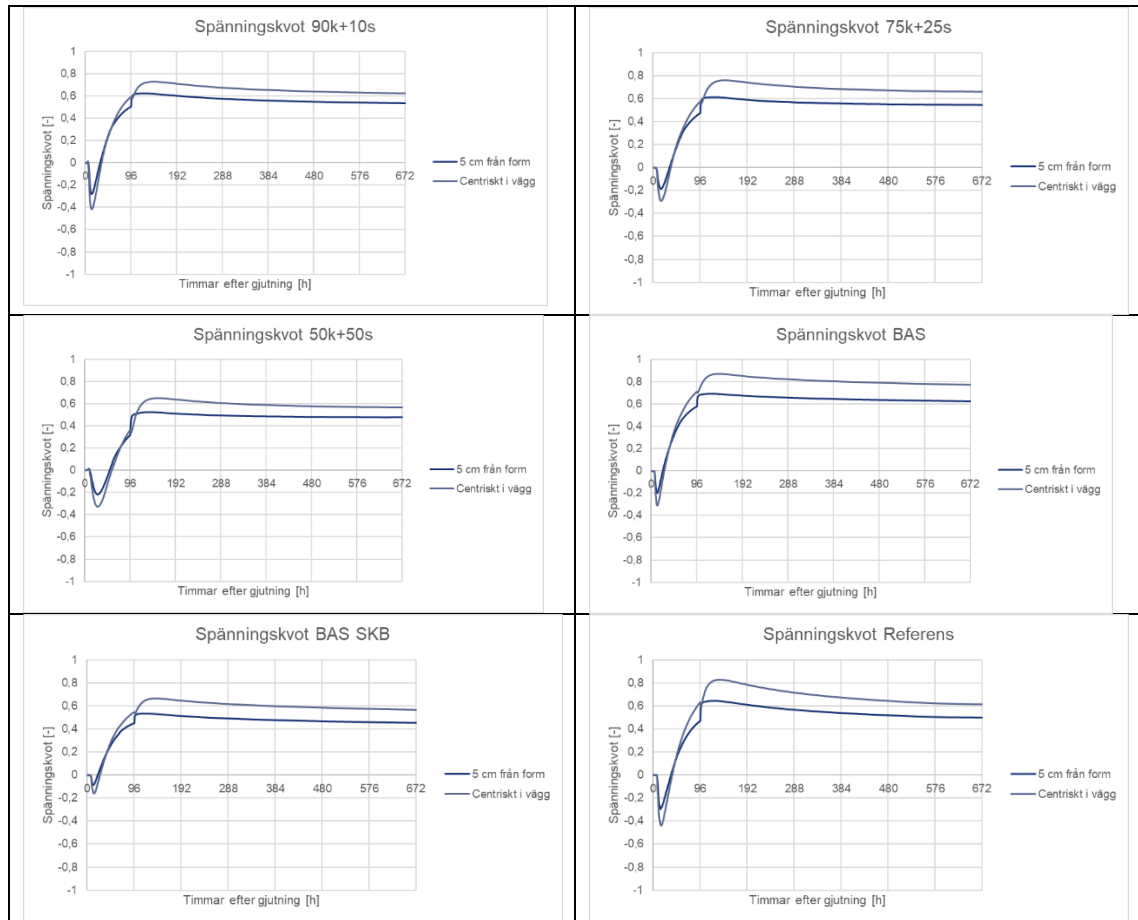
A.3.3.1 Temperaturutveckling



Kommentar: Temperaturutvecklingen för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

Husbyggnadsbetongerna med Basement H1 och H2 ger som förväntat högre temperaturutveckling än anläggningsbetongerna. Temperaturmaximum nås även tidigare än för anläggningsbetongerna A1-A3 och R.

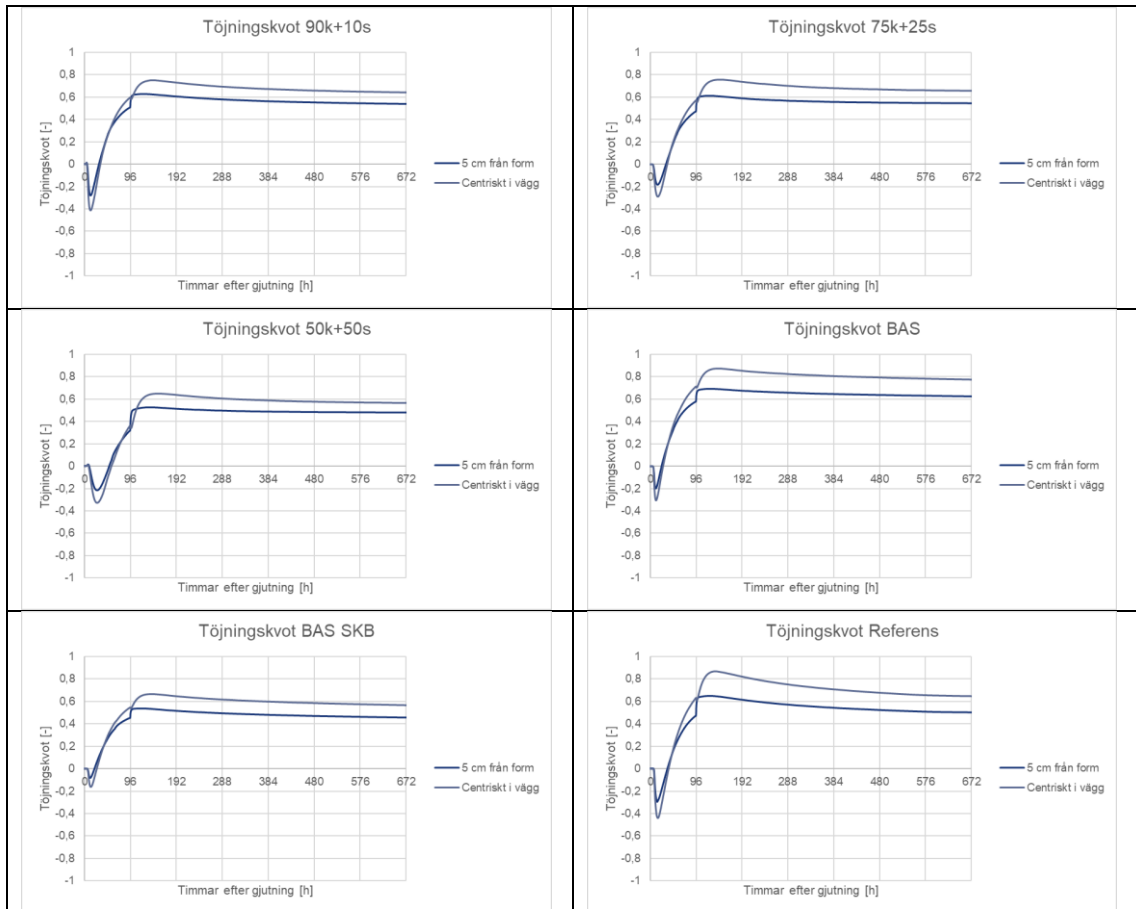
A.3.3.2 Spänningskvot



Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Dock är spänningskvoten för betongtyp A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) relativt lika.

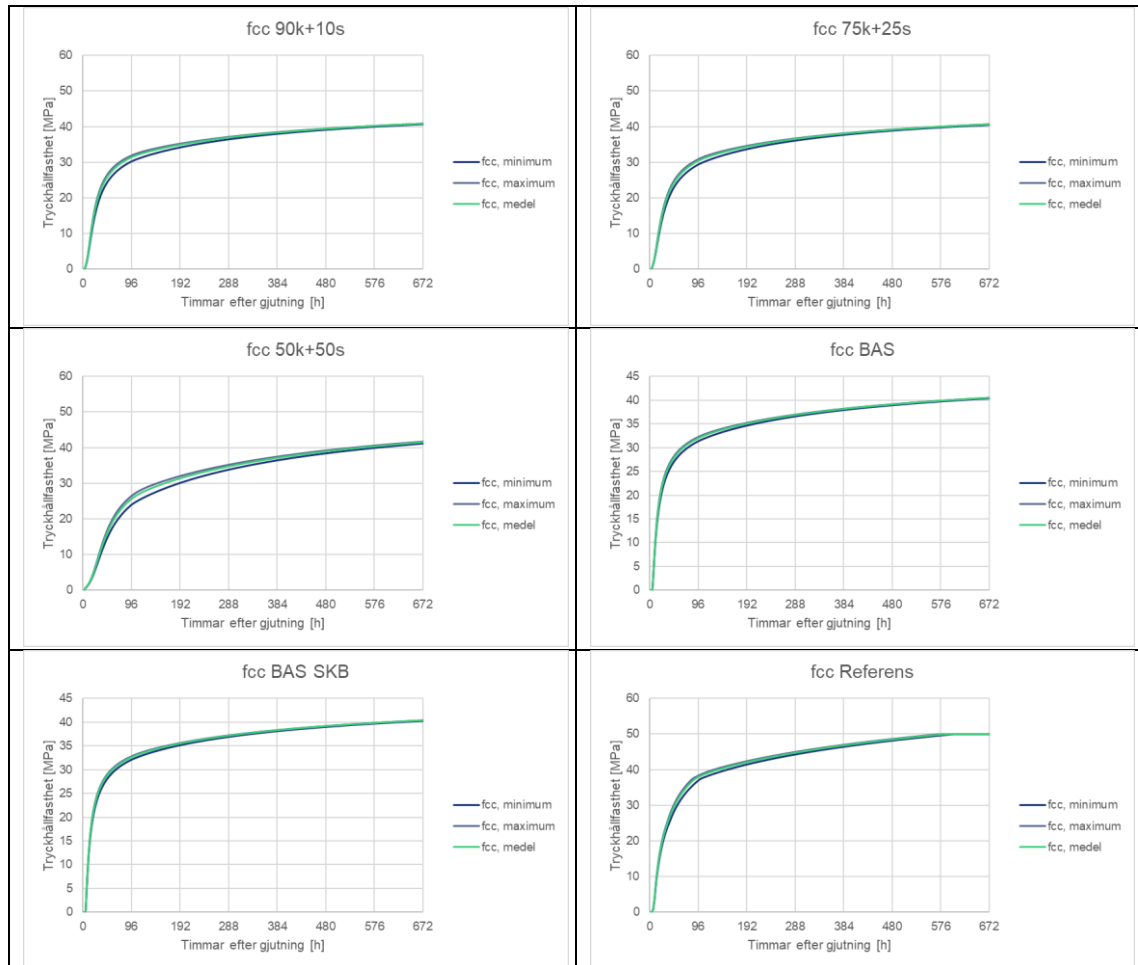
Husbyggnadsbetongen H1 (BAS) ger den högsta spänningskvoten.

A.3.3.3 Töjningskvot



Kommentar: I stort sett är töjningskvoter lika spänningskvoterna. Dock är töjningskvoten marginellt högre för den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) och referensbetongen R.

A.3.3.4 Hållfasthetsutveckling



Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

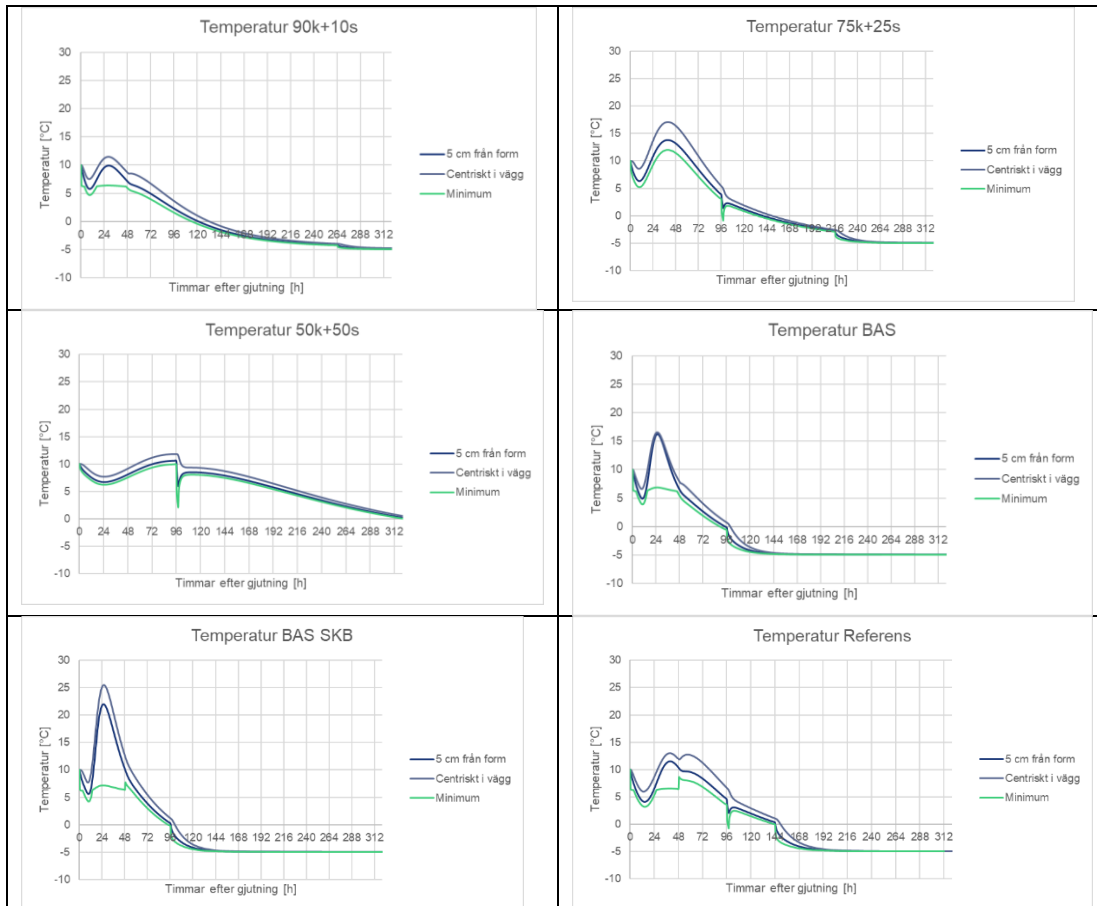
Samtliga betongtyper uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

A.3.4 Specialfall, S (Tluft = -5°C, Tgjut = 10°C)

Nedan redovisas erforderliga temperatursprickåtgärder för att uppfylla samtliga kriterier enligt avsnitt **Fel! Hittar inte referenskälla..**

<p>Klimatförbättrad anläggningsbetong, A1 (90k+10s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Gjuttemperatur = +10°C• Kylning 48h: Centriskt placerad s350, kylhöjd 1.2m vilket ger 4 kylrör.• Formrivning tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att ersättningstäckning sker med 1 cm isolering inom 2 timmar efter formrivning.• Ersättningstäckning avlägsnas 11 dygn efter gjutning.
<p>Klimatförbättrad anläggningsbetong, A2 (75k+25s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Gjuttemperatur = +10°C• Formrivning tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att ersättningstäckning sker med 1 cm isolering inom 2 timmar efter formrivning.• Ersättningstäckning avlägsnas 9 dygn efter gjutning.
<p>Klimatförbättrad anläggningsbetong, A3 (50k+50s):</p> <ul style="list-style-type: none">• Gjuttemperatur = +10°C• 1 cm isolering utsida form• Formrivning tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att ersättningstäckning sker med 2 cm isolering inom 2 timmar efter formrivning.• Ersättningstäckning avlägsnas 19 dygn efter gjutning.
<p>Husbyggnadsbetong, H1 (BAS):</p> <ul style="list-style-type: none">• Gjuttemperatur = +10°C• Kylning 48h: Centriskt placerad s300, kylhöjd 1.6m vilket ger 6 kylrör.• Formrivning: 4 dygn.
<p>Husbyggnadsbetong, H2 (BAS SKB):</p> <ul style="list-style-type: none">• Gjuttemperatur = +10°C• Kylning 48h: Centriskt placerad s600, kylhöjd 1.2m vilket ger 2 kylrör.• Formrivning: 4 dygn.
<p>Anläggningsbetong, R (Referens):</p> <ul style="list-style-type: none">• Gjuttemperatur = +10°C• Kylning 48h: Centriskt placerad s350, kylhöjd 1.6m vilket ger 4 kylrör.• Formrivning tidigast 4 dygn efter gjutning under förutsättning att ersättningstäckning sker med 1 cm isolering inom 2 timmar efter formrivning.• Ersättningstäckning avlägsnas 6 dygn efter gjutning.

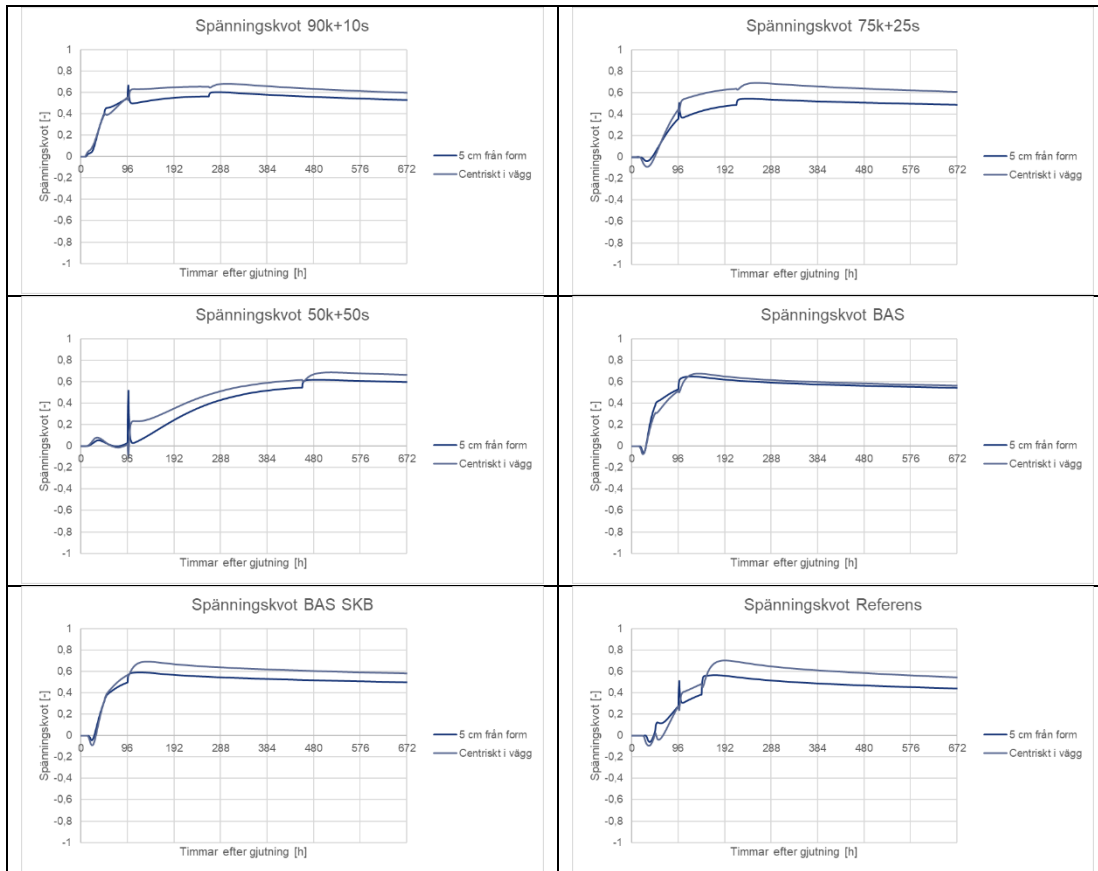
A.3.4.1 Temperaturutveckling



Kommentar: De olika betongtyperna erfordrar olika typer av temperatursprickåtgärder. Referensbetongen R, husbyggnadsbetongerna H1 (BAS) och H2 (BAS SKB) samt den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) erfordrar kylning för att sänka temperaturen under härdning och på så sätt minska temperatursprickrisken.

Kylning av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A2 (75k+25s) och A3 (50k+50s) är inte att rekommendera då hållfasthetstillväxten stannade av eller gick mycket långsamt. Vid kylning, i det aktuella beräkningsfallet, riskerar dessutom betongytan att frysa i tidigt skede, vilket innebär att väggen samtidigt måste isoleras. Detta invecklade förfarande med kylning resulterar också i längre avformningstid än utan kylning.

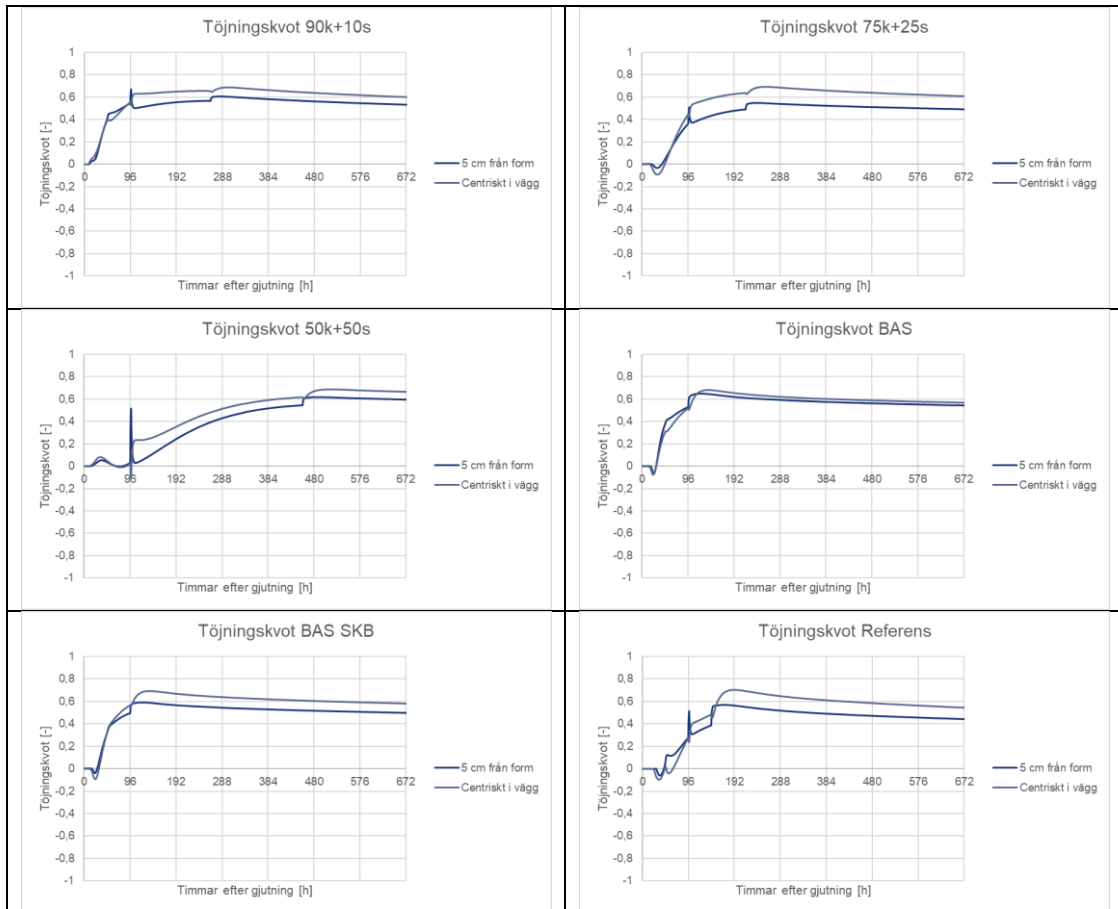
A.3.4.2 Spänningskvot



Kommentar: Avformning sker efter 4 dygn (96 timmar) i samtliga fall. Dock krävs, för samtliga anläggningsbetonger (A1-A3 och R), ersättningstäckning kort efter formrivning för att spänningskvot 0,70 inte skall överskridas samt för att härdningsklass 3 skall uppfyllas inom rimlig tid. Ersättningstäckningen avlägsnas vid tidpunkt då härdningsklass 3 är uppfyllt utan att spänningskvot 0,70 överskrids.

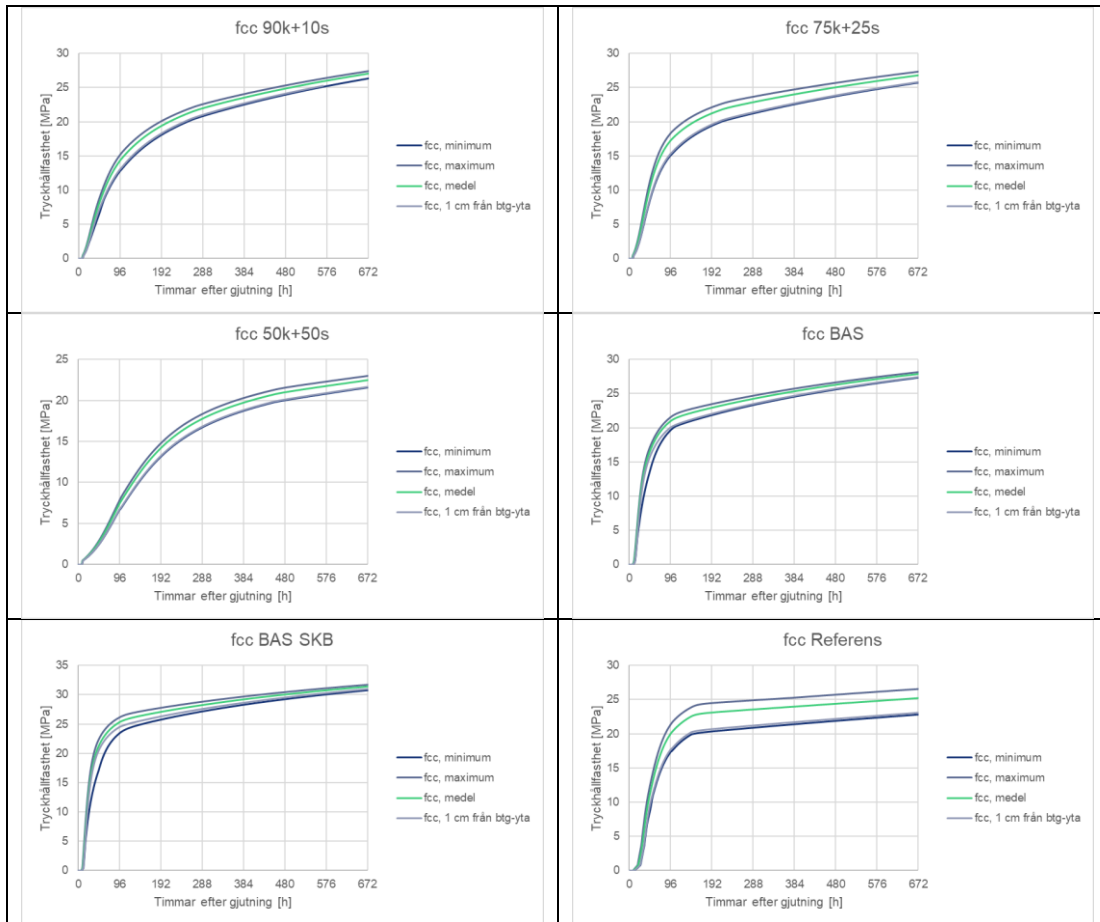
Husbyggnadsbetongerna H1 och H2 kan formrivas efter 4 dygn (96 timmar) utan att spänningskvot 0,70 överskrids. Detta utan ersättningstäckning.

A.3.4.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

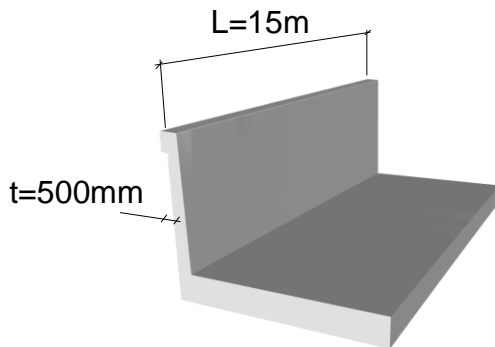
A.3.4.4 Hållfasthetsutveckling



Kommentar: Husbyggnadsbetongerna H1 och H2 uppfyller hårdningsklass 3 vid avformning och anläggningsbetongerna A1-A3 och R uppfyller hårdningsklass 3 vid avtäckning av ersättningstäckning.

A.4 Typfall T500-R051 (Betonger A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 500 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 15 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{dim} = 0,51$.



Analyserade betongtyper är de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 samt referensbetongen R.

Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

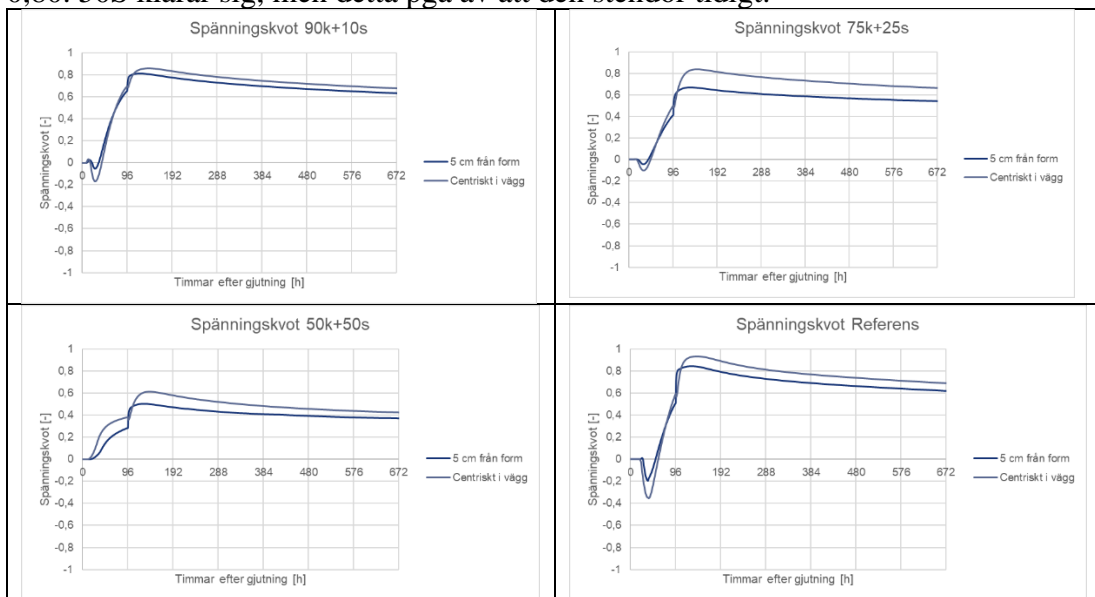
A.4.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut=10°C)

A.4.1.1 Temperaturutveckling

Temperaturutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.1.1 med lägre dimensionerande tvång.

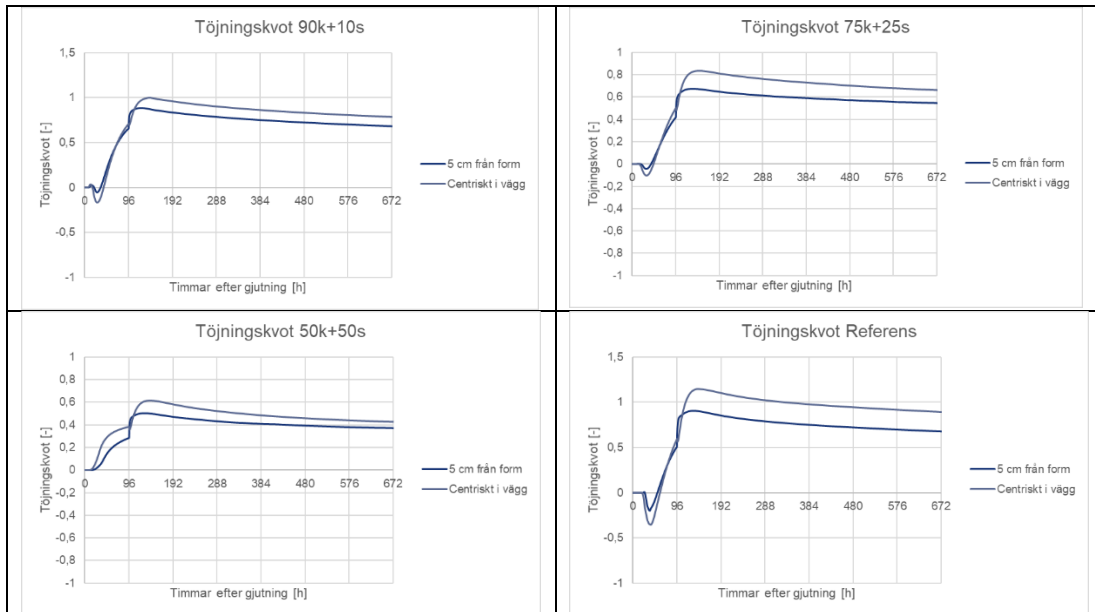
A.4.1.2 Spänningskvot

För tvånget $R=0.51$ på väggjocklek 500mm får samtliga betonger problem att klara 0,80. 50S klarar sig, men detta pga av att den stendör tidigt.



Kommentar: Den lägre maximala spänningskvoten vid gjutning med den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) jämfört med övriga betongtyper beror på att betongtemperaturen faller snabbt direkt vid gjutstart.

A.4.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten för referensbetongen R och den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) är tydligt högre än beräknad spänningskvot. Övriga töjningskvoter är relativt lika beräknade spänningskvoter.

A.4.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

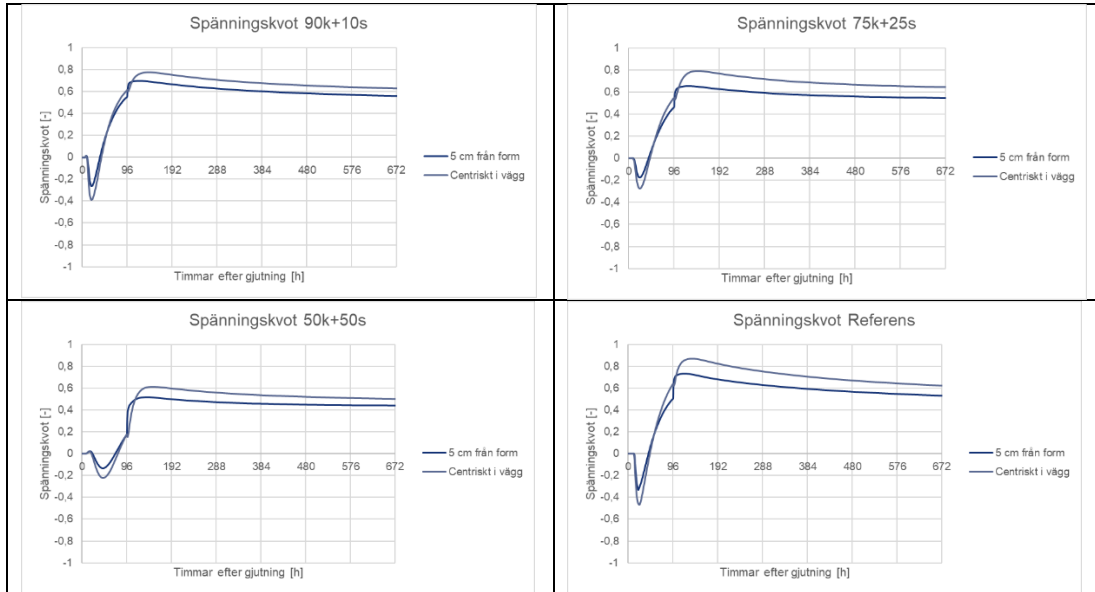
Hållfasthetsutvecklingen är lika vägen i avsnitt A.2.1.1 med lägre dimensionerande tvång.

A.4.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.4.2.1 Temperaturutveckling

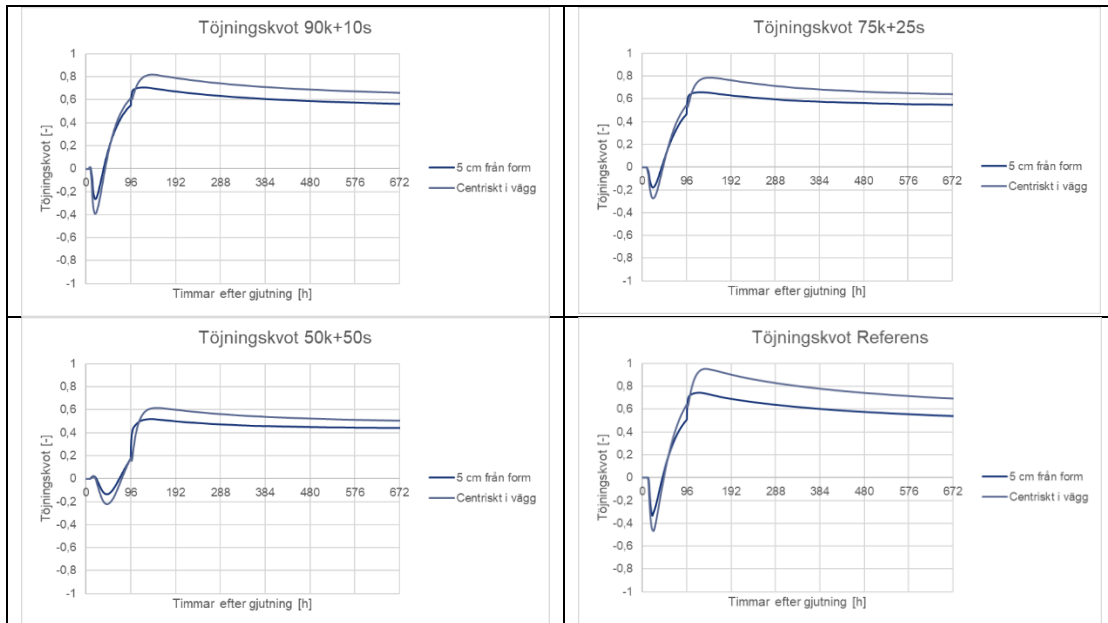
Temperaturutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.2.1 med lägre dimensionerande tvång.

A.4.2.2 Spänningskvot



Kommentar: Referensbetongen resulterar i en högre maximal spänningskvot än med de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3. Maximal spänningskvot för A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) är ungefär lika.

A.4.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoter är något högre eller lika jämfört med beräknade spänningskvoter.

A.4.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

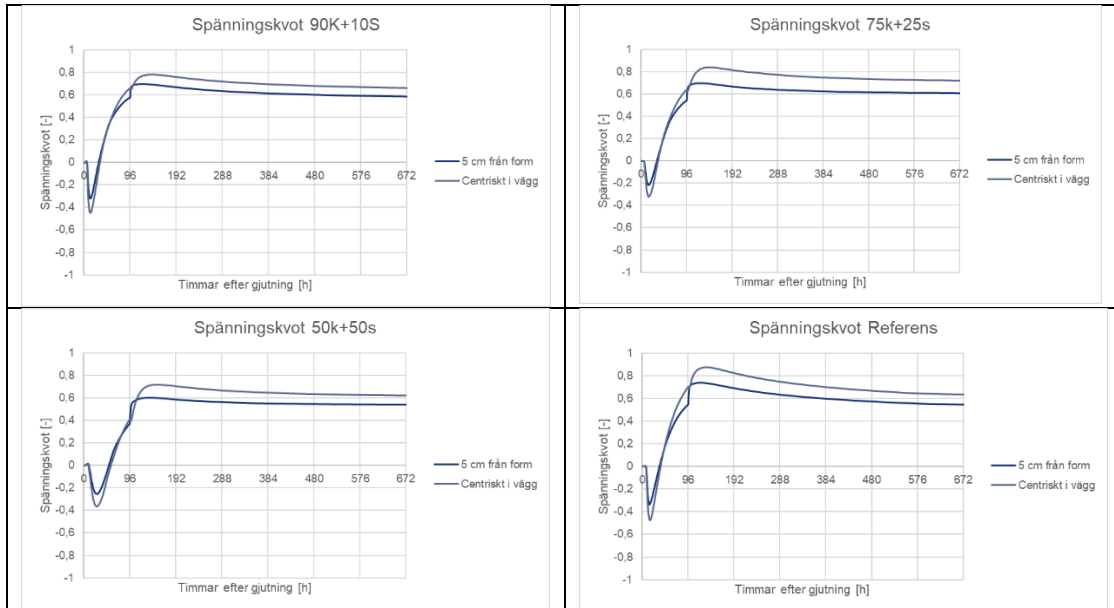
Hållfasthetsutvecklingen är lika vägen i avsnitt A.2.2.4 med lägre dimensionerande tvång.

A.4.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.4.3.1 Temperaturutveckling

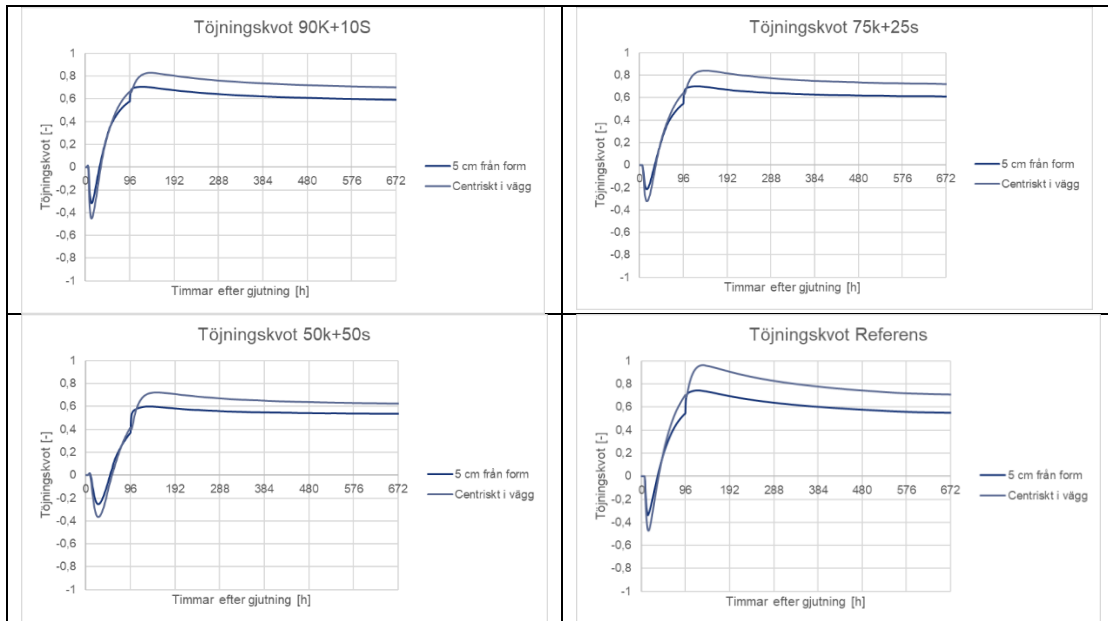
Temperaturutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.3.1 med lägre dimensionerande tvång.

A.4.3.2 Spänningskvot



Kommentar: Referensbetongen resulterar i en högre maximal spänningskvot än med de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3. Maximal spänningskvot för A2 (75k+25s) är något högre än för A1 (90k+10s).

A.4.3.3 Töjningskvot



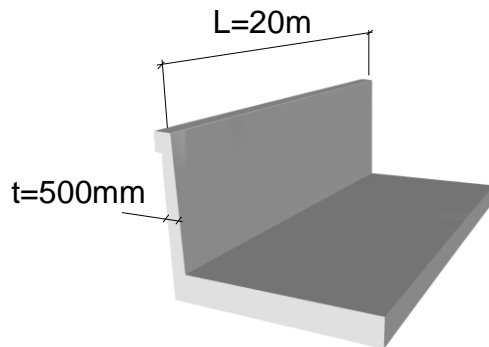
Kommentar: Maximal töjningskvot för referensbetongen R är något högre än beräknad spänningskvot. Övriga betongtyper är relativt lika.

A.4.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

Hållfasthetsutvecklingen är lika vägen i avsnitt A.2.3.4 med lägre dimensionerande tvång.

A.5 Typfall T500-R055 (Betonger A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 500 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 15 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{dim} = 0,55$.



Analyserade betongtyper är de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 samt referensbetongen R.

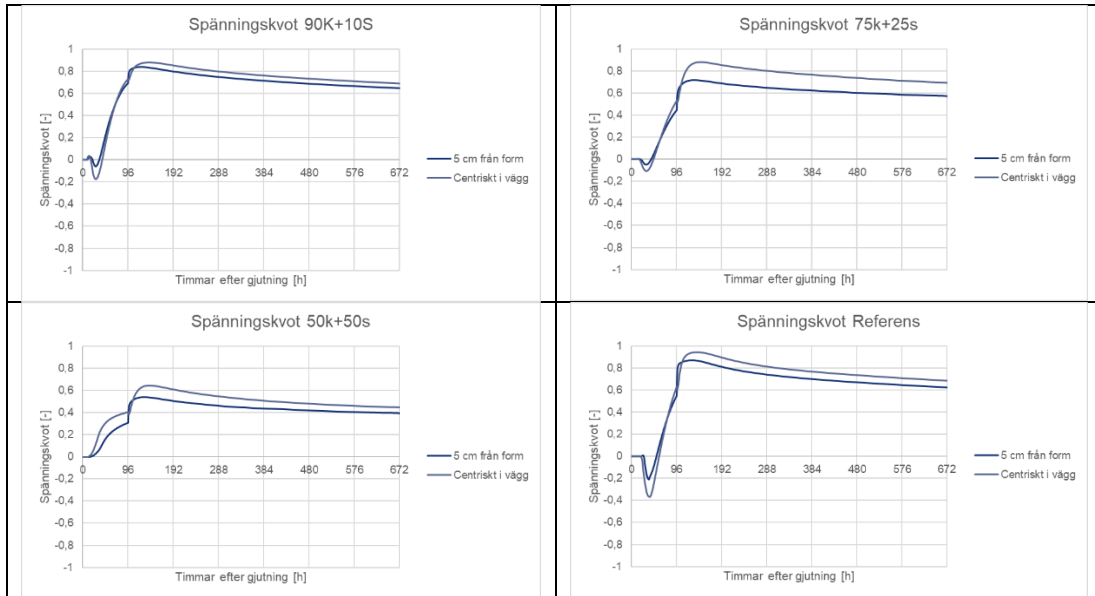
Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

A.5.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut=10°C)

A.5.1.1 Temperaturutveckling

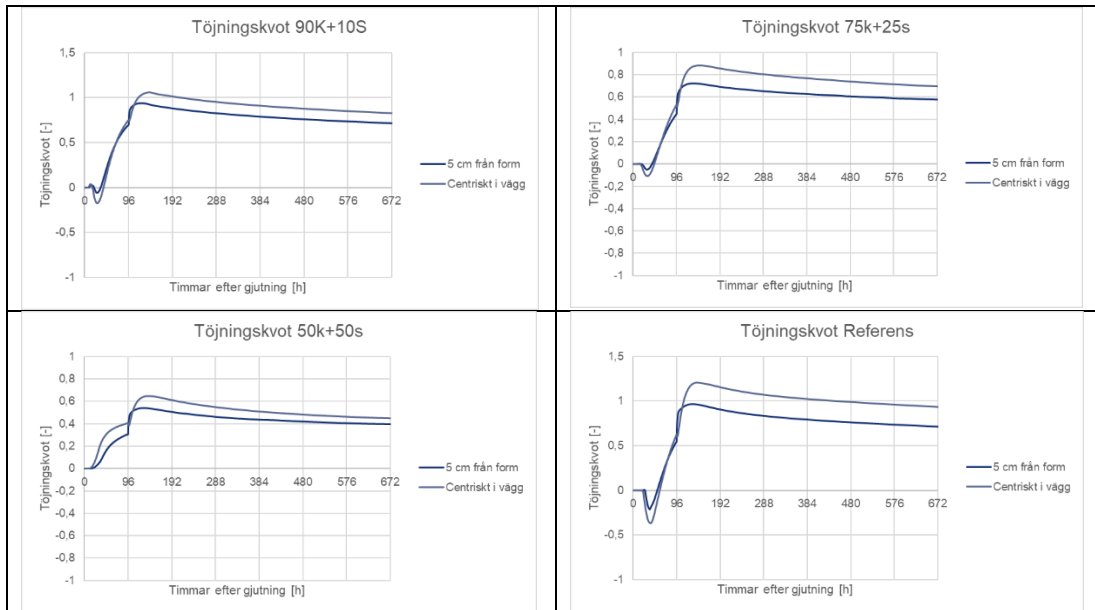
Temperaturutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.1.1 med lägre dimensionerande tvång.

A.5.1.2 Spänningskvot



Kommentar: Den lägre maximala spänningskvoten vid gjutning med den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) jämfört med övriga betongtyper beror på att betongtemperaturen faller snabbt direkt vid gjutstart.

A.5.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten för referensbetongen R och den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) är tydligt högre än beräknad spänningskvot. Övriga töjningskvoter är relativt lika beräknade spänningskvoter.

A.5.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

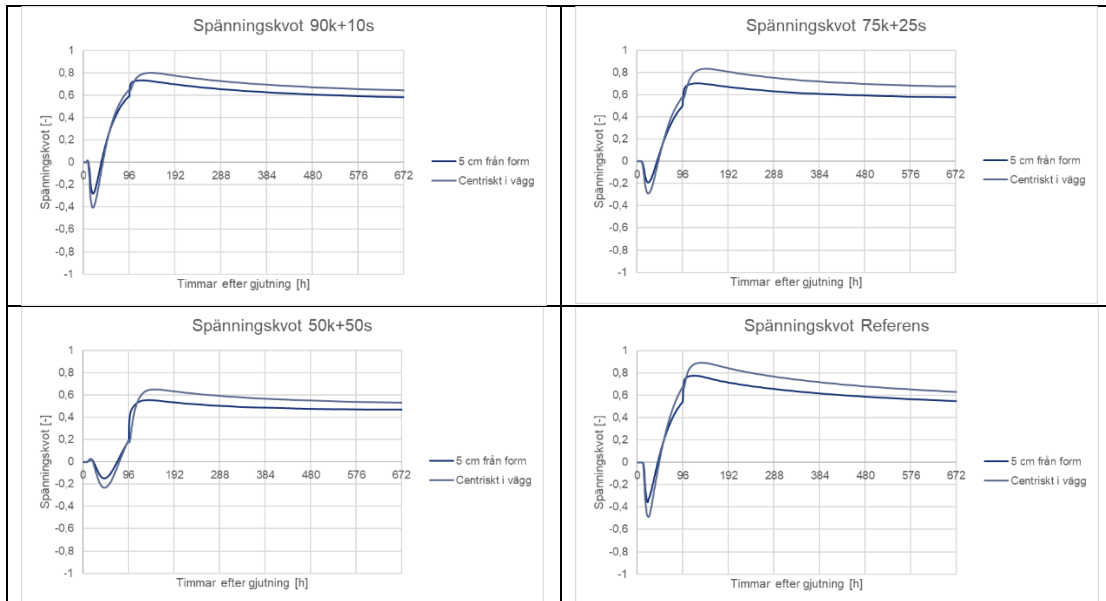
Hållfasthetsutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.1.4 med lägre dimensionerande tvång.

A.5.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.5.2.1 Temperaturutveckling

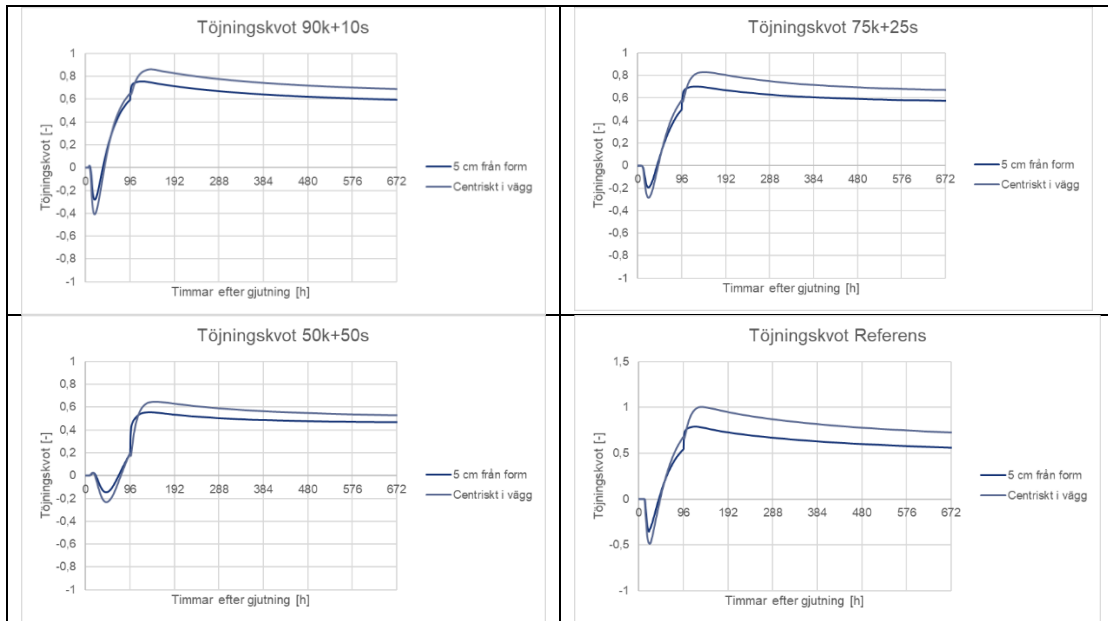
Temperaturutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.2.1 med lägre dimensionerande tvång.

A.5.2.2 Spänningskvot



Kommentar: Referensbetongen resulterar i en högre maximal spänningskvot än med de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3. Maximal spänningskvot för A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) är ungefär lika.

A.5.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoter är något högre eller lika jämfört med beräknade spänningskvoter.

A.5.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

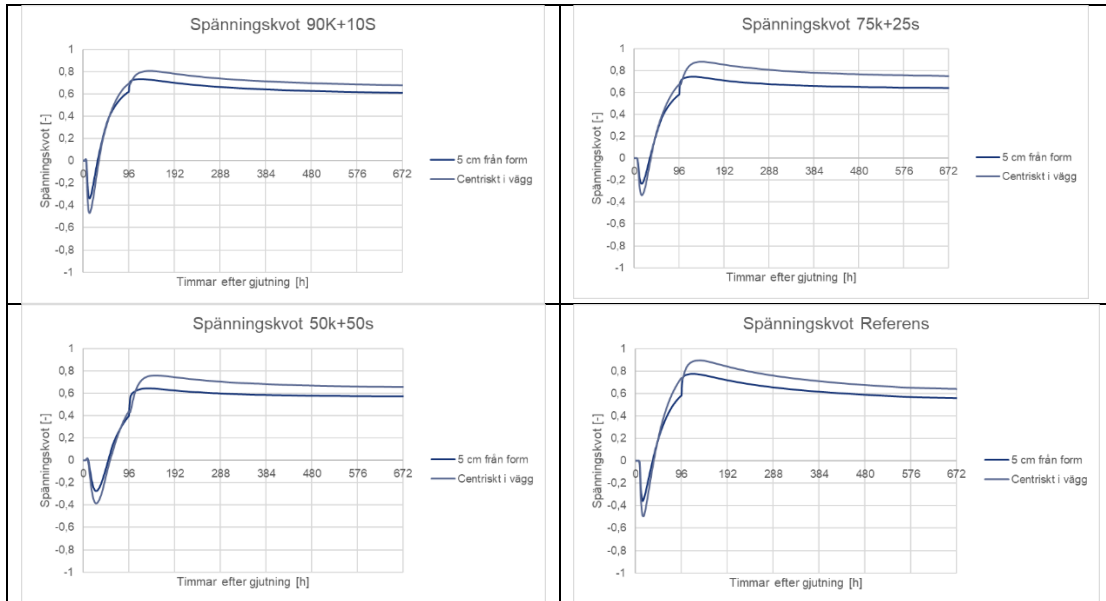
Hållfasthetsutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.2.4 med lägre dimensionerande tvång.

A.5.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.5.3.1 Temperaturutveckling

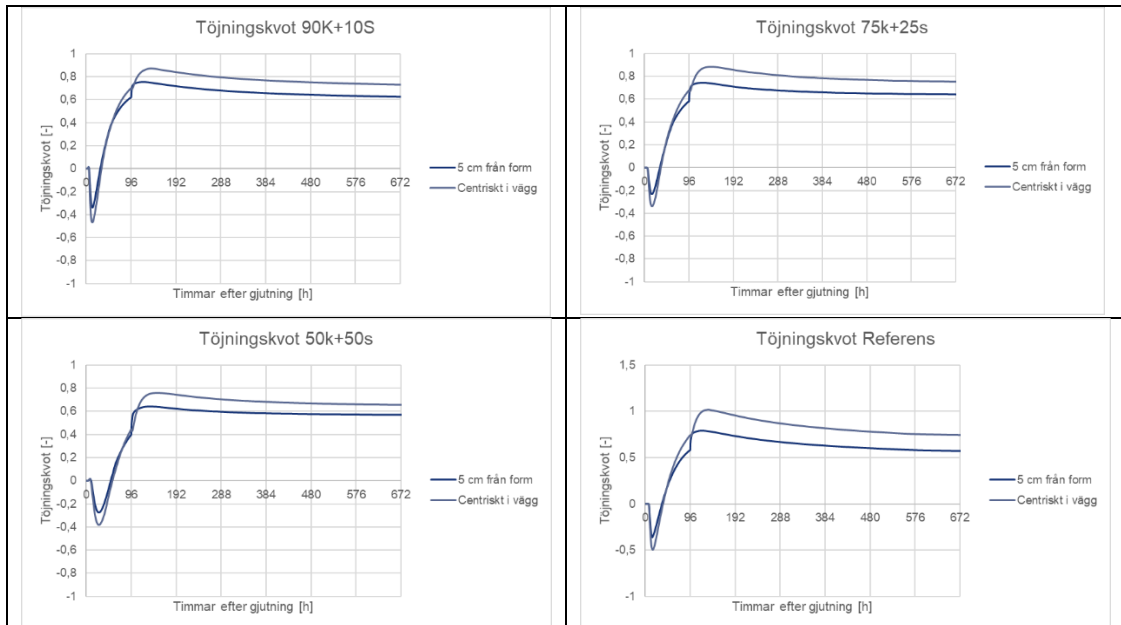
Temperaturutvecklingen är lika väggen i avsnitt A.2.3.1 med lägre dimensionerande tvång.

A.5.3.2 Spänningskvot



Kommentar: Referensbetongen resulterar i en högre maximal spänningskvot än med de tre klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3. Maximal spänningskvot för A2 (75k+25s) är något högre än för A1 (90k+10s).

A.5.3.3 Töjningskvot



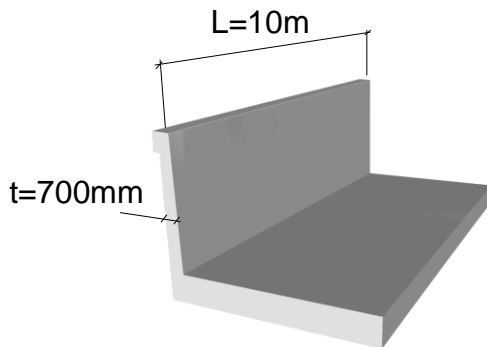
Kommentar: Maximal töjningskvot för referensbetongen R och den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) är något högre än beräknad spänningskvot. Övriga betongtyper är relativt lika.

A.5.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

Hållfasthetsutvecklingen är lika vägen i avsnitt A.2.3.4 med lägre dimensionerande tvång.

A.6 Typfall T700-R025 (Betonger A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 700 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 10 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{\text{dim}} = 0,25$.

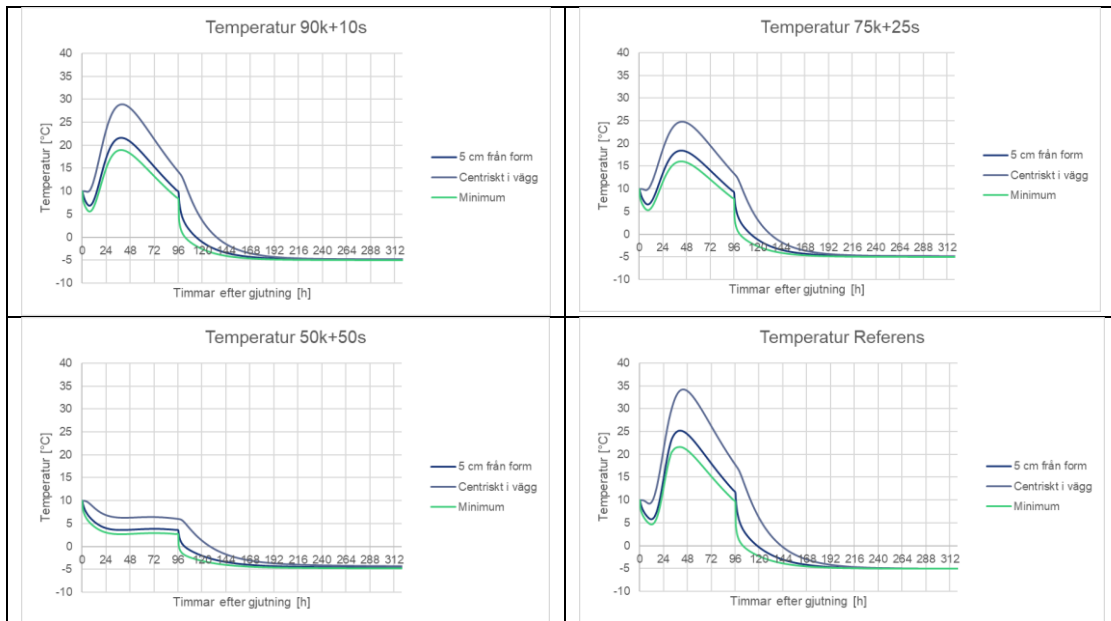


Analyserade betongtyper är de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 samt referensbetongen R.

Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

A.6.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut = 10°C)

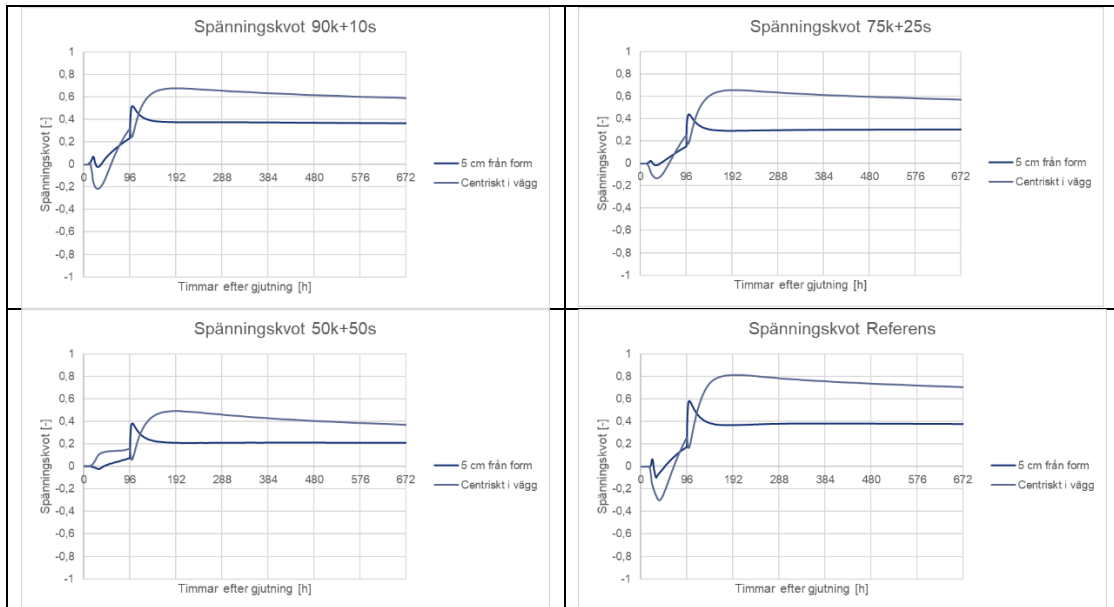
A.6.1.1 Temperaturutveckling



Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

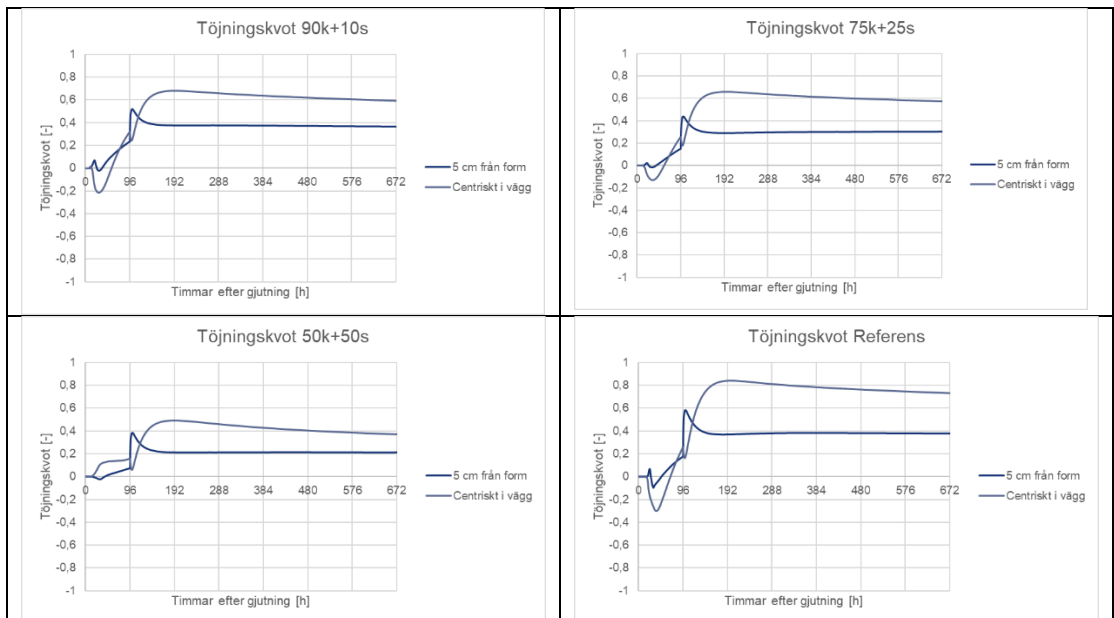
Den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s) riskerar tidig frysning, dvs. betongen riskerar frysa innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnås.

A.6.1.2 Spänningskvot



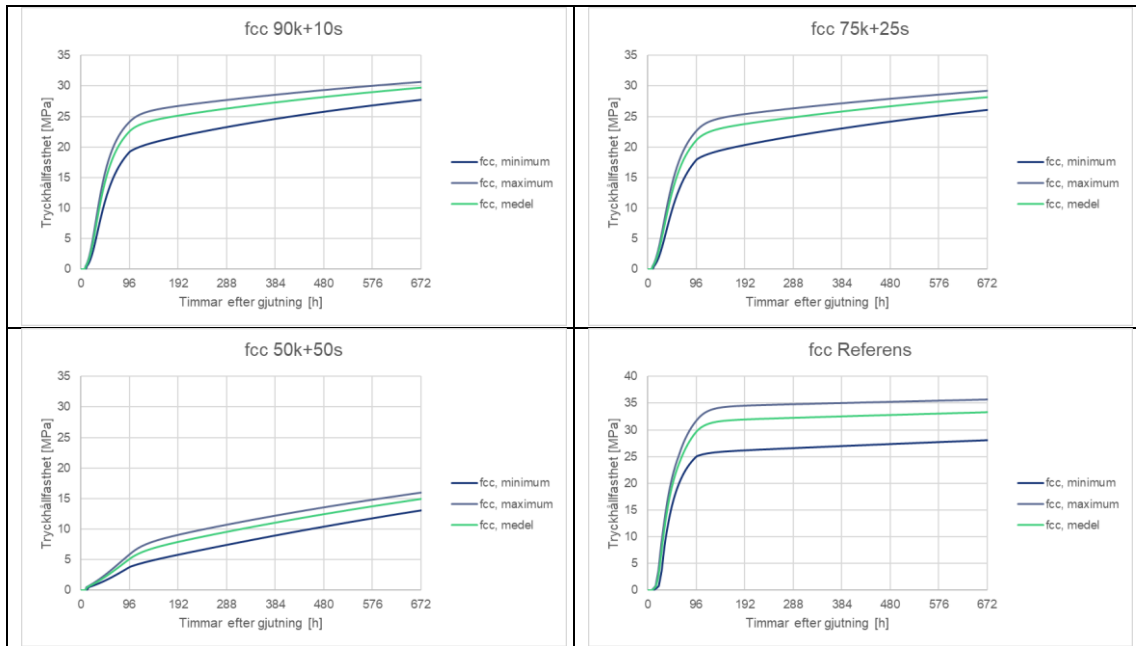
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

A.6.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.6.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

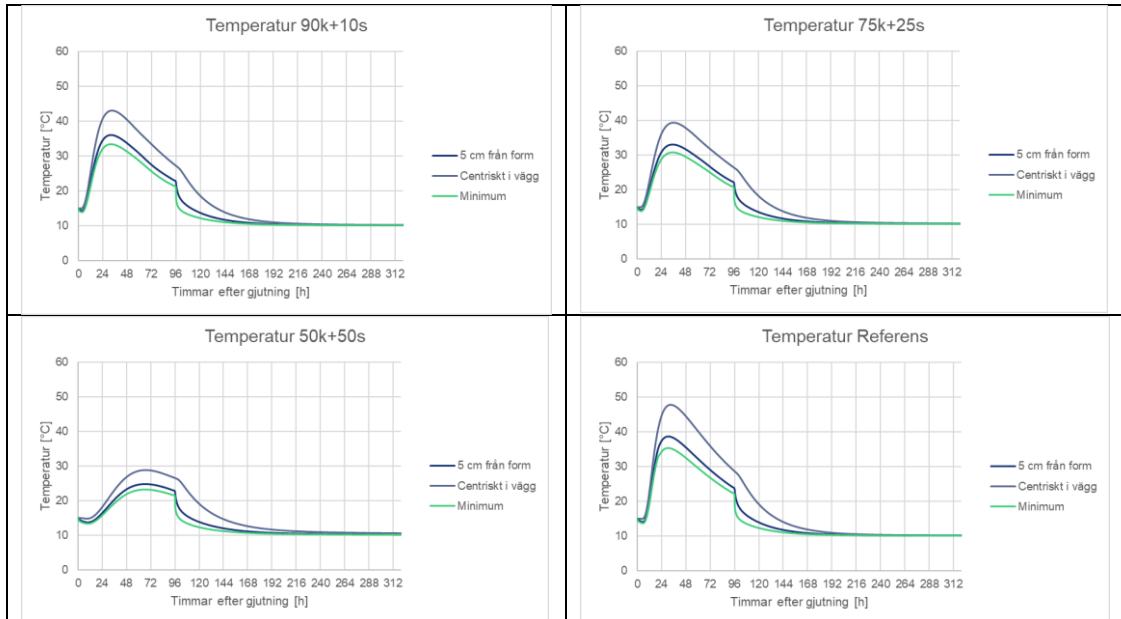


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Av de analyserade betongtyperna är det endast referensbetongen R som uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet. Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A1 (90k+10s) uppfyller dock nästan hårdningsklass 3.

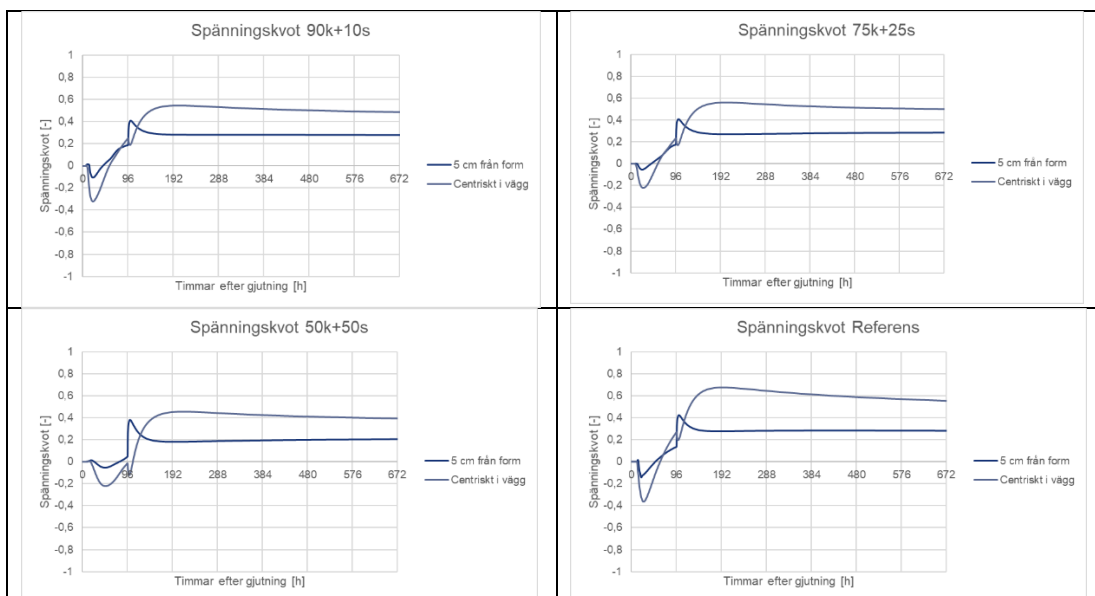
A.6.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.6.2.1 Temperaturutveckling



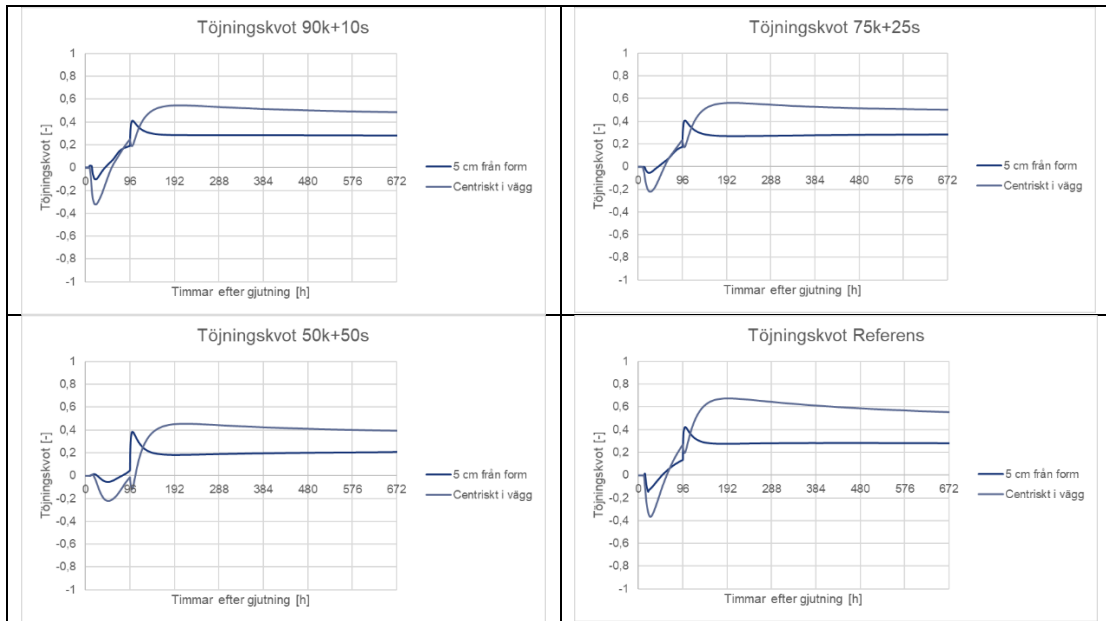
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

A.6.2.2 Spänningskvot



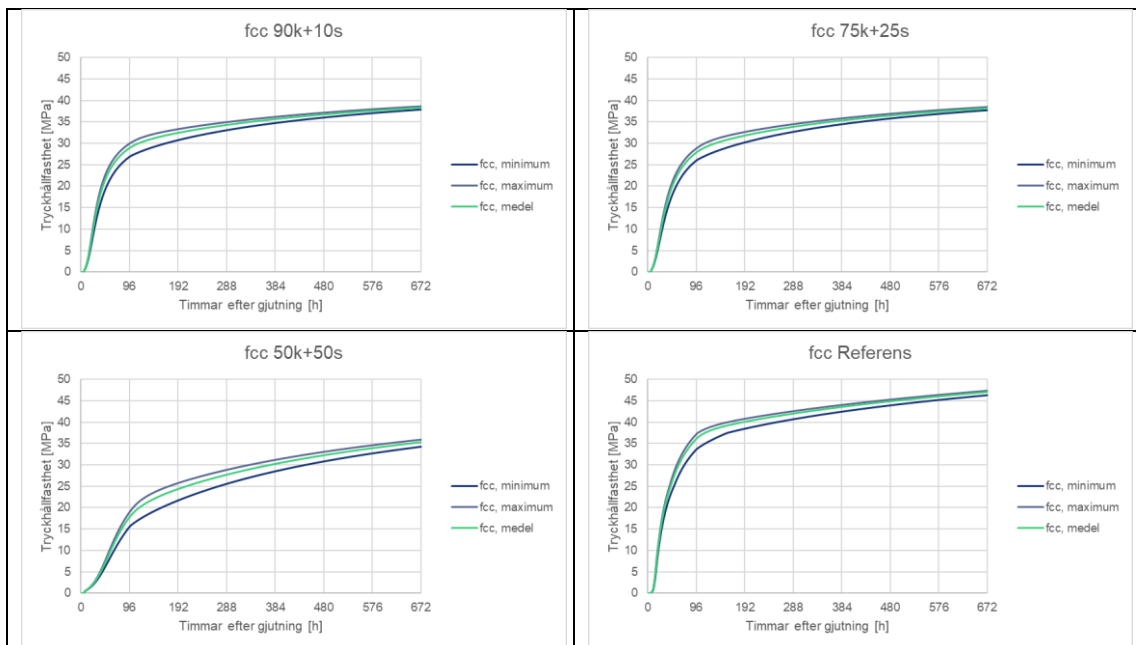
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

A.6.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.6.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

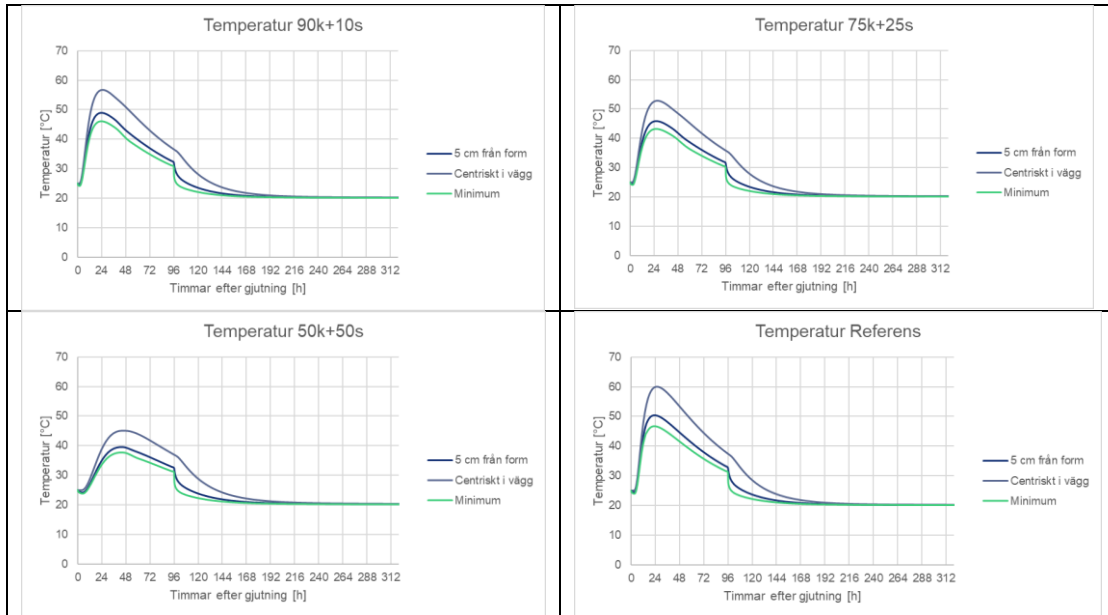


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Av de analyserade betongtyperna är det endast betongtyp A3 (50k+50s) som inte uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

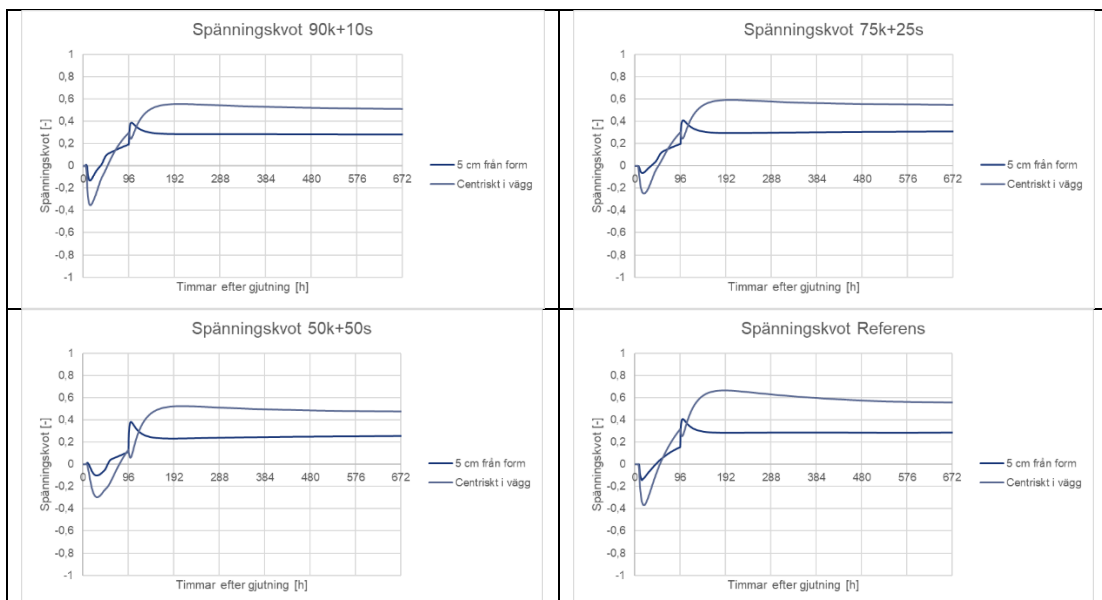
A.6.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.6.3.1 Temperaturutveckling



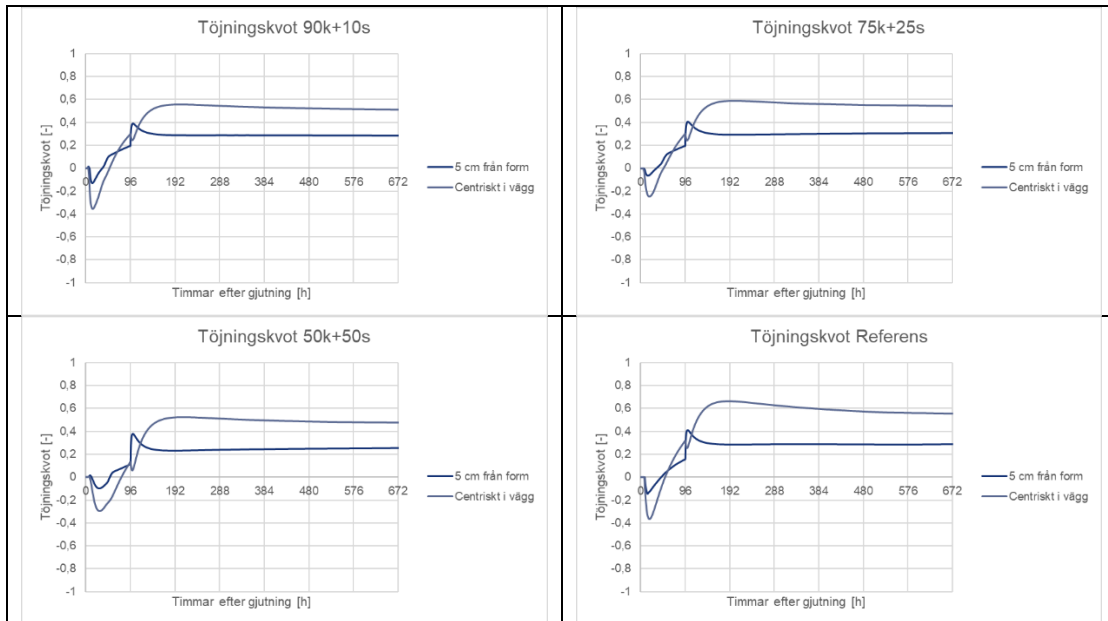
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slagginblandning för betongtyperna A1-A3.

A.6.3.2 Spänningskvot



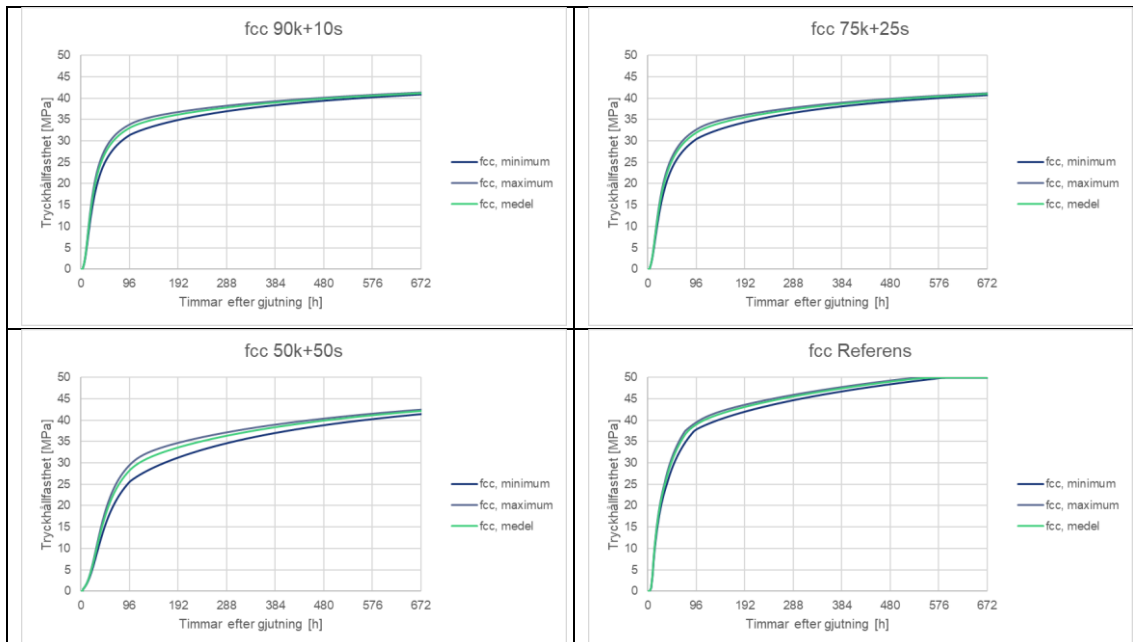
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Dock är spänningskvoten för betongtyp A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) relativt lika.

A.6.3.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.6.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

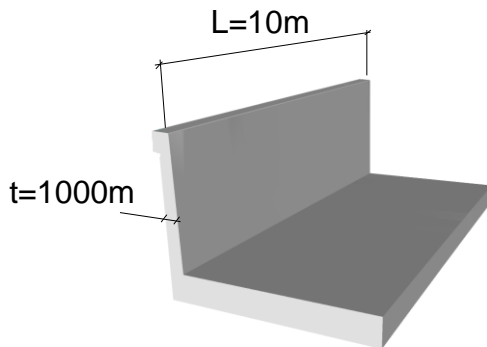


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Samtliga betongtyper uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

A.7 Typfall T1000-R011 (Betonger A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser en vägg med tjocklek 1000 mm och gjuten på en bottenplatta grundlagd på packad fyllning. Motgjutningslängden är 10 m vilket i detta fall motsvarar ett dimensionerande yttre tvång, $R_{dim} = 0,11$.

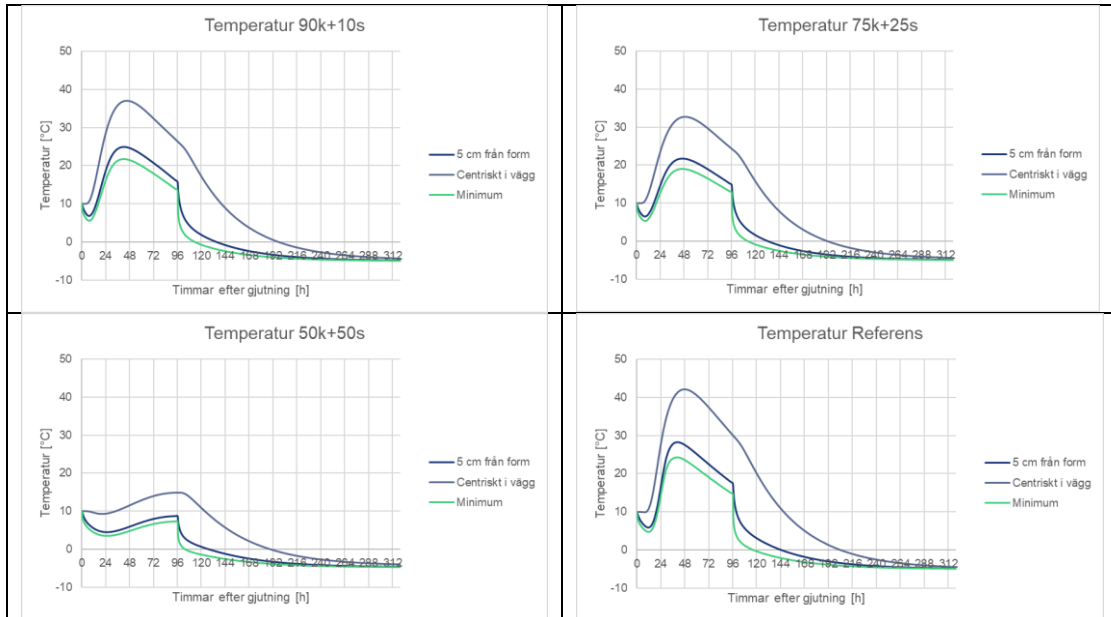


Analyserade betongtyper är de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 samt referensbetongen R.

Analys har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

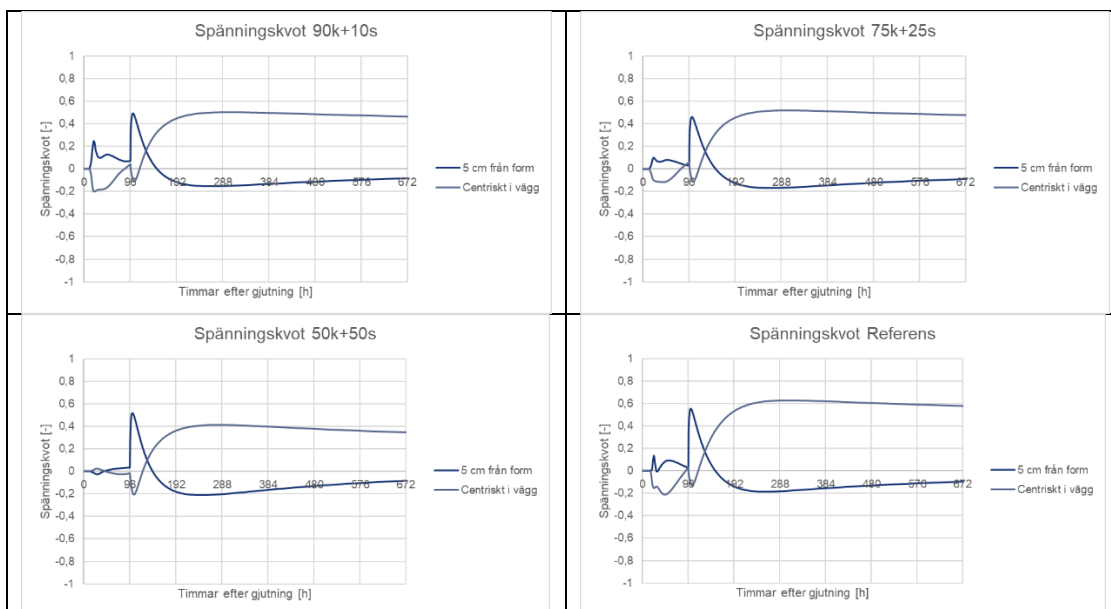
A.7.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut = 10°C)

A.7.1.1 Temperaturutveckling



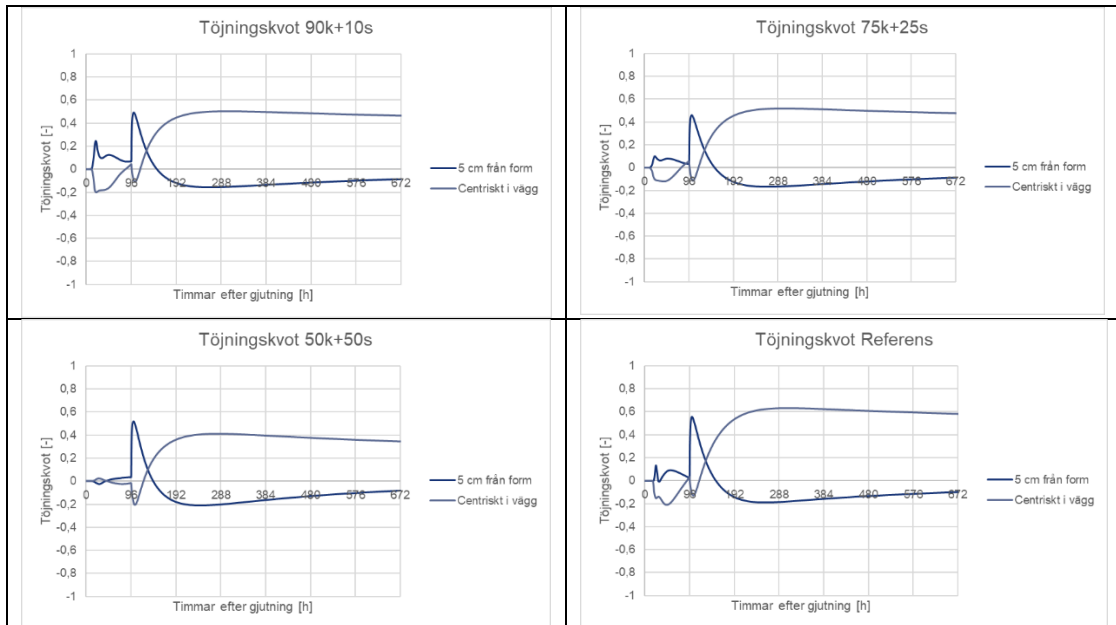
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3. Den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s) riskerar tidig frysning, dvs. betongen riskerar frysa innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnås.

A.7.1.2 Spänningskvot



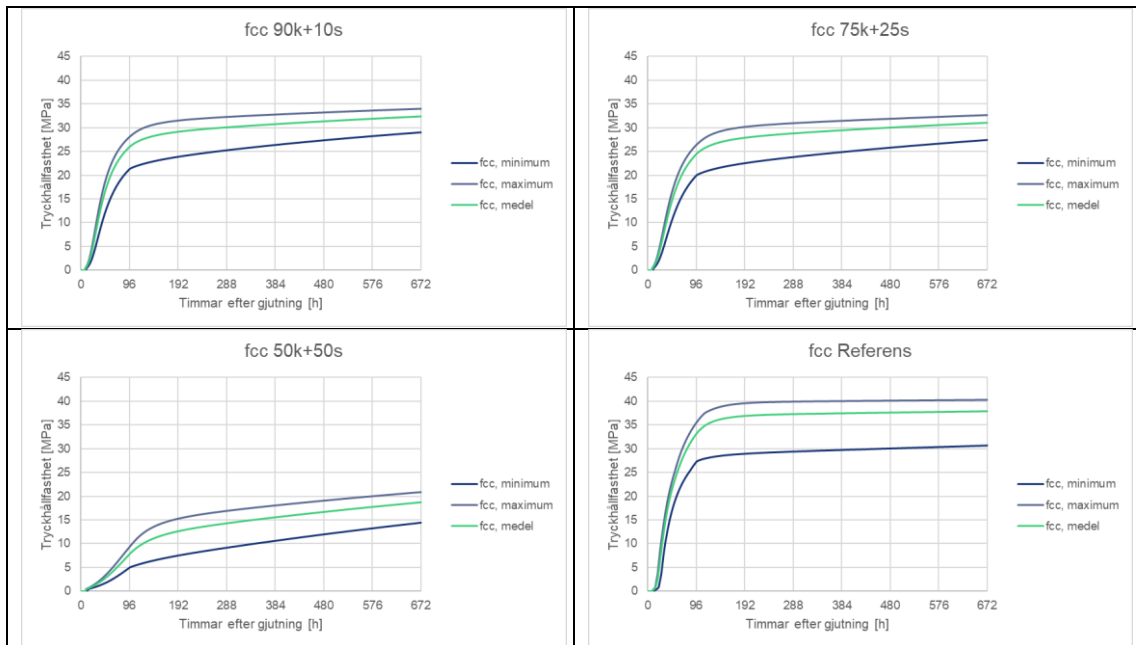
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så minskar spänningskvoten med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling. Dock är spänningskvoten för betongtyp A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) relativt lika.

A.7.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.7.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

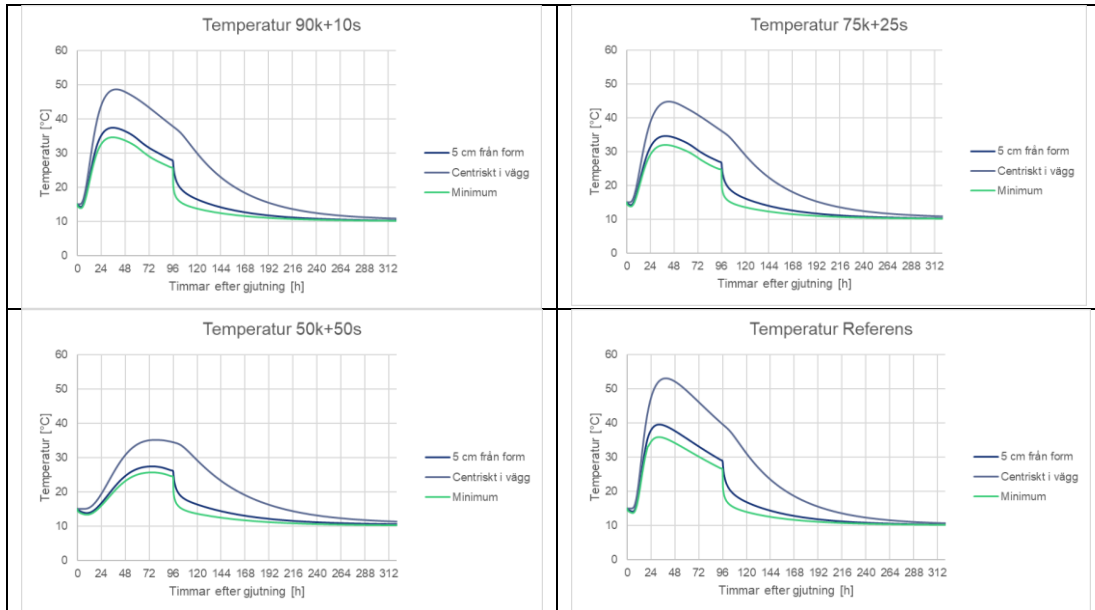


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Av de analyserade betongtyperna är det endast den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) som inte uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

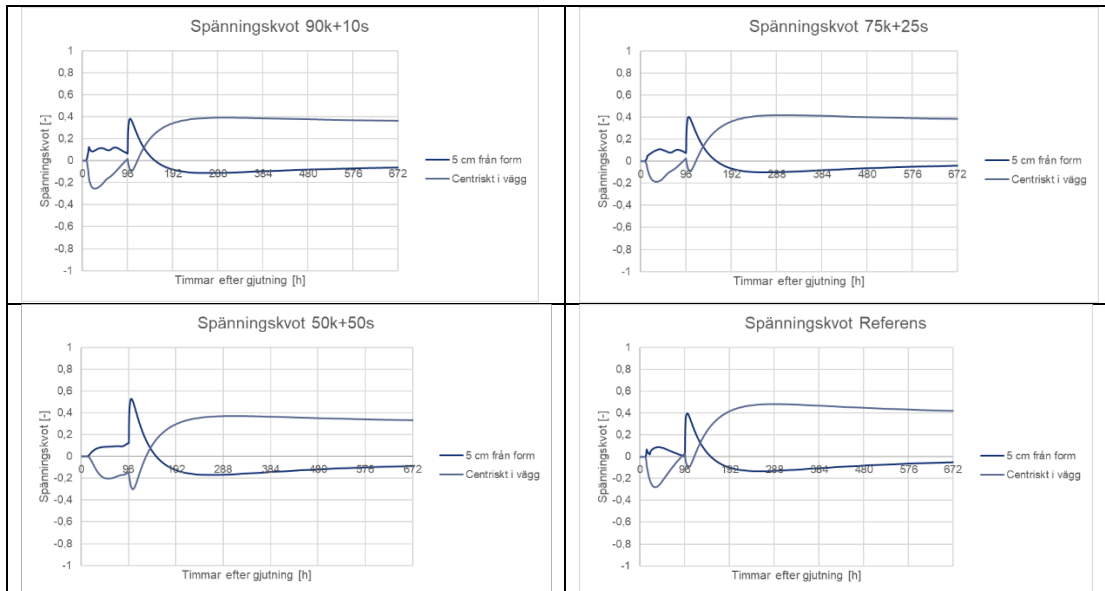
A.7.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.7.2.1 Temperaturutveckling



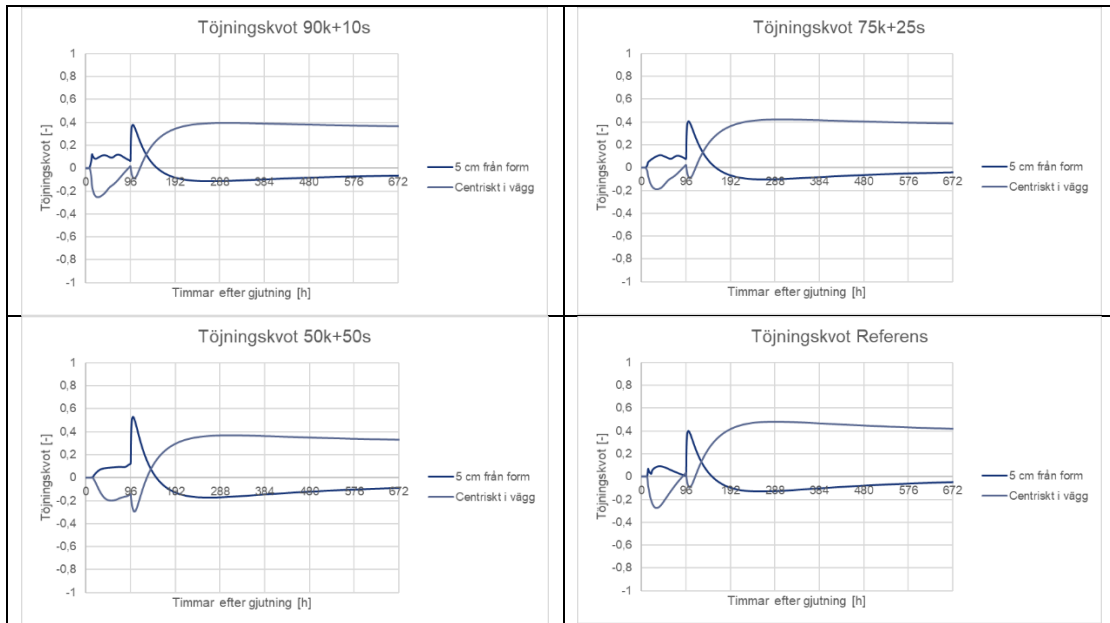
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

A.7.2.2 Spänningskvot



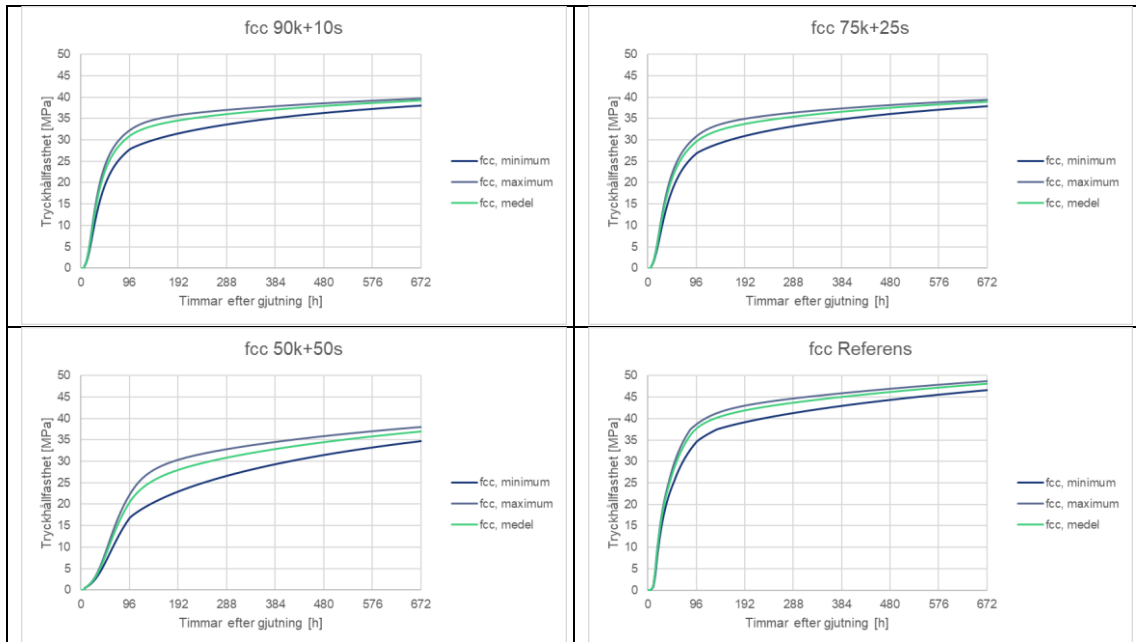
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så är risken för genomgående sprickor relativt lika. Risken för ytsprickor är något högre för den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s) vid formrivning.

A.7.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.7.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

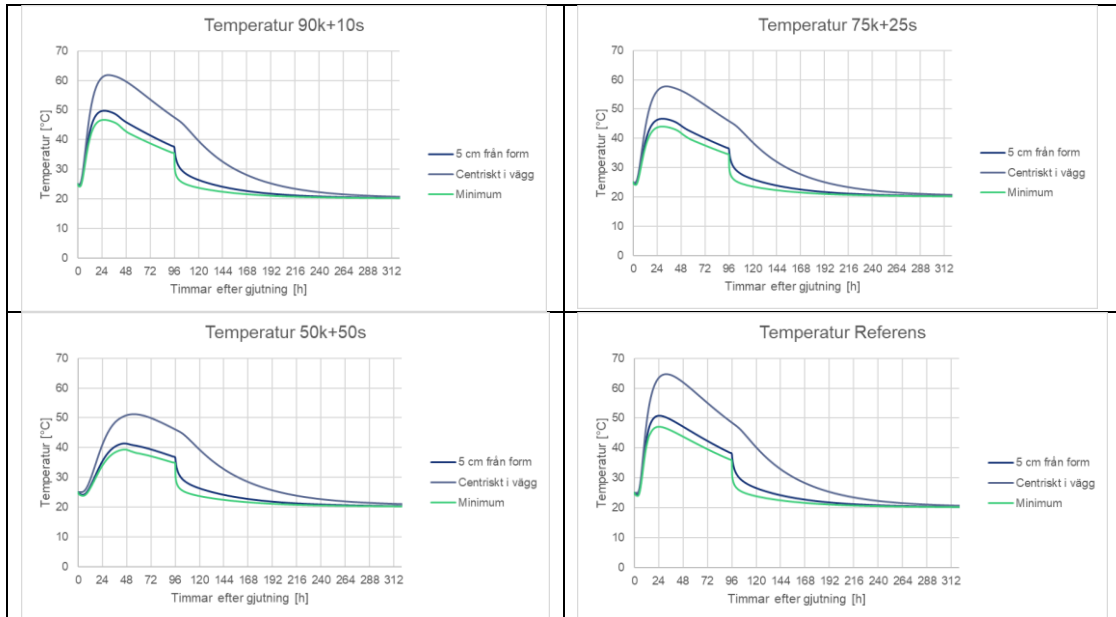


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Av de analyserade betongtyperna är det endast betongtyp A3 (50k+50s) som inte uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

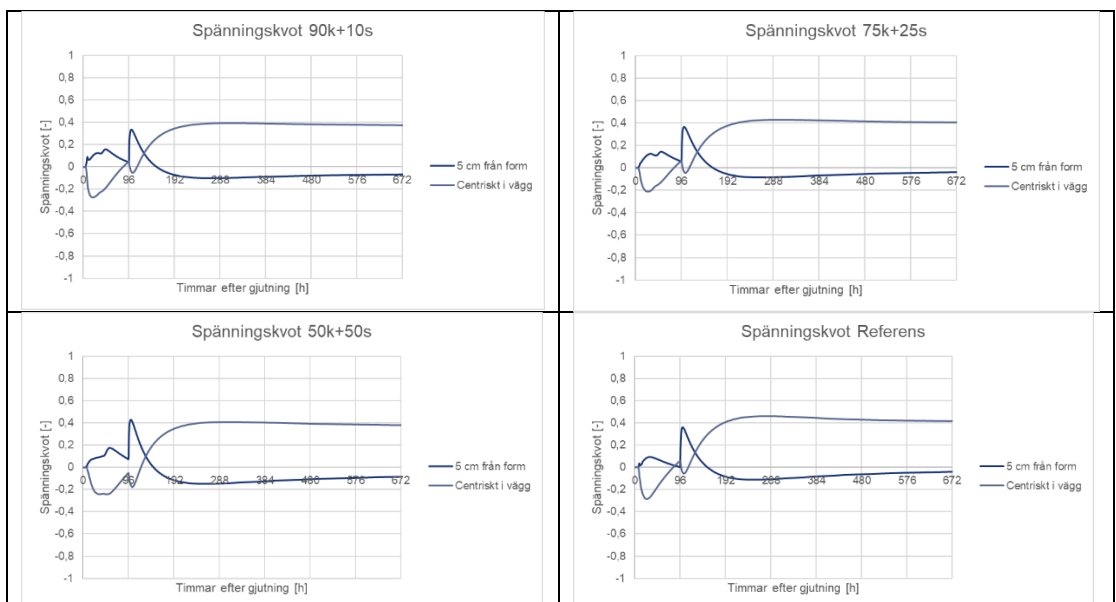
A.7.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.7.3.1 Temperaturutveckling



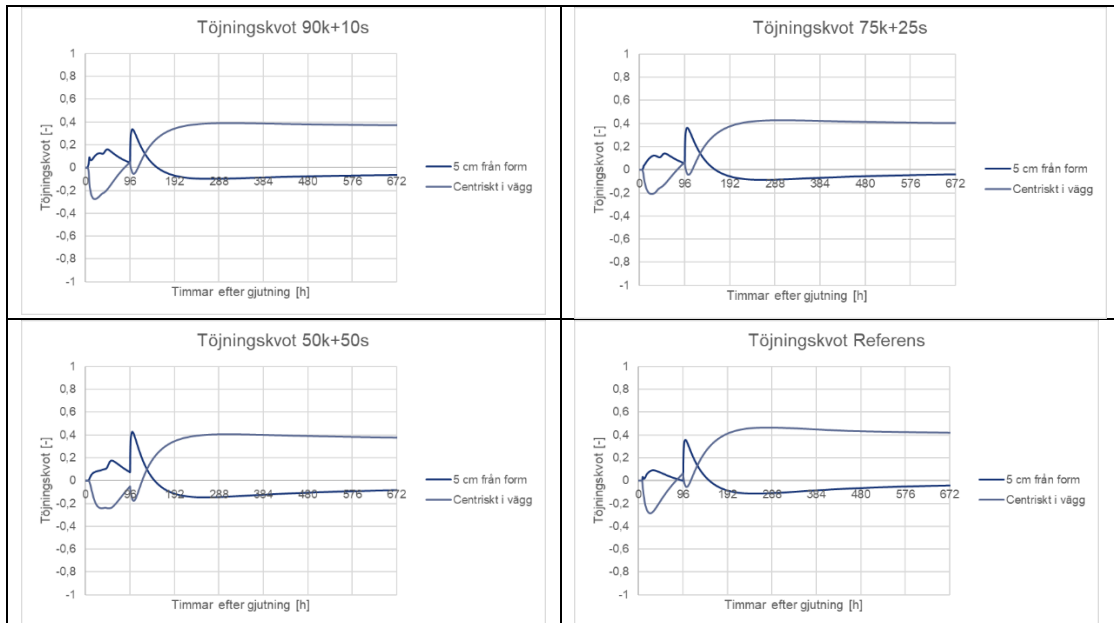
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slagginblandning för betongtyperna A1-A3.

A.7.3.2 Spänningskvot



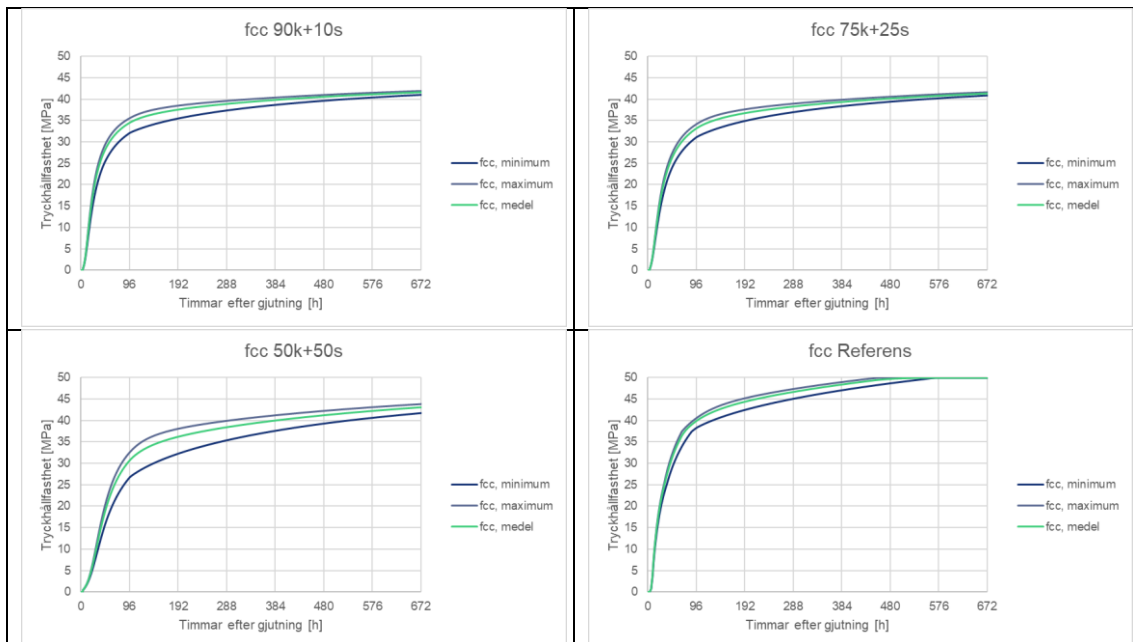
Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så är risken för genomgående sprickor relativt lika. Risken för ytsprickor är något högre för den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s) vid formrivning.

A.7.3.3 Töjningskvot



Kommentar: Töjningskvoten är lika spänningskvoten för samtliga betongtyper i detta temperaturfall.

A.7.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

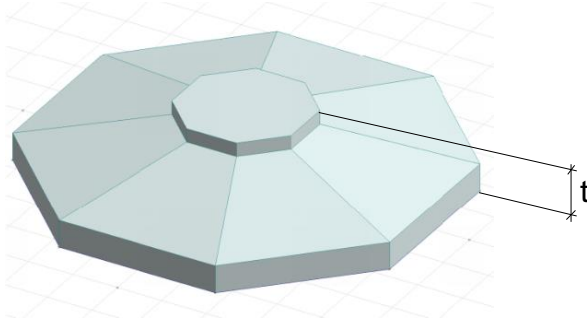


Kommentar: Vid jämförelse av de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 så går hållfasthetsutvecklingen inledningsvis långsammare med ökad slaggtillsats, vilket är i linje med minskande värmeutveckling.

Samtliga betongtyper uppfyller hårdningsklass 3 vid formrivning efter 4 dygn (96 timmar) för det aktuella temperaturfallet.

A.8 Typfall T3300-R000 (Betonger A1, A2, A3, R)

Detta typfall avser ett vindkraftsfundament med tjocklek 3300 mm och gjuten på en en yta med avjämningsbetong. Avjämningsbetongen antas vara glatt och inte ge upphov till yttre tvång.

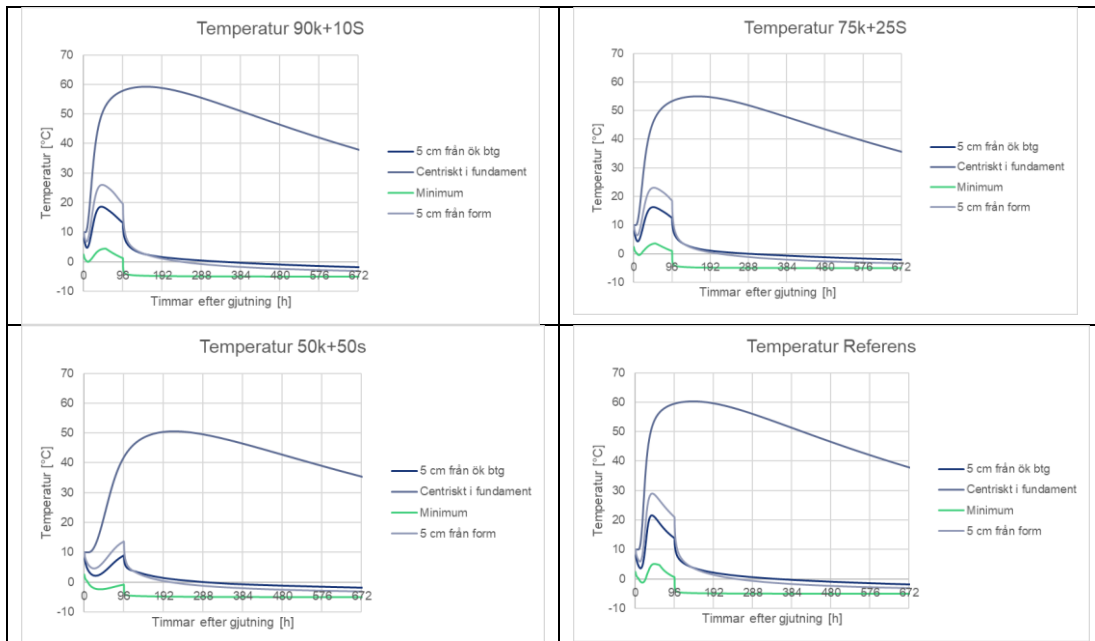


Analyserade betongtyper är de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1-A3 samt referensbetongen R.

Analyser har utförts för tre temperaturfall, dvs. ett vinterfall (K), ett höst/vår-fall (M) och ett sommarfall (V).

A.8.1 Vinter, K (Tluft = -5°C, Tgjut = 10°C)

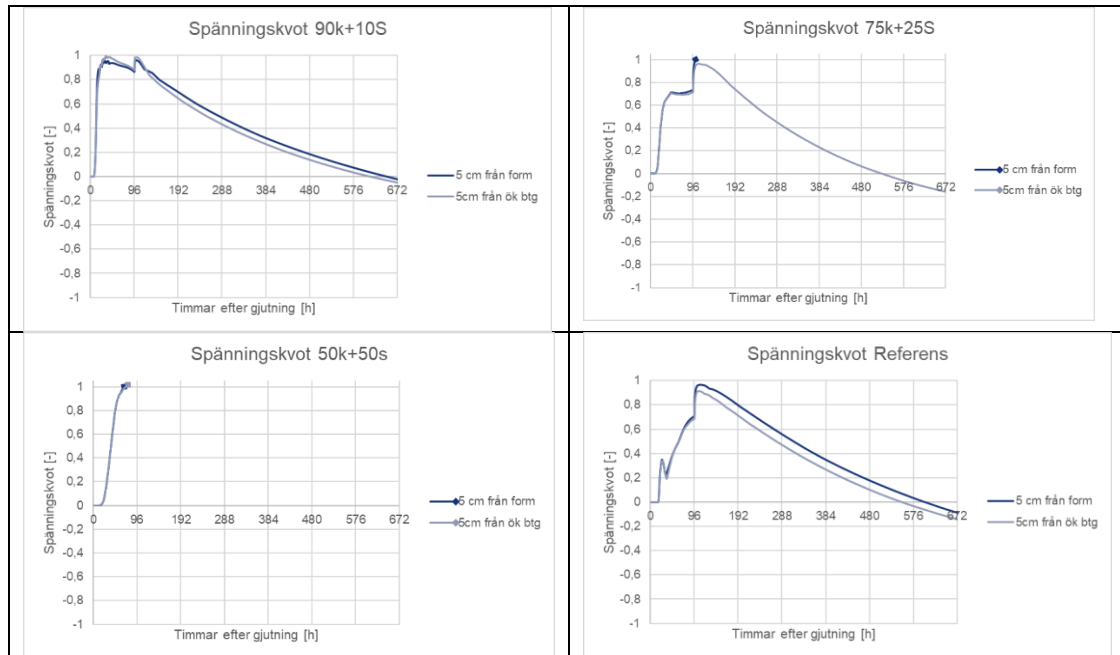
A.8.1.1 Temperaturutveckling



Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

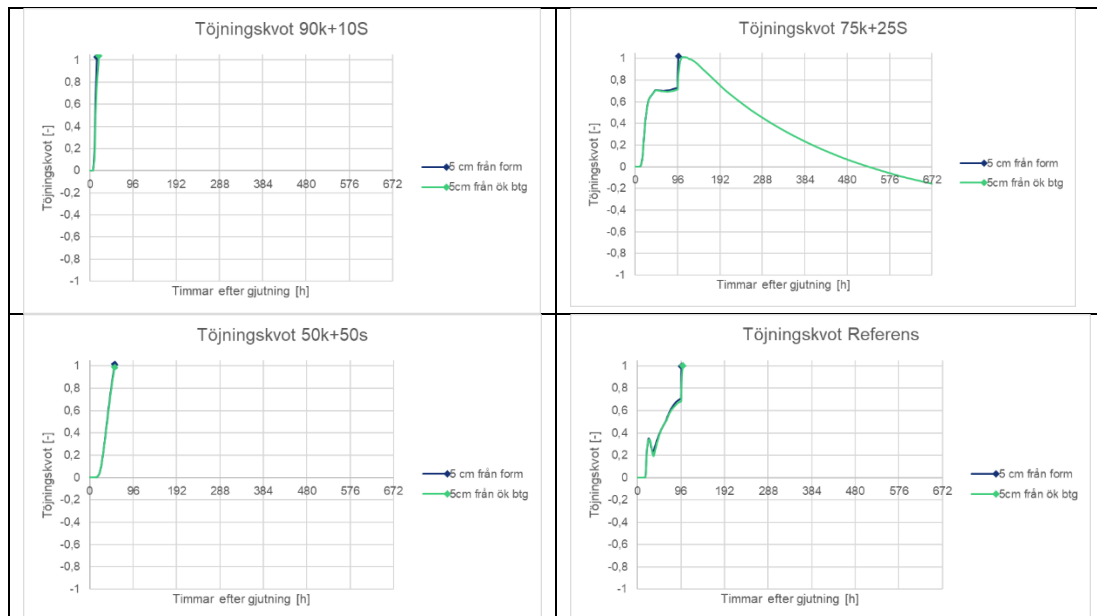
För samtliga analyserade betongtyper fryser den fria överytan (linje minimum) relativt snart efter gjutstart med enbart plast och presenning som täckning. Den klimatförbättrade betongen A3 (50k+50s) riskerar även tidig frysning i formsatt betongyta, dvs. betongen riskerar frysa innan tryckhållfasthet 5 MPa uppnås.

A.8.1.2 Spänningskvot



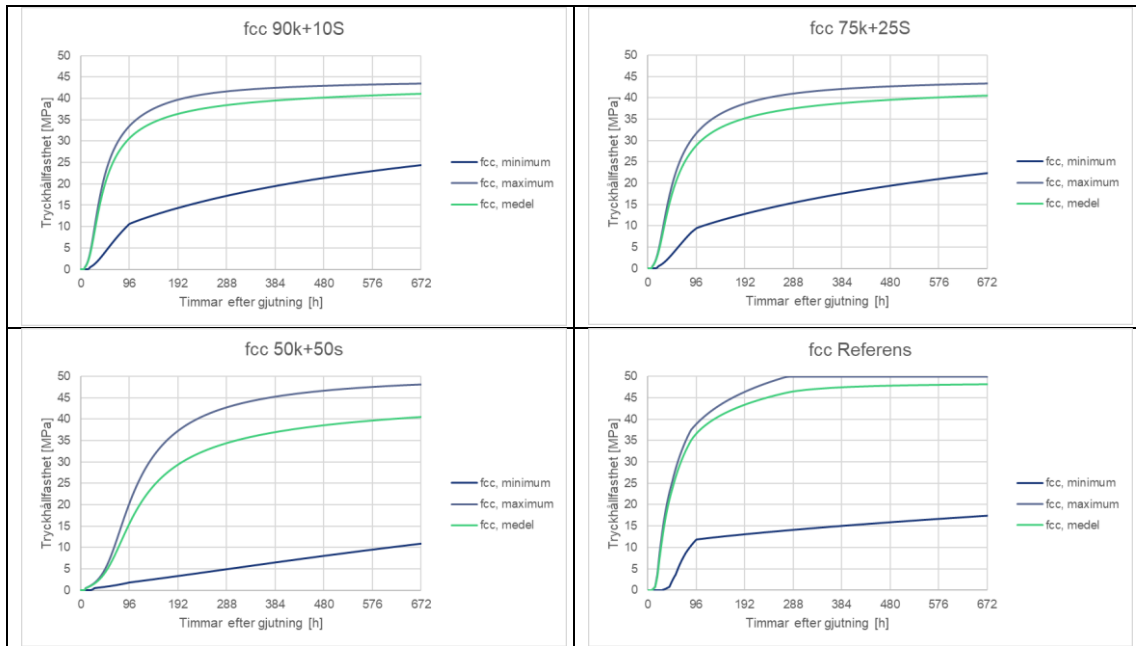
Kommentar: Risken för temperatursprickor är mycket hög för samtliga betongtyper vid aktuella beräkningsförutsättningar.

A.8.1.3 Töjningskvot



Kommentar: Precis som beräknad spänningskvot visar även beräknad töjningskvot på mycket hög risk för temperatursprickor.

A.8.1.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

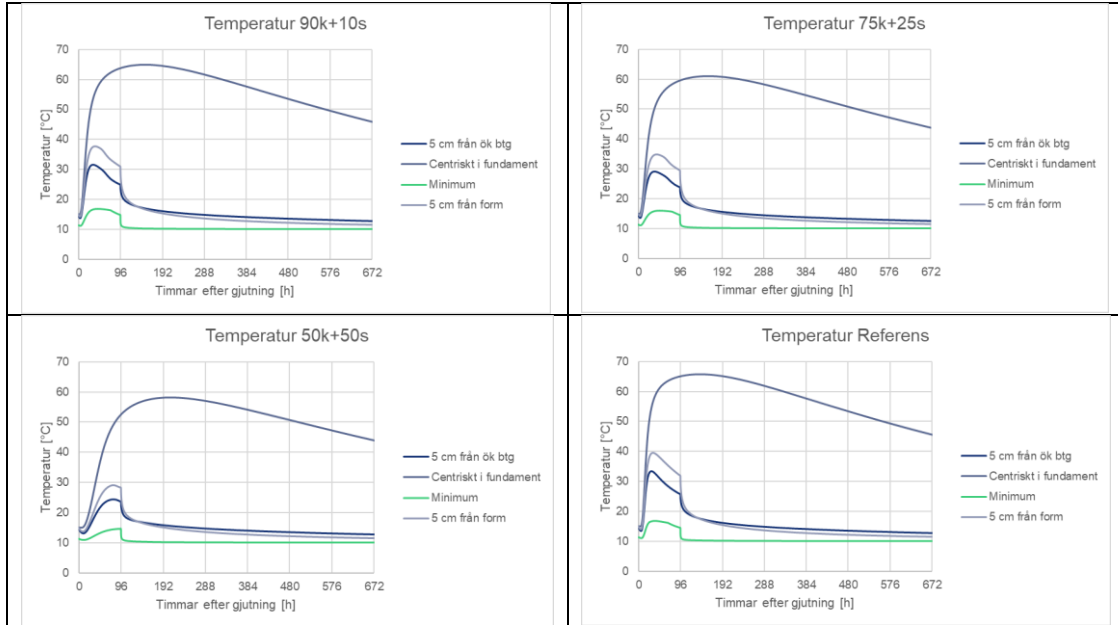


Kommentar: Hållfasthetsutvecklingen är, som sig bör, snabbast för referensbetongen R.

Hållfasthetsutvecklingen för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) är relativt lika. Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) når en högre maximal tryckhållfasthet efter 28 dygn än betong A1 och A2 även om hållfasthets-utvecklingen är långsammare inledningsvis.

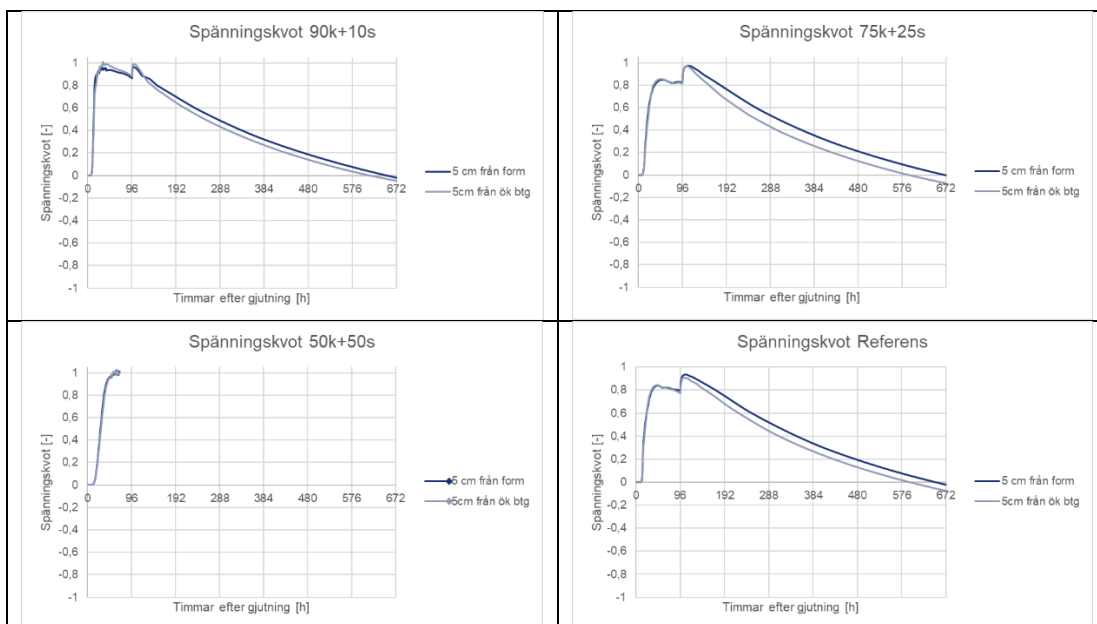
A.8.2 Höst/Vår, M (Tluft =10°C, Tgjut=15°C)

A.8.2.1 Temperaturutveckling



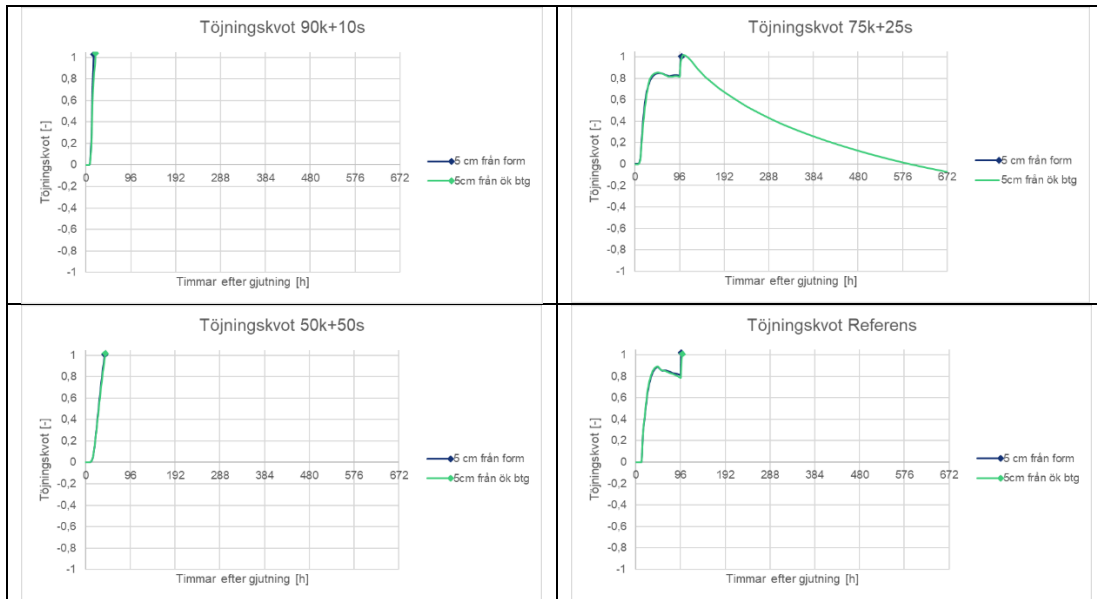
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning även om skillnaden inte är speciellt stor. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

A.8.2.2 Spänningskvot



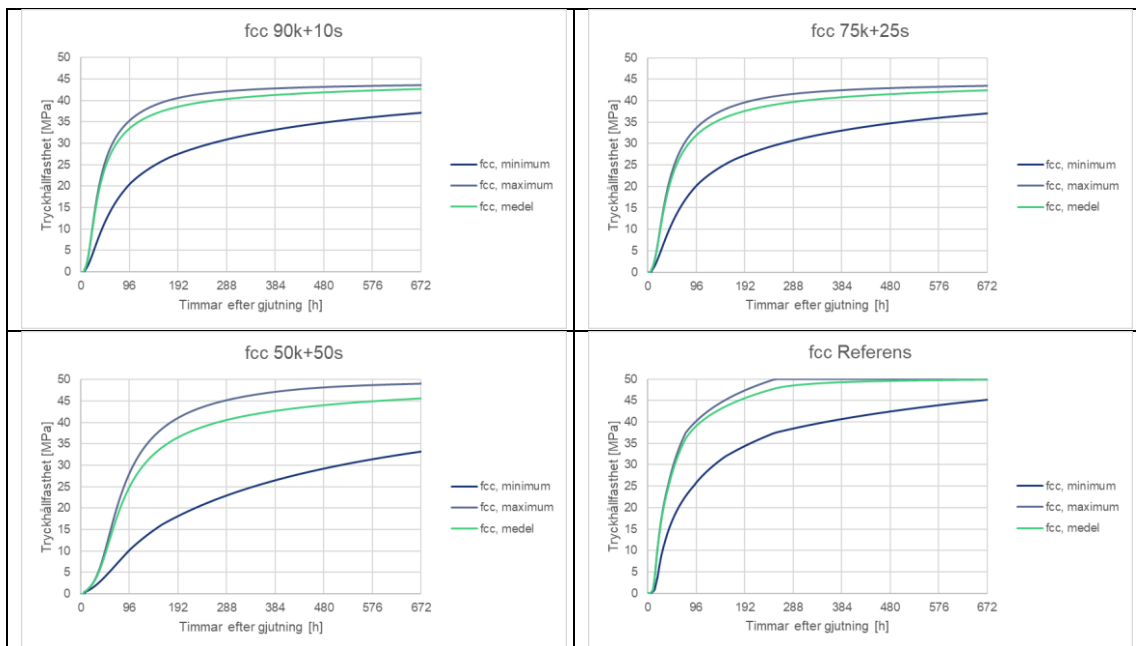
Kommentar: Risken för temperatursprickor är mycket hög för samtliga betongtyper vid aktuella beräkningsförutsättningar.

A.8.2.3 Töjningskvot



Kommentar: Precis som beräknad spänningskvot visar även beräknad töjningskvot på mycket hög risk för temperatursprickor.

A.8.2.4 Hållfasthetsutveckling, fcc

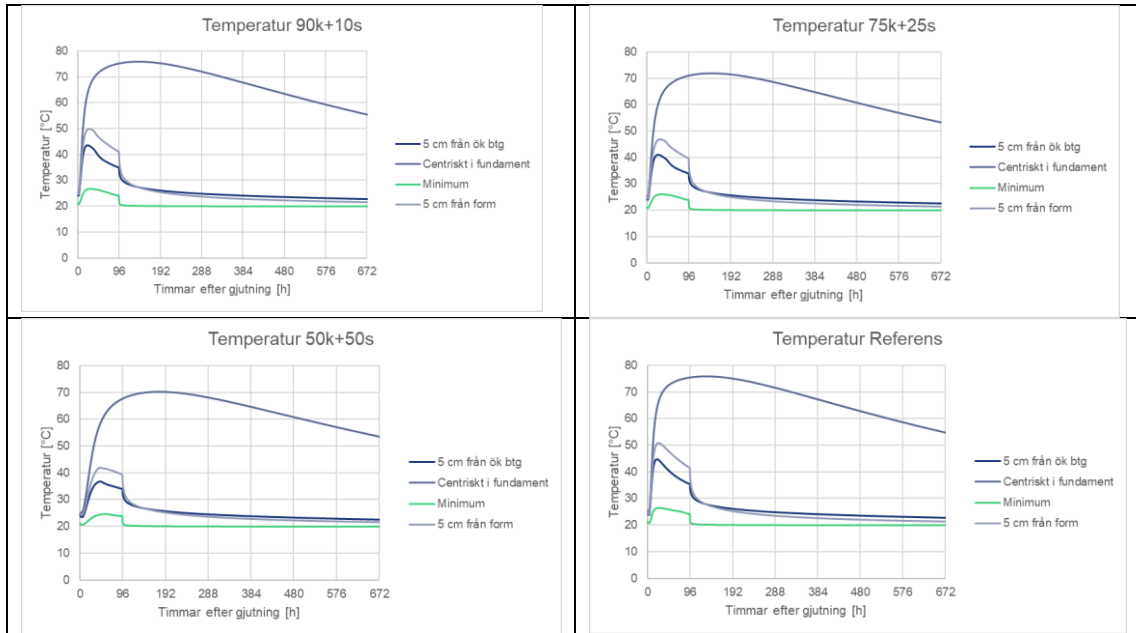


Kommentar: Hållfasthetsutvecklingen är, som sig bör, snabbast för referensbetongen R.

Hållfasthetsutvecklingen för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) är relativt lika. Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) når en högre maximal tryckhållfasthet efter 28 dygn än betong A1 och A2 även om hållfasthets-utvecklingen är långsammare inledningsvis.

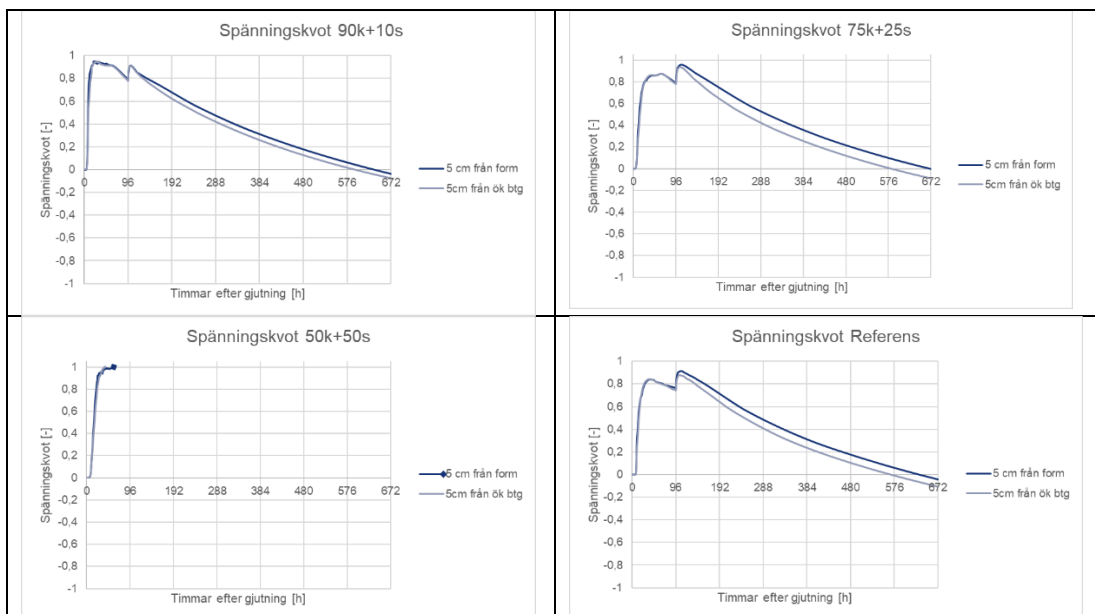
A.8.3 Sommar, V (Tluft =20°C, Tgjut=25°C)

A.8.3.1 Temperaturutveckling



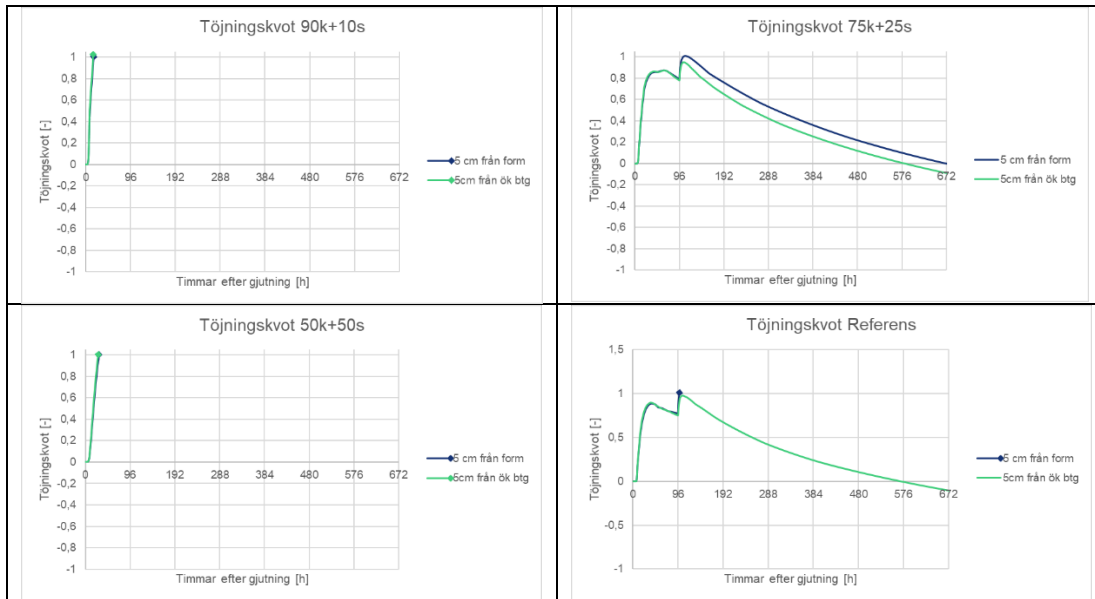
Kommentar: Temperaturutvecklingen för samtliga analyserade betongtyper minskar, som sig bör, med ökad slagginblandning även om skillnaden inte är speciellt stor. Högst temperaturmaximum för referensbetongen R och därefter minskande temperaturmaximum med ökad slaggtillsats för betongtyperna A1-A3.

A.8.3.2 Spänningskvot



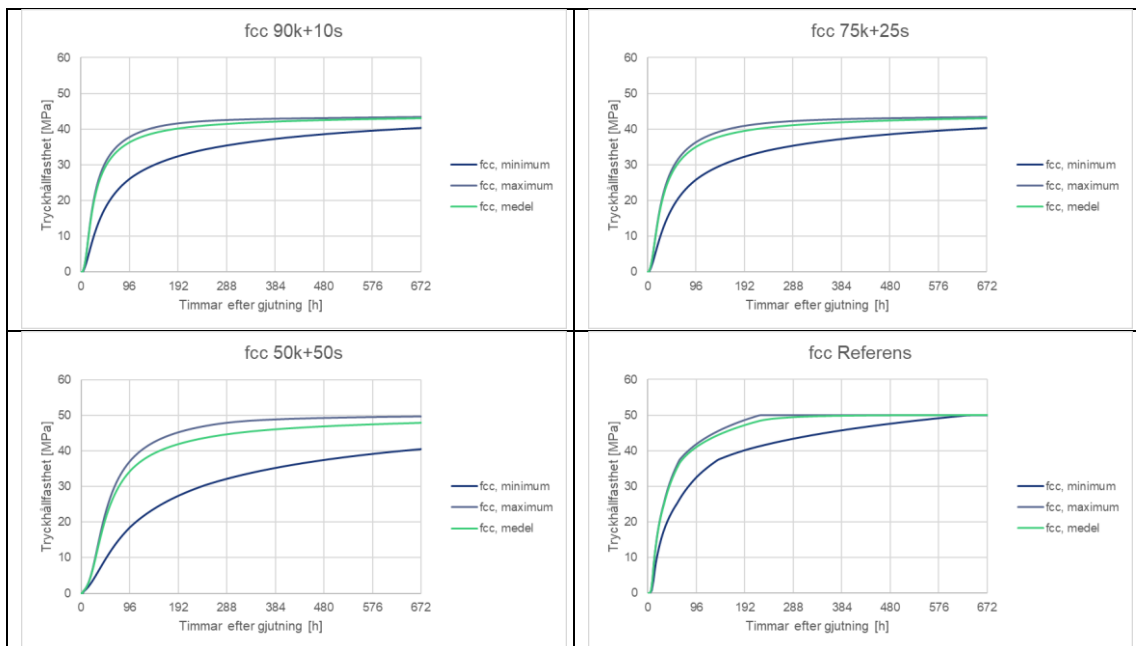
Kommentar: Risken för temperatursprickor är mycket hög för samtliga betongtyper vid aktuella beräkningsförutsättningar.

A.8.3.3 Töjningskvot



Kommentar: Precis som beräknad spänningskvot visar även beräknad töjningskvot på mycket hög risk för temperatursprickor.

A.8.3.4 Hållfasthetsutveckling, fcc



Kommentar: Hållfasthetsutvecklingen är, som sig bör, snabbast för referensbetongen R.

Hållfasthetsutvecklingen för de klimatförbättrade anläggningsbetongerna A1 (90k+10s) och A2 (75k+25s) är relativt lika. Den klimatförbättrade anläggningsbetongen A3 (50k+50s) når en högre maximal tryckhållfasthet efter 28 dygn än betong A1 och A2 även om hållfasthets-utvecklingen är långsammare inledningsvis (framför allt i betongytan).

Bilaga B: IPACS rapportlista

Nedanstående rapporter kan inhämtas från Luleå tekniska universitet, LTU.

General reference to be included with report title and ISBN...

"Published by Department of Civil & Mining Engineering, Division of Structural Engineering, Luleå University of Technology, 2001."

ISBN-number	Author(s)	Title	Subtask/Activity
91-89580-80-X	Mats Emborg	Final Technical Report	T1
91-89580-10-9	Hans Hedlund and Jan-Erik Jonasson	Temperature effect on autogenous deformation. Measurements and modelling of thermal and moisture related deformation and stresses.	T2.4
91-89580-11-7	Alexander-W. Gutsch and Ferdinand S. Rostásy	Test Results and Modelling of Autogenous Deformations of Concrete at Early Age	T2.4
91-89580-12-5	Matias Krauß, Karim Hariri and Ferdinand S. Rostásy	Non-Destructive Assessment of Mechanical Properties of Concrete at Very Early Age by US Techniques – Method, Results and Modelling	T2.1/T2.2
91-89580-13-3	Matias Krauß, Ferdinand S. Rostásy and Alexander- W. Gutsch	Modelling of Degree of Hydration on Basis of Adiabatic Heat Release.	T2.1/T2.3
91-89580-14-1	K. van Breugel, P. Lura	Deformational Behaviour and Self-induced Stresses in Hardening Concrete. Experimental studies on thermal and autogenous deformations, creep and relaxation of hardening concrete.	T2.4/T3.2
91-89580-15-X	P. Lura and K. van Breugel	THERMAL PROPERTIES OF CONCRETE: SENSITIVITY STUDIES	T2.5
91-89580-16-8	Gorden Allas and Klaas van Breugel	Numerical Simulation Model for Hydration and Microstructural Development of Cement-Based Materials. Prediction of adiabatic and isothermal hydration curves.	T2.1
91-89580-17-6	K. van Breugel	Hydration of Cement-Based Systems. Aspects of hydration of cement-based systems and possibilities to quantify the evolution of hydration processes.	T2.1
91-89580-18-4	Paolo Morabito	THERMAL PROPERTIES OF CONCRETE. Variations with the temperature and during the hydration phase.	T2.3
91-89580-19-2	Paolo Morabito	APPARENT ACTIVATION ENERGY. An example of determination from adiabatic hydration tests.	T2.2
91-89580-20-6	Øyvind Bjøntegaard and Erik J. Sellevold	Autogenous and Thermal Deformations	T2.4
91-89580-21-4	Øyvind Bjøntegaard, Erik J. Sellevold, Terje Kanstad and Tor Arne Hammer	Measuring, modelling and 3D stress calculations of concrete in the early age - Compilation of four papers	T2.4



TASK
1



TASK
2



ISBN-number	Author(s)	Title	Subtask/Activity
91-89580-22-2	<i>Per Fidjestøl, Anne-Marit Tommesland</i>	<i>Early age material behaviour</i>	T2.1
91-89580-23-0	Knut Kjellsen	DEVELOPMENT OF AUTOGENEOUS DEFORMATION AND RH OF CEMENT PASTE WITH AND WITHOUT CSF	T2.1
91-89580-24-9	Steinar Helland	NORWEGIAN STANDARDS ON ACTIVATION ENERGY AND HEAT RELEASE	T2.2
91-89580-25-7	K. van Breugel	Heat of Hydration and Apparent Activation Energy of cement Past.	T2.2
91-89580-26-5	<i>TU-Delft</i>	<i>Modelling thermal Properties of Concrete</i>	T2.3
91-89580-27-3	Tu-Trondheim	Early age Deformations in Concrete as driving Forces to Cracking - How to measure and Model for use in Stress Calculations	T2.4
91-89580-28-1	<i>Selmer</i>	Report from the RR-tests performed during Summer 1999	T2.5
91-89580-35-4	Ferdinand S. Rostásy, Matias Krauß and Alexander-W. Gutsch	Computation of Stresses and Cracking Criteria for Early Age Concrete – Methods of iBMB –	T3/T4/T6
91-89580-36-2	Karim Hariri	FRACTURE MECHANICS BEHAVIOUR OF CONCRETE AT EARLY AGE	T3.1 & T6.3
91-89580-37-0	Dr.ing K. van Breugel	Stress predictions in hardening concrete. The role of microstructural development	T3.4
91-89580-38-9	Alexander-W. Gutsch	Viscoelastic behaviour of Early Age Concrete	T3.2
91-89580-39-7	Alexander-W. Gutsch and Ferdinand S. Rostásy	Mechanical Models of the Stress-Strain Behaviour of Young Concrete in Axial Tension and Compression	T3.3
91-89580-40-0	K. van Breugel	MODELLING OF STRENGTH DEVELOPMENT IN HARDENING CONCRETE. MICROSTRUCTURAL FEATURES AND ENGINEERING MODELS	T3.1
91-89580-41-9	A. Cark, K. van Breugel	Estimation of Mechanical Properties of Concrete Using the Hydration Concept	T3.1
91-89580-42-7	Morabito et al	Round Robin Testing Programme - Equipment, test methods, test results.	T3.4
91-89580-43-5	D. Atrushi, O. Bjontegaard, T. Kanstad, E.J. Sellevold	Creep deformation in hardening concrete: Test method investigations and the effect of temperature	T3.2



ISBN-number	Author(s)	Title	Subtask/Activity
91-89580-44-3	G. Westman, S. Utsi, J-E. Jonasson	Evaluation of Creep Tests	T3.2
91-89580-45-1	J-E. Jonasson, G. Westman	Conversion of creep data to relaxation data by the program RELAX	T3.2
91-89580-46-X	<i>M. Emborg</i>	Influence of concrete constituents - literature review	T3.4
91-89580-47-8	<i>J-E. Jonasson et al</i>	LTU engineering creep model	T3.2
91-89580-48-6	E. Sellevold et al	Influence of Silica Fume on Cracking Risks	T3.4
91-89580-49-4	T. Kanstad et al	Mechanical Properties. NORIPACS report	T3.1
91-89580-50-8	<i>Westman, Emborg Hedlund, Bosnjak, Jonassonl</i>	<i>Influence of elasticity and creep on cracking risks</i>	T3.2
91-89580-53-2	Ola Kjellman and Jan Olofsson	3D Structural Analysis of Crack Risk in Hardening Concrete Verification of an Engineering Method.	T4.2.
91-89580-54-0	Jan Olofsson and Mathias Uhlán	Round Robin Simulation - Ground Slab Examples	T4.2
91-89580-55-9	Mathias Uhlán, Jan Olofsson and Hans Hedlund	Uddevalla Bridge Casting of Bottom Slab S5 - Evaluation of Temperature Development	T4.2
91-89580-56-7	Mårten Larson	IMPROVED HAND CALCULATION METHOD.	T4.2
91-89580-57-5	Mårten Larson	RESTRAINT FROM ADJOINING STRUCTURES. - Empirical, Analytical and Numerical Evaluation of Restraint Coefficients	T4.1
91-89580-58-3	Mårten Larson	COMPARISON OF PROGRAMS AIMED FOR COMPUTATION OF THERMAL STRESSES IN CONCRETE STRUCTURES	T4. 2
91-89580-59-1	F.S. Rostásy, A. -W. Gutsch and M. Krauß	ENGINEERING MODELS FOR THE ASSESSMENT OF RESTRAINT OF SLABS BY SOIL AND PILES DURING EARLY AGE OF CONCRETE	T4.1
91-89580-60-5	Paolo Dalmagioni	Sluice gate in-situ experiment: Numerical evaluation of measurements	T4. 2
91-89580-61-3	Terje Kanstad and Daniela Bosnjak	Neural Network Calculations of Culvert Walls by Diana. Verification, Theoretical and Practical Background	T4.2



ISBN-number	Author(s)	Title	Subtask/Activity
91-89580-62-1	P. Lura and K. van Breugel	STRESS PREDICTIONS IN THICK HARDENING CONCRETE SLAB	T4.2
91-89580-63-X	P. Lura and K. van Breugel	NUMERICAL EVALUATION OF CRACKING RISK IN MASSIVE CELLAR WALLS CAST ON SLAB	T4.2
91-89580-64-8	Jan Olofsson, Mathias Uhlán and Hans Hedlund	2D and 3D Restraint Analyses. Typical Structure – Wall-on-Slab	T4.1
91-89580-65-6	Jan-Erik Jonasson and Hans Hedlund	Framework for Restraint Factors. Typical Cases 1 – 5 in IPACS Expert System	T4.1
91-89580-66-4	Jan Olofsson, Mathias Uhlán and Hans Hedlund	Slab cast on rock ground. Model for restraint estimation	T4.1
91-89580-67-2	Hans Hedlund and Jan Olofsson	Restraint Analyses and Simplifications. Typical Structure – Wall-on-Wall	T4.1
91-89580-68-0	Martin Nilsson	Test of Wall Cast on Slab	T4.2
91-89580-69-9	Martin Nilsson	Rotational Boundary Restraint Factor	T4.1
91-89580-31-1	K. van Breugel and E.A.B Koenders	Solar Radiation.	T4.2
91-89580-32-X	Kanstad T, Bosnjak D, Øverli A.	3D Restraint analysed of typical structures with early age cracking problems.	T4.2.
91-89580-33-8	Kanstad T. and Bosnjak D.	The Maridal culvert field test. Numerical simulations of temperature...	T4.2
91-89580-34-6	<i>Kanstad T and Bosnjak D</i>	<i>The Maridal culvert field test. Evaluation of field test results towards theoretical investigations.</i>	T4.2
91-89580-79-6	Jan Olofsson, Hans Hedlund and Mathias Uhlán	Concrete cast on rock – Restraint evaluation	T4.1
91-89580-71-0	M. Larsson	Crack Risk Estimations Compared with Field Observations...	T5.1.3
91-89580-72-9	G. Petkovic, R. Kompen, J. Hellum	Bond Failure Registrations on Wall-to-Slab Casting Joints	T5.2.4



ISBN-number	Author(s)	Title	Subtask/Activity
91-89580-73-7	E. Heimdal, T. Kanstad, R. Kompen	Maridal Culvert, Norway - Field Test I.	T5.1.1.
91-89580-74-5	E. Heimdal, T. Kanstad, R. Kompen	Maridal Culvert, Norway - Field Test II.	T5.1.6
91-89580-75-3	S. Helland, S. Smepllass	Concrete for the Maridal culvert - Round Robin Test	T5.1.6
91-89580-76-1	P. Morabito	Sluice gate - Brembo river, Italy - Field test	T5.1.4
91-89580-77-X	S. Smepllass	Evaluation of Crack Risk	T6.1.3
91-89580-88-5	Jan-Erik Jonasson and Hans Hedlund	Evaluation of Material Data from IPACS Data Base for Use in Program ConTeSt1	T6.2
91-89580-89-3	Jan-Erik Jonasson and Hans Hedlund	Instructions and Users Guide for ConTeSt1	T6.3
91-89580-90-7	Jan-Erik Jonasson, Martin Nilsson, Mårten Larson and Hans Hedlund	Manual Method with Diagrams for Crack Risk Estimation and Restraint Curves	T6.2
91-89580-91-5	Paolo Dalmagioni, Marco Lazzari, Rita Pellegrini	Final report of the TASK 6	T6.3
91-89580-92-3	P. Dalmagioni	IPACS thermal solver: Users guide	T6.3
91-89580-93-1	P. Dalmagioni	The VERSIG mono-dimensional solver: theory and users' guide	T6.2
91-89580-94-X	M. Lazzari	IPACS database. Users manual	T6.3
91-89580-95-8	Paolo Dalmagioni, Marco Lazzari	Detailed design of an expert system for the management of concrete at early ages	T6.3
91-89580-96-6	Marco Lazzari, Paolo Dalmagioni	IPACS Expert System - users manual	T6.3
91-89580-97-4	M. Lazzari	Short users guide to the material database	T6.3



ISBN-number	Author(s)	Title	Subtask/Activity
91-89580-98-2	M. Lazzari	State of the art report on expert systems in civil engineering	T6.3
91-89580-99-0	Paolo Dalmagioni, Marco Lazzari	Specification and conceptual design of the IPACS Expert System	T6.3



Bilaga C: Materialmodeller

Tryckhållfasthet

Hållfasthetsutvecklingen för betongens tryckhållfasthet modelleras med hjälp av en tendenskurva framtagen för 20°C, *referenshållfasthet* [MPa] (Fjellström, 2013)

$$f_{cc}^{ref} = \begin{cases} 0 & \text{för } 0 \leq t_e < t_S \\ \left(\frac{t_e - t_S}{t_A - t_S}\right)^{n_A} \cdot f_A & \text{för } t_S \leq t_e < t_A \\ \exp\left(s \cdot \left(1 - \left(\frac{672 - t^*}{t_e - t^*}\right)^{n_{cc,28}}\right)\right) \cdot f_{cc,28} & \text{för } t_e \geq t_A \end{cases} \quad (1)$$

där

- t_S = ekvivalent tid då hållfastheten börjar utvecklas [h]
- t_A = ekvivalent tid då hållfastheten nått f_A [h]
- n_A = kurvformparameter [-]
- f_A = tryckhållfasthet vid då betongen ej kan glättas. Vanligtvis 0.5 MPa. [MPa]
- s = kurvformparameter [-]
- $n_{cc,28}$ = kurvformparameter [-]
- $f_{cc,28}$ = 28 dygnshållfastheten [MPa]

$$t^* = \frac{672 - \delta_c \cdot t_A}{1 - \delta_c} \quad (2)$$

där

$$\delta_c = \left(1 - \frac{1}{s} \cdot \ln \frac{f_A}{f_{cc,28}}\right)^{1/n_{cc,28}} \quad (3)$$

Ekvivalent tid

En representation för betongens hydrationshastighet är mognadstiden eller ekvivalent tid [t] (Jonasson, 1994) som beräknas enligt

$$t_e = \beta_\Delta \int_0^t \beta_T \cdot dt + \Delta_{t_e}^0 \quad (4)$$

där

$$\beta_T = \exp\left(\theta \left[\frac{1}{293} - \frac{1}{T+273}\right]\right) \quad (5)$$

och

$$\theta = \theta_{ref} \left(\frac{30}{T+10}\right)^{k_3} \quad (6)$$

där

t = realltid [t]

T = betongens temperatur [°C]

Θ_{ref} = aktiveringsenergin delat med allmänna gaskonstanten [°K]

κ_3 = parameter som ger aktiveringsenergens temperaturkänslighet [-]

Utifrån referenshållfastheten och ekvivalent tid kan momentan tryckhållfasthet beräknas oavsett temperaturförlopp.

Eventuellt reducerad hållfasthet [MPa] (Fjellström, 2013) orsakad av förhöjd härdningstemperatur beskrivs av

$$f_{cc} = f_{cc}^{ref} - f_{cc28} \cdot \gamma_{drop} \cdot \Delta_{drop28}^{max} \quad \text{för } t_e \geq 0 \quad (7)$$

där

Δ_{drop28}^{max} = maximalt hållfasthetstapp vid $t_e = 28d$ [-]

$\gamma_{drop}\{0,1\}$ = faktor som tar hänsyn till temperaturnivån under härdningen [-]

Tekniken att beskriva hållfasthetstappet enligt ekvation 7 baseras på följande karakteristiska observationer

- 1) Hållfasthetstappet startar vid någon minsta temperatur, funktionen γ_{Temp} .
- 2) Höga temperaturer påverkar hållfasthetstappet först efter viss tid, funktionen γ_{time} .

Den tredje effekten bygger på antagandet att

- 3) Hållfasthetstappet beror på (skenbara) hydratationshastigheten ($d\alpha^*/dt_e$) vilket motsvarar bildad mängd hydratationsprodukter per tidsenhet.

Funktioner som beaktar dessa tre fenomen är

$$\gamma_{drop} = \frac{\delta_{drop}}{\delta_{ref}} \quad (8)$$

med

$$\delta_{drop} = \int_0^{t_e} \gamma_{Temp} \cdot \gamma_{time} \cdot \frac{d\alpha^*}{dt_e} \cdot dt_e \quad (9)$$

och

$$\delta_{ref} = \int_0^{672h} \gamma_{time} \cdot \frac{d\alpha^*}{dt_e} \cdot dt_e \quad (10)$$

Funktionen som beaktar temperaturnivån, γ_{Temp} , formuleras enligt

$$\gamma_{Temp} = \exp\left(-\left[\frac{T}{Temp_D}\right]^{-\kappa_{Temp}}\right) \quad (11)$$

där

$Temp_D$ = anpassningsparameter [°C]

κ_{Temp} = anpassningsparameter [-]

och funktionen som beaktar tidsförloppet, γ_{time} , enligt

$$\gamma_{time} = \exp\left(-\left[\frac{t_e}{time_D}\right]^{-\kappa_{time}}\right) \quad (12)$$

där

$time_D$ = anpassningsparameter [h]

κ_{time} = anpassningsparameter [-]

Den beräknade skenbara hydratationshastigheten sker genom tidsderivering av hydratationsgraden formulerad enligt

$$\alpha^* = \exp\left(-\left[\ln\left(1 + \frac{t_e}{t_1}\right)\right]^{-\kappa_1}\right) \quad (13)$$

och

$$\alpha = \alpha^* \cdot \alpha_u \quad (14)$$

och dess tidsderivata blir

$$\frac{d\alpha^*}{dt_e} = \frac{\alpha^*}{t_1 + t_e} \cdot \kappa_1 \cdot \left[\ln\left(1 + \frac{t_e}{t_1}\right)\right]^{-(\kappa_1 + 1)} \quad (15)$$

där

- α^* = skenbar hydratationsgrad [-]
 α = hydratationsgrad [-]
 α_u = hydratationsgrad efter ”oändlig tid” [-]

Värmeutveckling

Betongens värmeutveckling [W/(t · m³)] under hydratationen (Jonasson, 1994), beskrivs av

$$Q_h(t) = \frac{dq_{cem}(t)}{dt} \cdot C \quad (16)$$

där

- Q_h = utvecklad värme i betongen per volymenhet [W/m³]
 C = cementhalt [kg/m³]

där

$$q_{cem}(t) = \exp\left(-\left(\ln\left(1 + \frac{t_e}{t_1}\right)\right)^{-\kappa_1}\right) \cdot q_u \quad (17)$$

där

- q_u = utvecklad värme efter ”oändlig” tid per cementmängd [J/kg]
 κ_1 = anpassningsparameter [-]
 t_1 = anpassningsparameter [s]

Temperaturrelsekoefficient

Temperaturrelsekoefficienter [1/°C] (Hedlund, 2000) vid variabel temperatur beskrivs av

$$\alpha_T = \begin{cases} \alpha_E & \text{för } \frac{\partial T}{\partial t} \geq 0 \\ \alpha_C & \text{för } \frac{\partial T}{\partial t} < 0 \end{cases} \quad (18)$$

där

- α_E = betongens temperaturutvidgningskoefficient [1/°C]
 α_C = betongens temperaturkontraktionskoefficient [1/°C]

Autogen krympning

Autogen krympning [-] (Stelmarczyk, Rapp, Hedlund, 2022), självuttorkningen, beskrivs av

$$\varepsilon_{SH} = \begin{cases} 0 & \text{för } t_e < t_{e0} \\ \varepsilon_1 \cdot \left(\frac{t_e - t_{e0}}{t_{SH} - t_{e0}} \right) & \text{för } t_{e0} \leq t_e < t_{SH} \\ \varepsilon_1 + \varepsilon_{ref} \cdot \exp\left(-\left(\frac{t_{s0}}{t_e - t_{SH}}\right)^{\eta_{SH}}\right) & \text{för } t_e \geq t_{SH} \end{cases} \quad (19)$$

där

ε_1 = maximal autogen krympning för linjär fas [-]

t_{e0} = tidpunkt där autogen krympning startar [h]

t_{SH} = tidpunkt där autogen krympning övergår från att vara linjär till exponentiell [h]

ε_{ref} = maximal autogen krympning vid "oändlig" tid [-]

t_{s0} = anpassningsparameter [h]

η_{SH} = kurvformparameter [-]

Krypning

Krypningen definieras som den deformationsökning som sker med tiden för en belastad betongkropp. Krypning sker för både tryck-och dragbelastad betong.

Krypningen modelleras i ConTeSt m.h.a. parallellkopplade Maxwell element vars fjäderstyvheter är mognadsberoende, se (Bažant, Chern, 1985). För att kunna ansätta betongspecifika fjäderstyvheter behöver krypningen eller relaxationen provas. Att mäta betongens krypning är enklast ur ett mättekniskt perspektiv. Vid provningsproceduren mäts den totala töjningen och ett sätt att beskriva den totala töjningen är att ange töjning per pålagd spänningsenhet, vilket definieras som kompliansen [1/Pa]

$$J_c(\Delta t_{load}, t_0) = \varepsilon_c(\Delta t_{load}, t_0) / \sigma_c(t_0) = J_{c0}(t_0) + J_{cc}(\Delta t_{load}, t_0) \quad (20)$$

där

ε_c = betongens totala töjning [-]

σ_c = pålagd spänning [MPa]

$J_{c0}(t_0)$ är elastisk del och $J_{cc}(\Delta t_{load}, t_0)$ är krypdelen av kompliansen. Med känd E-modul beräknas den totala töjningen som "elastisk" deformation med hjälp av två räta linjer i logaritmisk tidsskala med avseende på belastningsvidden Δt_{load} (Larson, 2003) enligt:

$$J(\Delta t_{load}, t_0) = \frac{1}{E(t_0)} + \begin{cases} a_1(t_0) \cdot \log\left(\frac{\Delta t_{load}}{\Delta t_0}\right) & \text{for } \Delta t_0 \leq \Delta t_{load} < \Delta t_1 \\ a_1(t_0) \cdot \log\left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_0}\right) + a_2(t_0) \cdot \log\left(\frac{\Delta t_{load}}{\Delta t_1}\right) & \text{for } \Delta t_{load} \geq \Delta t_1 \end{cases} \quad (21)$$

där

Δt_{load} = tidsspann efter pålastning, $t - t_0$, [d]

t_0 = tid vid pålastning [d]

t	= tid efter blandning [d]
$E(t_0)$	= elasticitetsmodul vid pålastning [Pa]
Δt_0	= ”elastiskt” tidsspänn efter pålastning (ofta ansatt värde är 0.001) [d]
Δt_1	= brytpunkt för kryphastighet [d]
$\alpha_1(t_0)$	= 1:a ”logaritmiska” kryphastigheten [$\text{Pa}^{-12} / \log(\Delta t_{load})$]
$\alpha_2(t_0)$	= 2:a ”logaritmiska” kryphastigheten [$\text{Pa}^{-12} / \log(\Delta t_{load})$]

Utifrån kompliance bestäms sedan ett relaxationsspektrum [GPa], som anger fjäderstyvheter m.a.p. mognadsålder och relaxationstid (Jonasson, Westman, 2001).

$$R(t, \tau) = \sum_{\mu=1}^n E_{\mu}(t_0) \cdot \exp\left(-\frac{(t-t_0)}{\tau_{\mu}}\right) \quad (22)$$

där

n	= antal Maxwell element [-]
$E_{\mu}(t_0)$	= styvhet för det μ :e elementet vid tid för pålastning [GPa]
τ_{μ}	= relaxationstid för det μ :e elementet [d]

Relaxationsspektrumet används av ConTeSt för att bestämma effektiv E-modul.

Spänningsberäkningsmetodik

Spänningsberäkning sker som stegräkning i tid, och för beräkning från tiden = t_i till tiden t_{i+1} kan spänningsändringen från σ_i till σ_{i+1} direkt uttryckas av den konstitutiva ekvationen enligt:

$$\sigma_{i+1} = \sigma_i + \Delta\sigma_{i+1} \quad (23)$$

med

$$\Delta\sigma_{i+1} = E_{i+1}^{tot} \cdot (\Delta\epsilon_{m,i+1} - \Delta\epsilon_{i+1}^0) \quad (24)$$

där

E_{i+1}^{tot}	= totalt fiktiv elasticitetsmodul inklusive krypning under tidssteget samt tillämpning av icke-linjär arbetskurva enligt figur 1 [GPa]
$\Delta\epsilon_{m,i+1}$	= ändring av spänningsrelaterad ”material”-töjning under tidssteget [-]
$\Delta\epsilon_{i+1}^0$	= total icke-elastisk deformation under tidssteget [-]

Den fiktiva E-modulen beskrivs av

$$E_{i+1}^{tot} = E_{cc,i+1} \cdot (1 + \gamma_d) \quad (25)$$

där

$E_{cc,i+1}$	= effektiva E-modulen inklusive krypeffekter beräknad ur relaxationsspektrat [GPa]
γ_d	= korrektionsfaktor för icke-linjär tillämning av betongens arbetskurva, figur 1 [-]

Vid monoton pålastning längs jungfrukurvan för $\sigma/f_{ct} > \alpha_{ct}$ gäller följande

$$\gamma_d = \exp\left(-\frac{\varepsilon_{m,i+1} - \alpha_{ct}}{1 - \alpha_{ct}}\right) - 1 \quad (26)$$

där

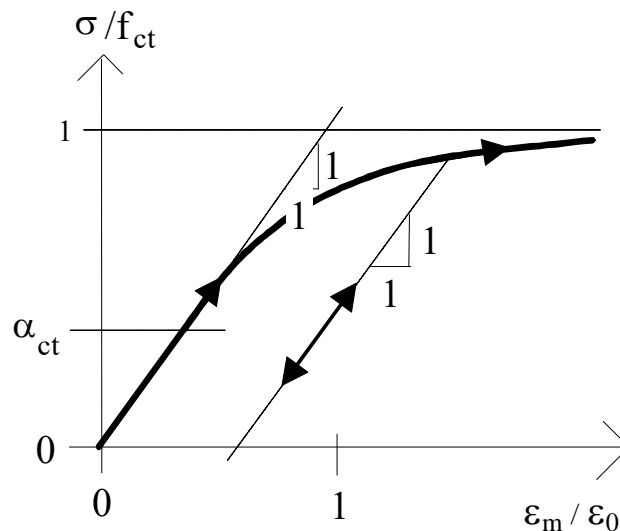
$\varepsilon_{m,i+1}$ = medelvärde av spänningsrelaterad ”material”-töjningen under tidssteget [-]

$\varepsilon_0 = f_{ct}/E_{cc,i+1}$ = töjningen där en tänkt rak arbetskurva uppnår draghållfastheten [-]

f_{ct} = betongens draghållfasthet [MPa]

α_{ct} = gränsen för den linjära arbetskurvan för betongen, se figur 1 [-]

För alla andra fall av belastningsändringar gäller $\gamma_d = 0$, vilket är liktydigt med ”lutningen = 1” i Figur 15.



Figur 15: Antaget spännings-töjnings-samband (s k arbetskurva) för betong

Betongens draghållfasthet, f_{ct} , relateras till tryckhållfastheten enligt

$$f_{ct} = (f_{cc}/f_{cc}^{ref})^{\beta_1} \cdot f_{ct}^{ref} \quad (25)$$

där

f_{cc} = aktuell tryckhållfasthet [MPa]

f_{ct}^{ref} = referensdraghållfasthet, ofta ansatt vid 28 d [MPa]

β_1 = relationsparameter mellan drag och tryckhållfasthet enligt Eurocode 1992-1-1 [-]

Den totala icke-elastiska deformationen under tidssteget uttrycks av

$$\Delta\varepsilon_{i+1}^0 = \Delta\varepsilon_{rel} + \Delta\varepsilon_T + \Delta\varepsilon_{SH} \quad (26)$$

där

$\Delta\varepsilon_{rel}$ = icke-linjär töjningsändring beräknad ur betongens relaxation under tidssteget

$\Delta\varepsilon_T$ = töjningsändring av temperaturändring under tidssteget

$\Delta\varepsilon_{SH}$ = krympningsändring under tidssteget

För att ha möjlighet att beakta sk ”spänningsinducerade” deformationer (Bažant, Chern, 1985 och Jonasson, 1994) kan spänningsberoende temperatur- och fuktrelaterade frittöjningar behöva justeras enligt

$$\Delta \varepsilon_T = \Delta \varepsilon_T^0 \cdot \left(1 + \rho_T \cdot \frac{\sigma}{f_{ct}} \cdot \text{sign}(\Delta T) \right) \quad (27)$$

$$\Delta \varepsilon_{SH} = \Delta \varepsilon_{SH}^0 \cdot \left(1 + \rho_\varphi \cdot \frac{\sigma}{f_{ct}} \cdot \text{sign}(\Delta \varphi) \right) \quad (28)$$

där

ρ_T	= anpassningsparameter [-]
ρ_φ	= anpassningsparameter [-]
ΔT	= temperaturändring [°C]
$\Delta \varphi$	= relativ fuktighetsändring [-]

Bilaga D: Generella materialparametrar

I denna bilaga presenteras samtliga generella materialparametrar för ConTeSt RnD v5.0 respektive ConTeSt RnD v5.1. De generella betongens parameteruppsättningar är trendade, dvs för att ge en inbördes logisk trend för respektive egenskap. Materialdata redovisade i denna bilaga har sitt ursprung i receptspecifikt provad betongsammansättning.

Tillgången på receptspecifikt provad klimatförbättrad betong är i dagsläget klen. I framtiden kan fler uppsättningar materialdata finnas tillgänglig. Här kan ett gott råd vara att undersöka med betongleverantören, forsknings- och provningsinstitut eller laboratorium där ung betong provas.

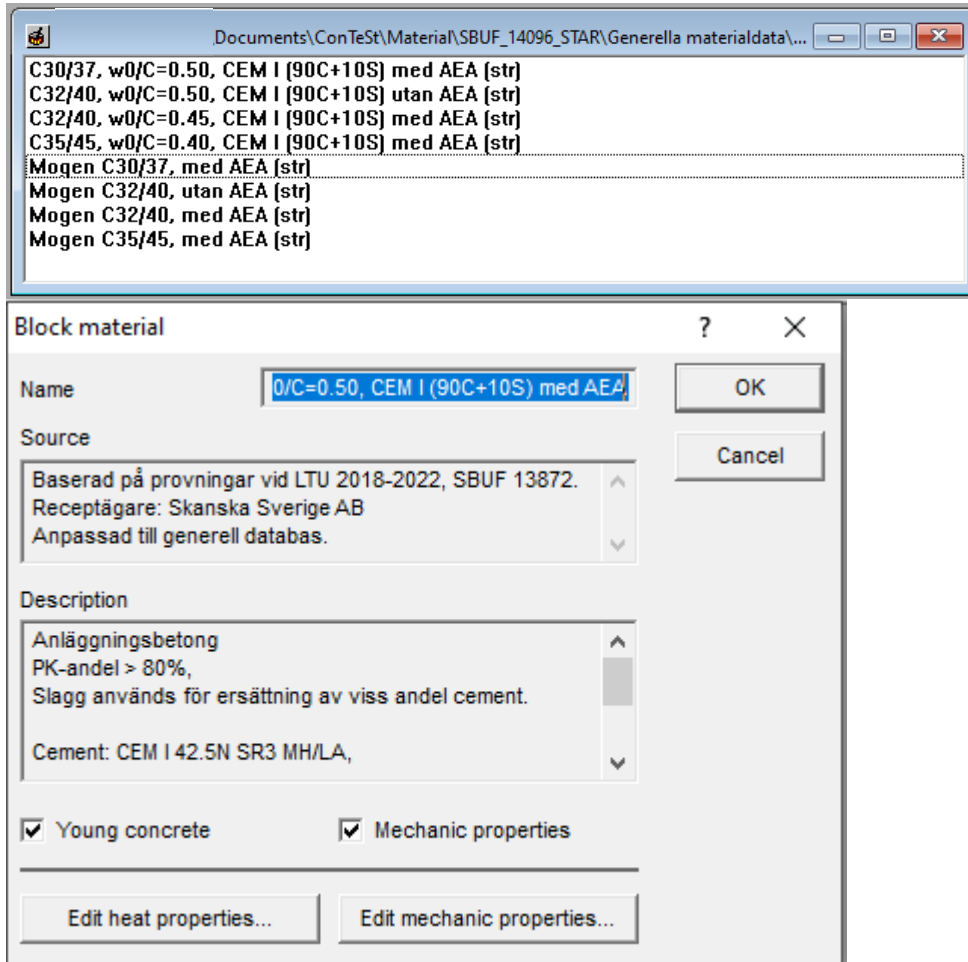
Materialparametrar enligt materialmodeller presenterade i bilaga C.

Materialparametrar framtagna för ConTeSt RnD v5.1 och samlade i denna rapport kommer att vara användbara i *Produktionsplanering Betong – Spänning (PPB-Spänning)*.

Betongdata för ConTeSt RnD v5.0	148
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 0-20%_ v5.0	148
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 21-35%_v5.0	151
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 36-65%_v5.0	154
Anläggningsbetong_S4_ANL FA_CEM II_A-V_v5.0.....	157
Anläggningsbetong_SF2_ANL FA_CEM II_A-V_v5.0	159
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I_v5.0	161
Husbyggnadsbetong_SF2_Bas- & Byggcement_v5.0	170
Betongdata för ConTeSt RnD v5.1	176
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 0-20%_v5.1	176
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 21-35%_v5.1	179
Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 36-65%_v5.1	181
Anläggningsbetong_S4_ANL FA_CEM II_A-V_v5.1.....	183
Anläggningsbetong_SF2_ANL FA_CEM II_A-V_v5.1	185
Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I_v5.1	187
Husbyggnadsbetong_S4_Bas- & Byggcement_v5.1	190
Husbyggnadsbetong_SF2_Bas- & Byggcement_v5.1	195

Betongdata för ConTeSt RnD v5.0

Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 0-20%_v5.0



Source

Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Anläggningsbetong
PK-andel > 80%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,

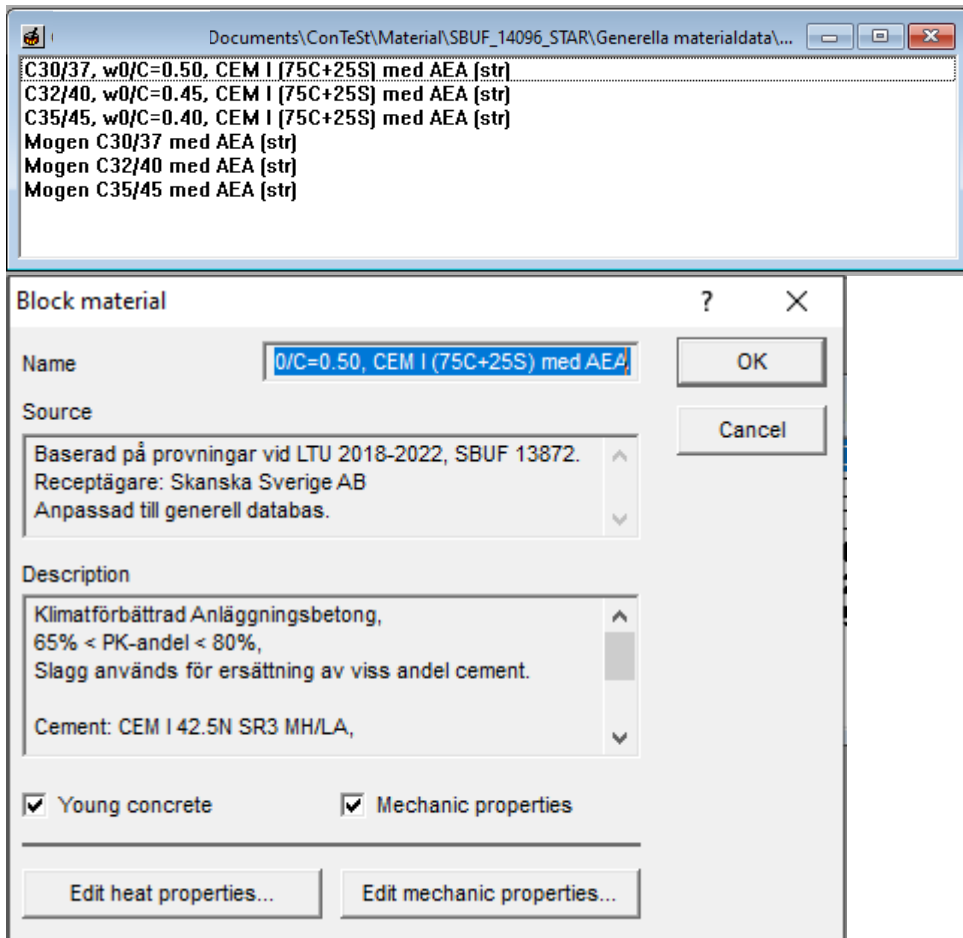
Slagg: Ecocem

90% cement, 10% slagg

S4, dmax 16mm

Tillsats av luftporbildare (AEA) alt. Utan tillsats av luftporbildare (AEA)

Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 21-35%_v5.0



Source

Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Klimatförbättrad Anläggningsbetong,
65% < PK-andel < 80%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
Slagg: Ecocem
75% cement, 25% slagg
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

Mogen C30/37 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C30/37 med AEA

Source:

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 1.1956e-05

Young modulus (GPa): 27

Fcc (MPa): 45

Fct (MPa): 3.47

Mogen C32/40 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C32/40 med AEA

Source:

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 1.1956e-05

Young modulus (GPa): 27

Fcc (MPa): 48

Fct (MPa): 3.47

Mogen C35/45 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C35/45 med AEA

Source:

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

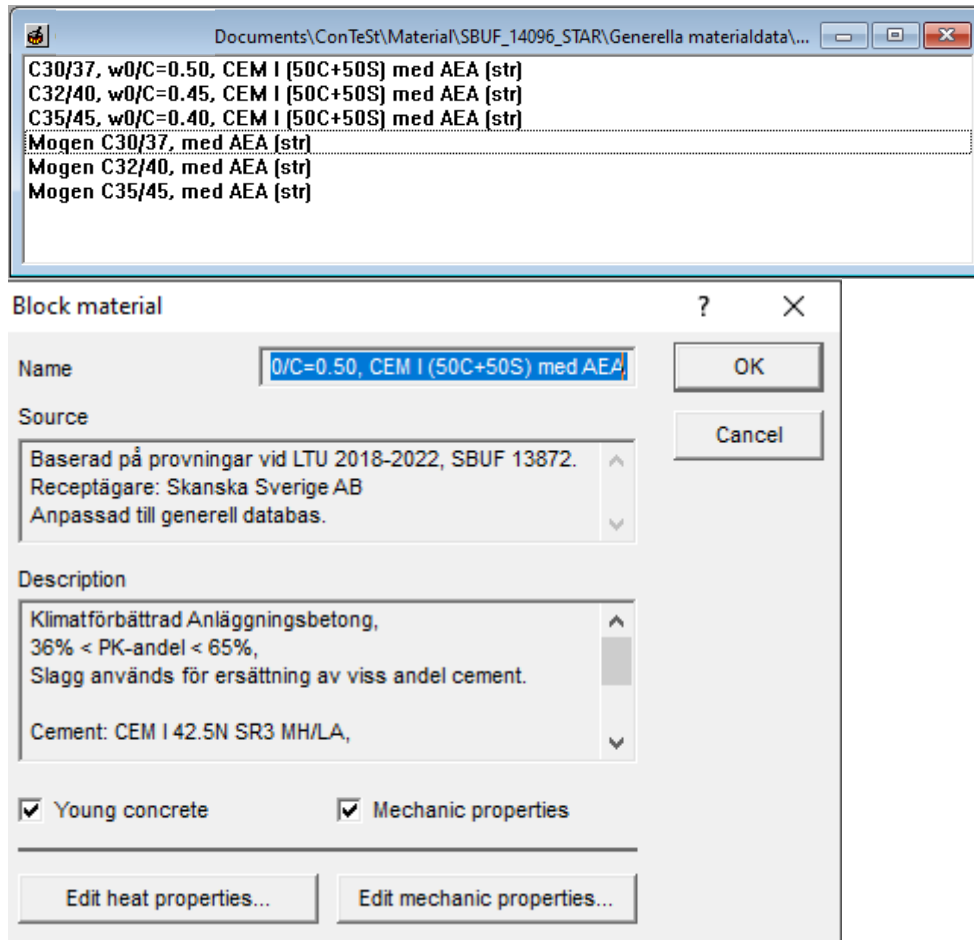
Alfa (1/K): 1.1956e-05

Young modulus (GPa): 29

Fcc (MPa): 53

Fct (MPa): 3.817

Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 36-65%_v5.0



Source

Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Klimatförbättrad Anläggningsbetong,
36% < PK-andel < 65%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
Slagg: Ecocem
50% cement, 50% slagg
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

Mogen C30/37 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C32/40 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C35/45 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Anläggningsbetong_S4_ANL FA_CEM II_A-V_v5.0

Documents\ConTeSt\Material\SBUF_14096_STAR\Generella materialdata\...

C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA (str)
Mogen ANL FA C35/45 S4 16mm AEA (str)

Block material

Name: w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA

Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Anläggningsbetong
PK-andel > 80%,
Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,
S4, dmax 16mm

Young concrete Mechanic properties

Edit heat properties... Edit mechanic properties...

Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Anläggningsbetong
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA

Young concrete - heat properties

Name: **w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA**

Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Anläggningsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA, S4, dmax 16mm

Density (kg/m3): 2350

Heat capacity (J/kg K): 1000

Heat conductivity (W/m K): Edit...

Wc (J/kg): 255000

C (kg/m3): 430

t1 (h): 8.99

Kappa1 (-): 2.51

te0 (h): 0

BetaD (-): 1

ThetaRef (K): 3800

Kappa3 (-): 0.4

Fcc28 (MPa): 53

S (-): 0.24

tS (h): 5

tA (h): 11

nA (-): 3

nCC28d (-): 0.5

fa (MPa): 0.5

TempD (°C): 1

KappaTemp (-): 1

TimeD (h): 1

KappaTime (-): 1

DMaxDrop28 (-): 0

Young concrete - mechanic properties

Name: **w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA**

Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Anläggningsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA, S4, dmax 16mm

Fcc28 (MPa): 53

KFI (-): 2

Ffref (MPa): 3.25

Epsi (-): 0

Fcfref (MPa): 53

TimeS1 (h): 2

Beta1 (-): 0.667

Epsi2 (-): -0.000225

AlphaCT (-): 0.9

TimeS2 (h): 5

RhoT (-): 0

ThetaSH (h): 72

RhoFI (-): 0

EthaSH (-): 0.43

Agess (d): 0 329 0 722 1 656 3 351 7 22 15 555 33 612 72.2 155 55 335 123

Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)

```

0 01 0 01 0 01 0 01 0 01 0 01 0 01 0 01
3.2934 3.3014 5.446 2.5162 1.0709 1.2478 0.4526 0.1402
5.7456 6.0601 7.3123 4.3376 3.033 2.5005 1.0965 0.0629
4.07 5.3629 6.9227 5.9868 5.1844 3.5737 1.7359 -0.4412
2.8974 4.2126 6.1214 6.6576 6.0656 4.0107 1.9979 1.9307
1.9743 3.1542 5.1243 6.4867 6.286 4.1986 2.0982 5.3441
1.4478 2.406 4.1593 5.9667 6.4437 4.4507 2.2324 0.0723
1.1256 1.9201 3.4427 5.3325 6.5028 4.8047 2.4426 9.8742
0.9428 1.618 2.9705 4.7851 6.445 5.3431 2.7788 10.7654
0.8336 1.4372 2.687 4.4042 6.2967 5.8848 3.2813 10.9315
                    
```

Poisson's ratio (-): 0.18

AlphafHeat (1/K): 1.14e-05

Alphacool (1/K): 1.14e-05

ThetaT (K): 5000

Number of ages: 10

Number of rel. units: 8

RelTime1 (d): 0.005

TimeZero (d): 0.33

Mogen ANL FA C35/45 S4 16mm AEA

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: **Mogen ANL FA C35/45 S4 16mm AEA**

Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Anläggningsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA, S4, dmax 16mm

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 1.14e-05

Young modulus (GPa): 36.3

Fcc (MPa): 53

Fct (MPa): 2.8

Anläggningsbetong_SF2_ANL FA_CEM II_A-V_v5.0

Documents\ConTeSt\Material\SBUF_14096_STAR\Generella materialdata\...

C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA [str]
Mogen ANL FA C35/45 SF2 16mm AEA [str]

Block material

Name: C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA

Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Anläggningsbetong
Självkompakterande betong (SKB)
PK-andel > 80%,
Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,

Young concrete Mechanic properties

Edit heat properties... Edit mechanic properties...

Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Anläggningsbetong
Självkompakterande betong (SKB)
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,
SF2, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

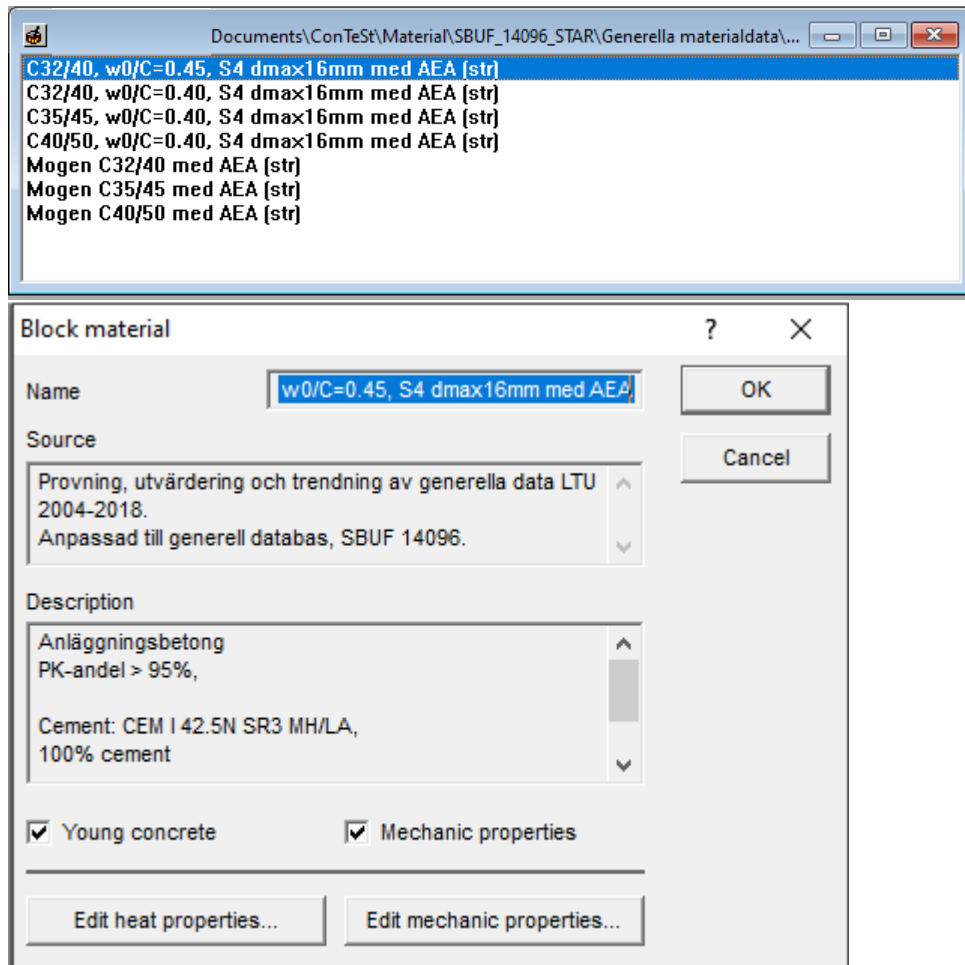
C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C35/45, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA	Name	C35/45, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017 Receptägare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017 Receptägare: Skanska Sverige AB
Description	Anläggningsbetong Självkomprimerande betong (SKB) PK-andel > 80% Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MHLA	Description	Anläggningsbetong Självkomprimerande betong (SKB) PK-andel > 80% Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MHLA
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	53
Heat capacity (J/kg K)	1000	S (-)	0.247
Heat conductivity (W/m K)	Edit...	tS (h)	6
Wc (J/kg)	221000	IA (h)	12
C (kg/m3)	430	nA (-)	3
tt (h)	10	nCC28 (-)	0.5
Kappa1 (-)	3.4	IA (MPa)	0.5
		Temp (°C)	1
		KappaTemp (-)	1
		Time (h)	1
		KappaTime (-)	1
		DMaxDrop28 (-)	0
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	1.16e-05
		AlphaCool (1/K)	1.16e-05
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	16
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25
		Fcc28 (MPa)	53
		Ftref (MPa)	3.08
		Fcref (MPa)	53
		Beta1 (-)	0.067
		AlphaCT (-)	0.9
		RhoT (-)	0.5
		RhoFr (-)	0
		KFI (-)	2
		Eps1 (-)	0
		TimeS1 (h)	2
		Eps2 (-)	-0.000225
		TimeS2 (h)	6
		ThetaSH (h)	30
		EthaSH (-)	0.5
		Ages (d)	0.249 0.35 0.536 1.156 2.49 5.365 11.558 24.9 53.645 115.576 249 536.454 1155.762
		Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 1.037 0.5855 0.9614 0.2156 0.6233 0.5177 0.5289 0.4593 4.7124 1.2459 1.7787 0.3724 1.1459 0.9381 0.9637 1.2916 10.4281 1.6504 2.7446 0.4662 1.6129 1.2748 1.3324 2.64 13.895 2.1039 3.439 0.6372 1.9203 1.5003 1.5077 4.6984 15.0601 2.8047 3.9201 1.0106 2.1238 1.7155 1.7675 5.7256 14.5247 3.5731 4.2001 1.6669 2.326 1.9488 1.9622 7.6529 12.7028 4.1058 4.2845 2.963 2.5425 2.2193 2.1641 9.8059 9.5482 3.9666 3.8592 3.8737 2.7651 2.4583 2.331 11.7988 6.8311 3.364 3.2215 3.2007 3.027 2.7015 2.48 13.5108 4.8655 2.8168 2.5011 2.5455 3.2038 2.9347 2.6902 14.8911

Mogen ANL FA C35/45 SF2 16mm AEA

Non-hydrating material - mechanic properties	
Name	Mogen ANL FA C35/45 SF2 16mm AEA
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017 Receptägare: Skanska Sverige AB
Description	Anläggningsbetong Självkomprimerande betong (SKB) PK-andel > 80% Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MHLA
Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	1.16e-05
Young modulus (GPa)	39.5
Fcc (MPa)	53
Fct (MPa)	3.08

Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I_v5.0



Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018.
Anpassad till generell databas, SBUF 14096.

Description

Anläggningsbetong
PK-andel > 95%,

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
100% cement
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

C32/40, w0/C=0.45, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	w0/C=0.45, S4 dmax16mm med AEA	Name	w0/C=0.45, S4 dmax16mm med AEA
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Density (kg/m ³)	2350	Fcc28 (MPa)	48
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.4
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	48
Wc (J/kg)	346500	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m ³)	410	AlphaCT (-)	0.7
t1 (h)	9.21	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	1.76	RhoFi (-)	0
te0 (h)	0	Poisson's ratio (-)	0.18
BetaD (-)	1	AlphaHeat (1/K)	1.1e-05
ThetaRef (K)	3550	AlphaCool (1/K)	1.1e-05
Kappa3 (-)	0.55	ThetaT (K)	5000
Fcc28 (MPa)	48	Number of ages	10
S (-)	0.248	Number of rel. units	8
tS (h)	5	RelTime1 (d)	0.005
tA (h)	8	TimeZero (d)	0.33
nA (-)	3		
nCC28d (-)	0.5		
fa (MPa)	0.5		
TempD (°C)	1		
KappaTemp (-)	1		
TimeD (h)	1		
KappaTime (-)	1		
DMaxDrop28 (-)	0		

C32/40, w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	Name	w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Density (kg/m ³)	2350	Fcc28 (MPa)	48
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.6
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	48
Wc (J/kg)	336800	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m ³)	430	AlphaCT (-)	0.7
t1 (h)	9.4	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	1.92	RhoFi (-)	0
te0 (h)	0	Poisson's ratio (-)	0.18
BetaD (-)	1	AlphaHeat (1/K)	1.12e-05
ThetaRef (K)	3550	AlphaCool (1/K)	1.12e-05
Kappa3 (-)	0.55	ThetaT (K)	5000
Fcc28 (MPa)	48	Number of ages	10
S (-)	0.248	Number of rel. units	8
tS (h)	5	RelTime1 (d)	0.005
tA (h)	8	TimeZero (d)	0.33
nA (-)	3		
nCC28d (-)	0.5		
fa (MPa)	0.5		
TempD (°C)	1		
KappaTemp (-)	1		
TimeD (h)	1		
KappaTime (-)	1		
DMaxDrop28 (-)	0		

C35/45, w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	Name	w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Density (kg/m ³)	2350	Fcc28 (MPa)	53
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.6
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	53
Wc (J/kg)	336800	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m ³)	430	AlphaCT (-)	0.7
t1 (h)	9.4	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	1.92	RhoFi (-)	0
te0 (h)	0	Poisson's ratio (-)	0.18
BetaD (-)	1	AlphaHeat (1/K)	1.12e-05
ThetaRef (K)	4020	AlphaCool (1/K)	1.12e-05
Kappa3 (-)	0.608	ThetaT (K)	5000
Fcc28 (MPa)	53	Number of ages	10
S (-)	0.275	Number of rel. units	8
tS (h)	5	RelTime1 (d)	0.005
tA (h)	8	TimeZero (d)	0.33
nA (-)	3		
nCC28d (-)	0.5		
fa (MPa)	0.5		
TempD (°C)	1		
KappaTemp (-)	1		
TimeD (h)	1		
KappaTime (-)	1		
DMaxDrop28 (-)	0		

C40/50, w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	Name	w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	58
Heat capacity (J/kg K)	1000	S (-)	0.272
Heat conductivity (W/m K)	Edit...	IS (h)	5
Wc (J/kg)	336600	IA (h)	8
C (kg/m3)	430	nA (-)	3
tt (h)	9.4	nCC28d (-)	0.5
Kappa1 (-)	1.92	IA (MPa)	0.5
		TempD (°C)	1
		KappaTemp (-)	1
		Time0 (h)	1
		KappaTime (-)	1
		DMaxDrop28 (-)	0
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlfaHeat (1/K)	1.12e-05
		AlfaCool (1/K)	1.12e-05
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.33
		Fcc28 (MPa)	58
		Ffref (MPa)	4.22
		Foref (MPa)	58
		Beta1 (-)	0.667
		AlphaCT (-)	0.7
		RhoT (-)	0
		RhoFi (-)	0
		KFI (-)	2
		Eps1 (-)	0
		TimeS1 (h)	8
		Eps2 (-)	-0.000125
		TimeS2 (h)	8
		ThetaSH (h)	120
		EthaSH (-)	0.3
		Ages (d)	0.329 0.722 1.556 3.351 7.22 15.555 33.512 72.2 155.55 335.123
		Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 3.2934 3.3014 5.446 2.5182 1.0709 1.2478 0.4526 0.1402 5.7458 6.0601 7.3123 4.3376 3.033 2.5005 1.0965 0.0629 4.07 5.3629 6.9227 5.8698 5.1844 3.5737 1.7399 -0.4412 2.8073 4.2128 6.1214 6.6575 6.0656 4.0107 1.9979 1.9307 1.9743 3.1542 5.1243 6.4897 6.286 4.1888 2.0982 5.3441 1.4478 2.406 4.1593 5.9997 6.4437 4.4507 2.2324 0.0723 1.1298 1.9201 3.4427 5.3325 6.5028 4.8347 2.4428 9.6742 0.9428 1.618 2.9785 4.7851 6.445 5.3431 2.7788 10.7854 0.8336 1.4372 2.687 4.4042 6.2967 5.8848 3.2813 10.9315

Mogen C32/40, med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties	
Name	Mogen C32/40 med AEA
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	1.1e-05
Young modulus (GPa)	35.8
Fcc (MPa)	48
Fct (MPa)	3.4

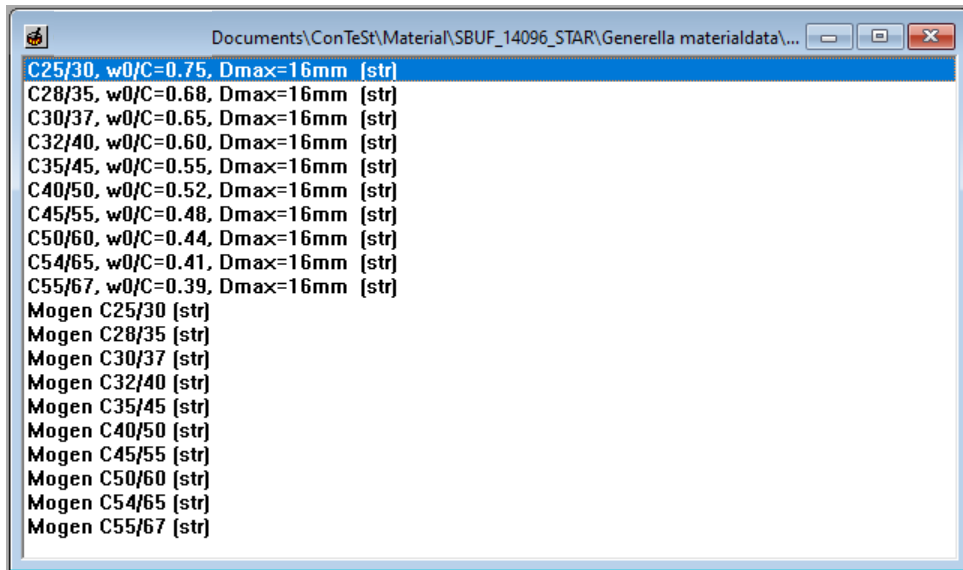
Mogen C35/45 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties	
Name	Mogen C35/45 med AEA
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	1.12e-05
Young modulus (GPa)	35.8
Fcc (MPa)	53
Fct (MPa)	3.8

Mogen C40/50 med AEA

Non-hydrating material - mechanic properties	
Name	Mogen C40/50 med AEA
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement
Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	1.12e-05
Young modulus (GPa)	35.8
Fcc (MPa)	58
Fct (MPa)	4.22

Husbyggnadsbetong_S4_Bas- & Byggcement_v5.0



Block material

Name: C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm

Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524. Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong, PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 52.5 N (Bascement v.1), CEM II/A-LL 42.5 R (Bascement v.2 alt.)

Young concrete Mechanic properties

Edit heat properties... Edit mechanic properties...

Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Husbyggnadsbetong
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 52.5 N (Bascement v.1),
CEM II/A-LL 42.5 R (Bascement v.2 alt. Byggcement)

100% cement
S4, dmax 16mm

C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524 Receptplåtare: Skanska Sverige AB		Name: C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524 Receptplåtare: Skanska Sverige AB	
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM I/A-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)		Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM I/A-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	
Density (kg/m3): 2350 Heat capacity (J/kg K): 1000 Heat conductivity (W/m K): Edit... Wc (J/kg): 318910 C (kg/m3): 300 t1 (h): 6.51103 Kappa1 (-): 2.4309	te0 (h): 0 BetaD (-): 1 ThetaRef (K): 3700 Kappa3 (-): 0.4 Fcc28 (MPa): 30 S (-): 0.347202 IS (h): 4.57143 IA (h): 7.60714 nA (-): 3 nCC28d (-): 0.383116 fA (MPa): 0.5 TempD (°C): 1 KappaTemp (-): 1 TimeD (h): 1 KappaTime (-): 1 DMaxDrop28 (-): 0	Fcc28 (MPa): 35.29 Ffref (MPa): 2.83 Fcref (MPa): 35.29 Beta1 (-): 0.667 AlphaCT (-): 0.89 RhoT (-): 0 RhoFI (-): 0.02 Poisson's ratio (-): 0.18 AlphaHeat (1/K): 8.1e-06 AlphaCool (1/K): 1.01e-05 ThetaT (K): 5000 Number of ages: 10 Number of rel. units: 8 RefTime1 (d): 0.005 TimeZero (d): 0.25833	KFI (-): 2 Eps1 (-): 0 TimeS1 (h): 6 Eps2 (-): -0.0001213 TimeS2 (h): 8 ThetaSH (h): 40.7 EtaSH (-): 0.507 Ages (d): 0.257 0.468 0.814 2.573 8.138 25.733 81.376 257.333 813.759 2573.33 Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.18188 0.1038 0.31653 0.49589 0.457077 0.368627 0.402431 0.253632 1.95139 0.814713 1.20532 1.09282 1.27874 1.00883 1.11282 0.738281 6.44937 1.7636 2.41055 1.54844 1.85288 1.41426 1.58318 1.80041 10.1646 2.49524 2.44289 1.93027 1.51786 1.13305 1.27508 2.29662 12.3769 2.91887 2.55885 1.32426 1.35153 0.98816 1.12081 7.61864 11.516 3.05924 2.7772 1.5192 1.43645 1.04253 1.1738 7.99542 10.452 3.114 3.01901 1.72824 1.5388 1.0287 1.22138 6.33481 9.38428 3.07013 3.30976 1.94859 1.65877 1.17701 1.26806 6.66051 8.33336 2.9289 3.64791 2.1791 1.78807 1.26546 1.31887 8.96744

C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524 Receptplåtare: Skanska Sverige AB		Name: C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524 Receptplåtare: Skanska Sverige AB	
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM I/A-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)		Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM I/A-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	
Density (kg/m3): 2350 Heat capacity (J/kg K): 1000 Heat conductivity (W/m K): Edit... Wc (J/kg): 307312 C (kg/m3): 330 t1 (h): 6.48316 Kappa1 (-): 2.52888	te0 (h): 0 BetaD (-): 1 ThetaRef (K): 3700 Kappa3 (-): 0.4 Fcc28 (MPa): 35 S (-): 0.304938 IS (h): 4.10714 IA (h): 7.16071 nA (-): 3 nCC28d (-): 0.402841 fA (MPa): 0.5 TempD (°C): 1 KappaTemp (-): 1 TimeD (h): 1 KappaTime (-): 1 DMaxDrop28 (-): 0	Fcc28 (MPa): 41.18 Ffref (MPa): 2.83 Fcref (MPa): 41.18 Beta1 (-): 0.667 AlphaCT (-): 0.88 RhoT (-): 0 RhoFI (-): 0.12 Poisson's ratio (-): 0.18 AlphaHeat (1/K): 8.4e-06 AlphaCool (1/K): 1.04e-05 ThetaT (K): 5000 Number of ages: 10 Number of rel. units: 8 RefTime1 (d): 0.005 TimeZero (d): 0.25833	KFI (-): 2 Eps1 (-): 0 TimeS1 (h): 6 Eps2 (-): -0.0001277 TimeS2 (h): 8 ThetaSH (h): 43.9 EtaSH (-): 0.539 Ages (d): 0.257 0.468 0.814 2.573 8.138 25.733 81.376 257.333 813.759 2573.33 Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.189713 0.103115 0.345914 0.426889 0.476488 0.38429 0.41953 0.264409 2.0343 0.849329 1.25654 1.13925 1.33307 1.05169 1.1599 0.76966 6.72339 1.83854 2.51307 1.61423 1.93139 1.47435 1.65045 1.87891 10.5862 2.57114 2.54647 1.65121 1.50245 1.18119 1.33351 6.5248 12.9028 3.04081 2.66549 1.38052 1.40895 1.02802 1.16844 7.94026 12.0053 3.18923 2.8952 1.58375 1.49749 1.08852 1.22378 8.33514 10.8893 3.2435 3.44728 1.80168 1.60429 1.14873 1.27329 8.88895 9.78301 3.20058 4.45039 2.03138 1.72925 1.22702 1.32194 9.02848 8.68743 3.05335 3.80229 2.27169 1.86405 1.31923 1.3749 9.34846

C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524 Receptplåtare: Skanska Sverige AB		Name: C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524 Receptplåtare: Skanska Sverige AB	
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM I/A-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)		Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM I/A-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	
Density (kg/m3): 2350 Heat capacity (J/kg K): 1000 Heat conductivity (W/m K): Edit... Wc (J/kg): 303473 C (kg/m3): 340 t1 (h): 6.47202 Kappa1 (-): 2.56527	te0 (h): 0 BetaD (-): 1 ThetaRef (K): 3700 Kappa3 (-): 0.4 Fcc28 (MPa): 37 S (-): 0.288218 IS (h): 3.92143 IA (h): 6.98214 nA (-): 3 nCC28d (-): 0.411952 fA (MPa): 0.5 TempD (°C): 1 KappaTemp (-): 1 TimeD (h): 1 KappaTime (-): 1 DMaxDrop28 (-): 0	Fcc28 (MPa): 43.53 Ffref (MPa): 2.83 Fcref (MPa): 43.53 Beta1 (-): 0.667 AlphaCT (-): 0.87 RhoT (-): 0 RhoFI (-): 0.15 Poisson's ratio (-): 0.18 AlphaHeat (1/K): 8.5e-06 AlphaCool (1/K): 1.05e-05 ThetaT (K): 5000 Number of ages: 10 Number of rel. units: 8 RefTime1 (d): 0.005 TimeZero (d): 0.25417	KFI (-): 2 Eps1 (-): 0 TimeS1 (h): 6 Eps2 (-): -0.0001303 TimeS2 (h): 8 ThetaSH (h): 45.2 EtaSH (-): 0.552 Ages (d): 0.253 0.404 0.801 2.532 8.096 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67 Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 1.20502 0.683449 1.01611 0.875455 1.10786 0.878984 0.941578 0.2104 4.84868 1.47272 2.14584 1.48077 1.8664 1.52536 1.65186 0.384155 8.98818 1.88716 3.73218 1.89711 2.71061 2.04569 2.24336 0.281648 10.5782 3.0138 2.4027 1.44113 1.51627 1.1672 1.2632 7.54359 10.6379 3.20864 3.22099 1.87678 1.72411 1.33145 1.42618 6.5539 8.79511 3.10413 3.83294 2.29653 1.81303 1.44913 1.54229 9.24856 8.9744 2.59617 4.5482 2.37324 2.13997 1.5889 1.64022 9.85859 5.40227 1.83738 5.33645 3.17188 3.81229 1.69713 1.72488 10.3794 4.14555 0.958489 6.10962 3.57046 2.60205 1.83131 1.79819 10.7932

C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties

Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm

Source: 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Density (kg/m³): 2350

Heat capacity (J/kg K): 1000

Heat conductivity (W/m K): Edit...

Wc (J/kg): 269187

C (kg/m³): 420

t1 (h): 6.02373

Kappa1 (-): 2.87486

Young concrete - mechanic properties

Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm

Source: 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Poisson's ratio (-): 0.18

AlphaHeat (1/K): 8.7e-08

AlphaCool (1/K): 1.07e-05

ThetaT (K): 5000

Number of ages: 10

Number of rel. units: 8

RefTime1 (d): 0.005

TimeZero (d): 0.25

Fcc28 (MPa)	64.71	KFI (-)	2
Ftref (MPa)	2.83	Eps1 (-)	0
Fcfcf (MPa)	64.71	TimeS1 (h)	6
Beta1 (-)	0.667	Eps2 (-)	-0.0001812
AlphaCT (-)	0.85	TimeS2 (h)	8
RhoT (-)	0	ThetaSH (h)	38.2
RhoFi (-)	0.82	EthaSH (-)	0.747

Ages (d): 0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490

Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)

```
0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
0.47465 0.379093 0.341684 0.578671 0.431122 0.355468 0.425147 0.47212
3.81998 1.26259 1.10428 1.35348 1.0573 0.846433 1.02577 1.1143
10.0578 1.9538 2.4116 1.88372 1.76457 1.41857 1.70877 1.77589
13.3754 0.85201 2.42301 1.20888 1.74113 1.53172 1.75253 0.21082
13.5464 3.82808 2.47431 1.37353 1.56546 1.34549 1.53642 10.5681
10.0198 0.9245 3.17421 2.05771 1.88758 1.57778 1.77062 12.229
6.79564 0.01482 4.69483 2.78469 2.29184 1.80079 1.97187 13.8681
4.48026 1.65776 5.03503 3.44714 2.66248 2.01837 2.12105 14.767
3.07587 0.429559 5.76224 3.94334 2.94027 2.19992 2.22051 15.4629
```

C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties

Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm

Source: 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Density (kg/m³): 2350

Heat capacity (J/kg K): 1000

Heat conductivity (W/m K): Edit...

Wc (J/kg): 259716

C (kg/m³): 435

t1 (h): 5.82953

Kappa1 (-): 2.95367

Young concrete - mechanic properties

Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm

Source: 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Poisson's ratio (-): 0.18

AlphaHeat (1/K): 8.6e-06

AlphaCool (1/K): 1.06e-05

ThetaT (K): 5000

Number of ages: 10

Number of rel. units: 8

RefTime1 (d): 0.005

TimeZero (d): 0.25

Fcc28 (MPa)	70.59	KFI (-)	2
Ftref (MPa)	2.83	Eps1 (-)	0
Fcfcf (MPa)	70.59	TimeS1 (h)	6
Beta1 (-)	0.667	Eps2 (-)	-0.0002009
AlphaCT (-)	0.85	TimeS2 (h)	8
RhoT (-)	0	ThetaSH (h)	32.6
RhoFi (-)	0.78	EthaSH (-)	0.818

Ages (d): 0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490

Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)

```
0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
0.48873 0.296532 0.358905 0.591621 0.444472 0.388476 0.438113 0.48674
3.93271 1.30112 1.13848 1.3854 1.09004 0.872844 1.05754 11.4881
10.3693 2.01178 2.48583 1.95236 1.81821 1.46249 1.76169 1.83068
13.7896 0.84374 2.31688 1.24642 1.79555 1.57915 1.8066 6.40316
13.8658 4.04572 2.55093 1.41606 1.61393 1.38715 1.58389 16.8665
10.3301 4.04603 2.72521 2.12143 1.94582 1.62684 1.82665 12.6077
7.08068 3.18018 4.22163 2.8702 3.52228 1.95955 2.32373 14.0914
4.619 1.70909 5.19095 3.85388 2.74463 2.80887 2.16673 15.2242
3.17092 0.442081 5.94087 4.06545 3.01313 2.26804 2.28927 15.9418
```

C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties

Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm

Source: 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Density (kg/m³): 2350

Heat capacity (J/kg K): 1000

Heat conductivity (W/m K): Edit...

Wc (J/kg): 254054

C (kg/m³): 455

t1 (h): 5.7175

Kappa1 (-): 3.01608

Young concrete - mechanic properties

Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm

Source: 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Poisson's ratio (-): 0.18

AlphaHeat (1/K): 8.5e-06

AlphaCool (1/K): 1.05e-05

ThetaT (K): 5000

Number of ages: 10

Number of rel. units: 8

RefTime1 (d): 0.005

TimeZero (d): 0.25

Fcc28 (MPa)	76.47	KFI (-)	2
Ftref (MPa)	2.87	Eps1 (-)	0
Fcfcf (MPa)	76.47	TimeS1 (h)	6
Beta1 (-)	0.667	Eps2 (-)	-0.0002159
AlphaCT (-)	0.85	TimeS2 (h)	8
RhoT (-)	0	ThetaSH (h)	30
RhoFi (-)	0.85	EthaSH (-)	0.85

Ages (d): 0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490

Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)

```
0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
0.508832 0.400511 0.385743 0.61242 0.455479 0.375551 0.449187 0.486793
4.0358 1.38986 1.16957 1.42956 1.11704 0.904254 1.08373 11.1726
10.828 2.0616 2.54738 2.00071 1.86428 1.49871 1.80531 1.87601
14.131 3.11911 2.36994 1.27728 1.8395 1.81826 1.85154 6.56172
14.3117 1.5091 2.6141 1.45113 1.83539 1.4215 1.82322 11.1851
10.5859 4.14822 3.35355 2.17397 1.99401 1.66892 1.87086 12.9199
7.17957 3.18515 4.32617 2.94138 2.41054 1.90253 2.08307 14.4404
4.73239 1.75145 5.31849 3.64189 2.81028 2.1324 2.4098 15.8012
3.24944 0.453827 6.08778 4.16812 3.10839 2.32421 2.34596 16.3365
```

C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties

Name: C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Density (kg/m3): 2350

Heat capacity (J/kg K): 1000

Heat conductivity (W/m K): Edit...

wc (J/kg): 253091

C (kg/m3): 460

tf (h): 5.7008

Kappa1 (-): 3.03544

OK Cancel

Young concrete - mechanic properties

Name: C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)

Fcc28 (MPa): 78.82

Ffref (MPa): 2.89

Ffref (MPa): 78.82

Beta1 (-): 0.667

AlphaCT (-): 0.85

RhoT (-): 0

RhoF (-): 0.85

Poisson's ratio (-): 0.18

AlfaHeat (1/K): 8.5e-06

AlfaCool (1/K): 1.05e-05

ThetaT (K): 5000

Number of ages: 10

Number of rel. units: 8

RefTime1 (d): 0.005

TimeZern (d): 0.25

Fcc28 (MPa): 78.82

KFI (-): 2

Eps1 (-): 0

TimeS1 (h): 6

Eps2 (-): -0.0002202

TimeS2 (h): 8

ThetaSH (h): 30

EthaSH (-): 0.85

Ages (d): 0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490

Relax (rows=ages, columns=units) (GPa):

```
0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
0.504791 0.403677 0.306634 0.617091 0.45906 0.37852 0.452718 0.502736
4.06771 3.697 1.17589 1.44126 1.12587 0.901323 1.09229 1.18656
10.7101 2.0779 2.56752 2.01653 1.879 1.51056 1.81958 1.89084
14.2427 3.14377 2.38981 1.20738 1.85404 1.63105 1.89163 1.81359
14.4248 4.18281 2.63477 1.4628 1.66697 1.43274 1.63605 11.2534
10.6696 4.179 3.28006 2.19115 2.00977 1.68009 1.68665 13.022
7.29333 3.21033 4.36037 2.86463 2.4206 1.91757 2.09953 14.5545
4.7708 1.76528 5.36155 3.67068 2.83513 2.14928 2.2586 15.7246
3.27512 0.457415 6.13591 4.19906 3.13095 2.34250 2.3645 16.4657
```

OK Cancel

Mogen C25/30

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C25/30

Source: OK Cancel

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 9.1e-06

Young modulus (GPa): 30.5

Fcc (MPa): 35.29

Fct (MPa): 2.83

Mogen C28/35

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C28/35

Source: OK Cancel

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 9.4e-06

Young modulus (GPa): 31.5

Fcc (MPa): 41.18

Fct (MPa): 2.83

Mogen C30/37

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C30/37

Source: OK Cancel

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 9.5e-06

Young modulus (GPa): 32

Fcc (MPa): 43.53

Fct (MPa): 2.83

Mogen C32/40

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C32/40

Source: OK Cancel

Description:

Poisson's ratio (-): 0.18

Alfa (1/K): 9.7e-06

Young modulus (GPa): 32.5

Fcc (MPa): 47.06

Fct (MPa): 2.83

Mogen C35/45

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C40/50

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C45/55

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C50/60

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C54/65

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C55/67

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

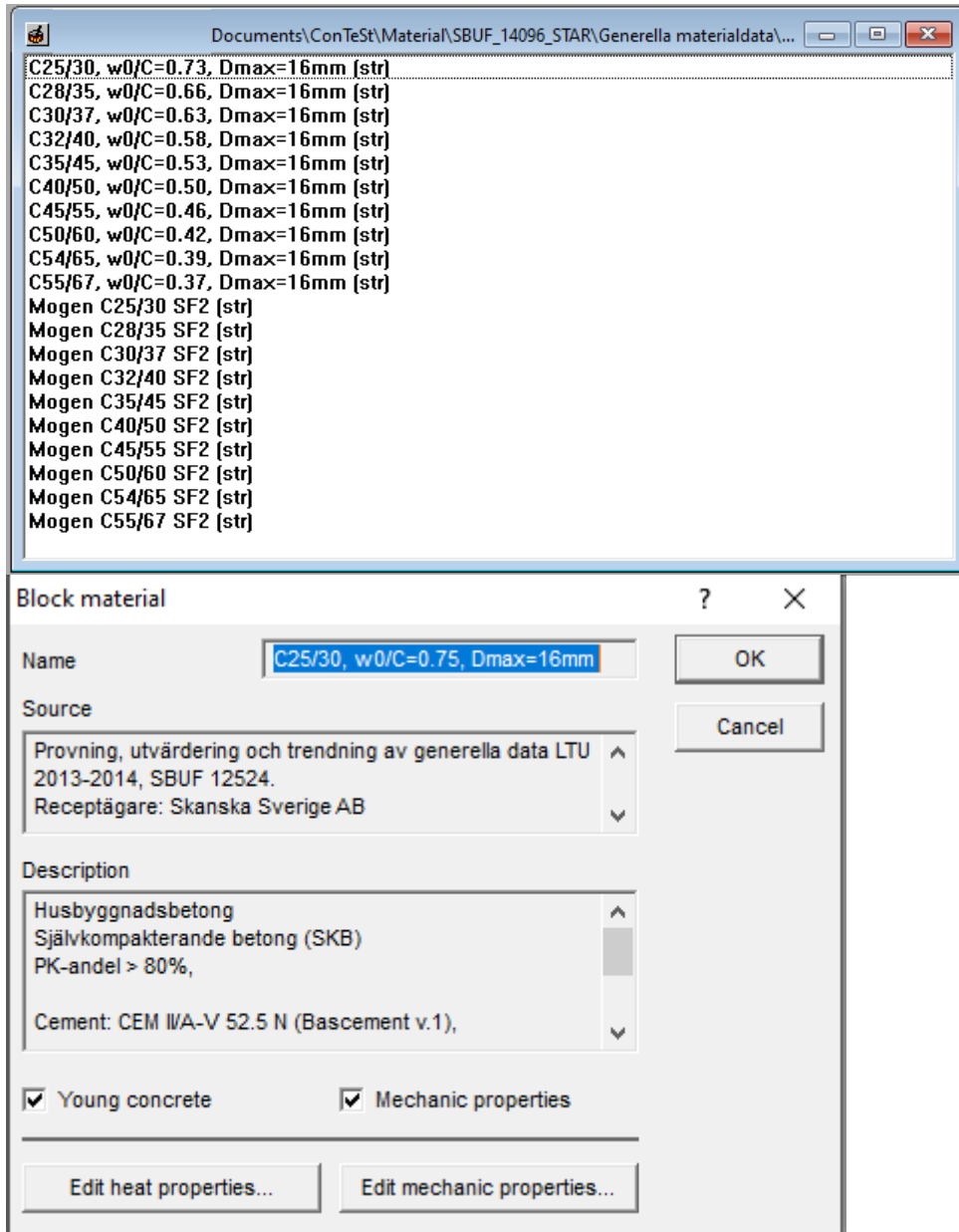
Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Husbyggnadsbetong_SF2_Bas- & Byggcement_v5.0



Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Husbyggnadsbetong
Självkompakterande betong (SKB)
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 52.5 N (Bascement v.1),
CEM II/A-LL 42.5 R (Bascement v.2 alt. Byggcement)

100% cement

S4, dmax 16mm

C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm	Name	C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	35.29
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.11
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	35.29
Wc (J/kg)	316910	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m3)	300	AlphaCT (-)	0.75
t1 (h)	6.29	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	2.73007	RhoFI (-)	0
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.1764 0.1018 0.329 0.4015 0.448 0.448 0.3614 0.3945 0.2488 1.9158 0.7885 1.1814 1.0711 1.2533 0.8885 1.0906 0.7237 6.3214 1.7286 2.3628 1.5177 1.8159 1.3862 1.5517 1.7647 9.9629 2.4177 2.3942 1.3645 1.4879 1.1105 1.2539 1.1945 12.1314 2.859 2.4061 1.298 1.3248 0.9665 1.0967 1.4655 11.2876 2.9985 2.7221 1.489 1.4079 1.0218 1.1506 0.8387 10.2447 3.0496 2.9582 1.8939 1.5883 1.0889 1.1972 8.1694 9.1981 1.0092 3.2441 1.91 1.8258 1.1537 1.4258 8.4888 8.168 2.8708 3.5756 2.1359 1.7528 1.2403 1.2927 8.7895
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	8e-06
		AlphaCool (1/K)	1e-05
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25417

C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm	Name	C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	41.18
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.17
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	41.18
Wc (J/kg)	307312	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m3)	330	AlphaCT (-)	0.75
t1 (h)	6.29	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	2.86488	RhoFI (-)	0
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.1858 0.1078 0.3476 0.4242 0.4738 0.3818 0.4168 0.2627 2.0211 0.8438 1.2464 1.1351 1.3244 1.0448 1.1523 0.7647 6.6796 1.8286 2.4967 1.6037 1.9188 1.4848 1.6397 1.8647 10.5275 2.5546 2.5299 1.4410 1.5722 1.1705 1.3249 1.4888 12.8168 3.021 2.6481 1.3715 1.3966 1.0213 1.1608 1.8886 11.9272 3.1685 2.8764 1.5734 1.4877 1.0797 1.2159 0.2809 10.6253 3.2222 3.1260 1.79 1.5599 1.1423 1.205 8.6524 9.7193 3.1797 3.4279 2.0182 1.718 1.219 1.3133 8.6597 8.8309 0.0335 3.7782 2.2569 1.8519 1.3106 1.368 9.2878
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	8e-06
		AlphaCool (1/K)	1e-05
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25417

C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm	Name	C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	43.53
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.21
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	43.53
Wc (J/kg)	303473	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m3)	340	AlphaCT (-)	0.75
t1 (h)	6.29	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	2.9188	RhoFI (-)	0.45
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.4987 0.3038 0.6024 0.6302 0.7608 0.6346 0.6933 0.1297 3.1584 1.1536 1.8063 1.3172 1.6588 1.3658 1.4959 0.3884 7.7104 1.8656 2.3365 1.7487 2.2127 1.7555 1.8005 1.4634 10.4919 2.7221 2.8381 1.6568 1.8361 1.4358 1.6087 5.358 11.4772 3.2099 2.8097 1.6047 1.5585 1.2627 1.3467 8.5246 9.8588 3.3227 3.2279 1.9302 1.7076 1.289 1.4386 9.2054 8.2641 3.0823 3.7277 2.2996 1.895 1.4025 1.5259 9.8818 6.7521 2.6165 4.3195 2.6724 2.108 1.524 1.605 10.3862 5.4065 1.9741 4.9377 3.0417 2.3165 1.6504 1.8818 10.8388
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	8e-06
		AlphaCool (1/K)	1e-05
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25417

C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm	Name	C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m ³)	2350	Fcc28 (MPa)	47.06
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ftref (MPa)	3.26
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Fcref (MPa)	47.06
Wc (J/kg)	297715	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m ³)	360	AlphaCT (-)	0.76
t1 (h)	6.60806	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	3.02713	RhoFi (-)	0.9
te0 (h)	0	Poisson's ratio (-)	0.18
BetaD (-)	1	AlphaHeat (1/K)	8e-06
ThetaRef (K)	3230	AlphaCool (1/K)	1e-05
Kappa3 (-)	0.4	ThetaT (K)	5000
Fcc28 (MPa)	40	Number of ages	10
S (-)	0.211041	Number of rel. units	8
tS (h)	3.21875	RelTime1 (d)	0.005
tA (h)	6.14375	TimeZero (d)	0.25417
nA (-)	3	Fcc28 (MPa)	52.94
nCC28d (-)	0.46125	Ftref (MPa)	3.32
fA (MPa)	0.5	Fcref (MPa)	52.94
TempD (°C)	1	Beta1 (-)	0.667
KappaTemp (-)	1	Eps1 (-)	0
TimeD (h)	1	TimeS1 (h)	6
KappaTime (-)	1	Beta2 (-)	-0.0002128
DMaxDrop28 (-)	0	TimeS2 (h)	8
		AlphaSH (h)	10
		EthaSH (-)	0.782
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.5082 0.3094 0.1939 0.6423 0.7753 0.6467 0.7066 0.1322 3.1963 1.1757 1.637 1.3423 1.6915 1.3827 1.5244 0.3734 7.8576 2.0236 2.8908 1.778 2.2549 1.7901 1.9882 1.4913 10.8821 2.774 2.8922 1.6884 1.9712 1.4632 1.6393 1.4602 11.6961 3.373 2.8632 1.6353 1.5882 1.2257 1.3723 0.7891 10.1294 3.3981 3.2895 1.9752 1.7401 1.3238 1.4875 0.4625 8.4421 3.1411 3.7889 2.3434 1.9312 1.4329 1.5551 10.05 6.8809 2.6664 4.3928 2.7234 2.1462 1.5531 1.6357 10.5844 5.5127 2.0117 5.032 3.0968 2.3607 1.6911 1.7139 11.0457

C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm	Name	C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m ³)	2350	Fcc28 (MPa)	52.94
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ftref (MPa)	3.32
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Fcref (MPa)	52.94
Wc (J/kg)	288129	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m ³)	390	AlphaCT (-)	0.8
t1 (h)	6.73174	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	3.3499	RhoFi (-)	0.88
te0 (h)	0	Poisson's ratio (-)	0.18
BetaD (-)	1	AlphaHeat (1/K)	8e-06
ThetaRef (K)	3230	AlphaCool (1/K)	1e-05
Kappa3 (-)	0.4	ThetaT (K)	5000
Fcc28 (MPa)	45	Number of ages	10
S (-)	0.190149	Number of rel. units	8
tS (h)	3.14844	RelTime1 (d)	0.005
tA (h)	6.10469	TimeZero (d)	0.25417
nA (-)	3	Fcc28 (MPa)	58.82
nCC28d (-)	0.475931	Ftref (MPa)	3.38
fA (MPa)	0.5	Fcref (MPa)	58.82
TempD (°C)	1	Beta1 (-)	0.667
KappaTemp (-)	1	Eps1 (-)	0
TimeD (h)	1	TimeS1 (h)	6
KappaTime (-)	1	Beta2 (-)	-0.0002103
DMaxDrop28 (-)	0	TimeS2 (h)	8
		AlphaSH (h)	10
		EthaSH (-)	0.862
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.516892 0.314687 0.624428 0.532559 0.708558 0.65778 0.718592 0.13448 3.25992 1.19573 1.66487 1.39532 1.72041 1.40635 1.55049 0.37812 7.99195 2.05814 2.94002 1.80837 2.2935 1.82087 2.0326 1.51683 10.875 2.82144 2.8417 1.7728 1.96161 1.48022 1.60736 1.55358 11.8962 3.43072 2.81224 1.69328 1.61542 1.24655 1.36533 0.93947 10.3027 3.44398 3.34571 2.009 1.76896 1.34638 1.45232 0.6244 8.5085 3.19404 3.85376 2.30356 1.96416 1.5337 1.58164 10.2218 6.99865 2.71203 4.485 2.772 1.8292 1.57964 1.6636 10.7654 5.60702 2.04814 5.11799 3.15275 2.40102 1.71999 1.74324 11.2345

C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm	Name	C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm
Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	Source	Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM I/A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m ³)	2350	Fcc28 (MPa)	58.82
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ftref (MPa)	3.38
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Fcref (MPa)	58.82
Wc (J/kg)	278658	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m ³)	420	AlphaCT (-)	0.85
t1 (h)	6.85542	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	3.67268	RhoFi (-)	0.87
te0 (h)	0	Poisson's ratio (-)	0.18
BetaD (-)	1	AlphaHeat (1/K)	8e-06
ThetaRef (K)	3230	AlphaCool (1/K)	1e-05
Kappa3 (-)	0.4	ThetaT (K)	5000
Fcc28 (MPa)	50	Number of ages	10
S (-)	0.170135	Number of rel. units	8
tS (h)	3.07812	RelTime1 (d)	0.005
tA (h)	6.06562	TimeZero (d)	0.25
nA (-)	3	Fcc28 (MPa)	58.82
nCC28d (-)	0.482458	Ftref (MPa)	3.38
fA (MPa)	0.5	Fcref (MPa)	58.82
TempD (°C)	1	Beta1 (-)	0.667
KappaTemp (-)	1	Eps1 (-)	0
TimeD (h)	1	TimeS1 (h)	6
KappaTime (-)	1	Beta2 (-)	-0.0002977
DMaxDrop28 (-)	0	TimeS2 (h)	8
		AlphaSH (h)	10
		EthaSH (-)	0.541
		Agess (d)	0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490
		Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.454692 0.363613 0.332048 0.556 0.413517 0.340953 0.407787 0.452841 3.66399 1.23377 1.05919 1.29822 1.01413 0.81187 0.963887 1.0688 6.64711 1.87187 2.3127 1.61639 1.69251 1.30854 1.63889 1.70318 12.8292 2.83176 2.15161 1.5961 1.67003 1.46818 1.68096 5.95721 12.9832 3.76786 2.37327 1.31744 1.50153 1.29055 1.47388 10.1385 9.6107 3.76424 3.0446 1.97389 1.81023 1.51325 1.68851 11.7286 6.51814 2.89171 3.92782 2.6704 2.18847 1.72725 1.89116 13.11 4.29732 1.59006 4.82943 3.30638 2.55376 1.93595 2.03444 14.164 2.95088 0.412018 5.52894 3.78231 2.82021 2.11008 2.12964 14.8315

C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 64.71
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	KFI (-): 2
Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	ThetaRef (K): 3230	Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	Eps1 (-): 0
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.4	Poisson's ratio (-): 0.18	TimeS1 (h): 6
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 55	AlphaHeat (1/K): 8e-06	Eps2 (-): -0.0003852
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.151975	AlphaCool (1/K): 1e-05	TimeS2 (h): 8
Wc (J/kg): 289187	IS (h): 3.04762	ThetaT (K): 5000	RhoT (-): 0
C (kg/m3): 440	IA (h): 6.04762	Number of ages: 10	ThetaSH (h): 10
tt (h): 6.9791	nA (-): 3	Number of rel. units: 8	RhoFI (-): 0.85
Kappa1 (-): 3.99545	nCC28d (-): 0.59282	RelTime1 (d): 0.005	EthaSH (-): 0.42
OK	IA (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.25	
	TempD (°C): 1		
	KappaTemp (-): 1		
	Time0 (h): 1		
	KappaTime (-): 1		
	DMaxDrop28 (-): 0		

C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 70.59
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	KFI (-): 2
Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	ThetaRef (K): 3230	Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	Eps1 (-): 0
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.4	Poisson's ratio (-): 0.17	TimeS1 (h): 6
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 60	AlphaHeat (1/K): 8e-06	Eps2 (-): -0.000411
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.135393	AlphaCool (1/K): 1e-05	TimeS2 (h): 8
Wc (J/kg): 259716	IS (h): 3.04365	ThetaT (K): 5000	RhoT (-): 0
C (kg/m3): 470	IA (h): 6.04365	Number of ages: 10	ThetaSH (h): 10
tt (h): 7.02107	nA (-): 3	Number of rel. units: 8	RhoFI (-): 0.85
Kappa1 (-): 4.08161	nCC28d (-): 0.52888	RelTime1 (d): 0.005	EthaSH (-): 0.4
OK	IA (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.25	
	TempD (°C): 1		
	KappaTemp (-): 1		
	Time0 (h): 1		
	KappaTime (-): 1		
	DMaxDrop28 (-): 0		

C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 76.47
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	KFI (-): 2
Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	ThetaRef (K): 3230	Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).	Eps1 (-): 0
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.4	Poisson's ratio (-): 0.18	TimeS1 (h): 6
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 65	AlphaHeat (1/K): 8e-06	Eps2 (-): -0.000423
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.119931	AlphaCool (1/K): 1e-05	TimeS2 (h): 8
Wc (J/kg): 254054	IS (h): 3.03968	ThetaT (K): 5000	RhoT (-): 0
C (kg/m3): 490	IA (h): 6.03968	Number of ages: 10	ThetaSH (h): 10
tt (h): 7.04643	nA (-): 3	Number of rel. units: 8	RhoFI (-): 0.85
Kappa1 (-): 4.11964	nCC28d (-): 0.545558	RelTime1 (d): 0.005	EthaSH (-): 0.4
OK	IA (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.25	
	TempD (°C): 1		
	KappaTemp (-): 1		
	Time0 (h): 1		
	KappaTime (-): 1		
	DMaxDrop28 (-): 0		

C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties

Name	C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm
Source	Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptlagare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkomprimerande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350
Heat capacity (J/kg K)	1000
Heat conductivity (W/m K)	Edt...
Wc (J/kg)	253091
C (kg/m3)	500
t1 (h)	7.05657
Kappa (-)	4.13486

Young concrete - mechanic properties

Name	C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm
Source	Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptlagare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkomprimerande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1).
Fcc28 (MPa)	78.82
Fref (MPa)	3.61
Fcref (MPa)	78.82
Beta1 (-)	0.667
AlphaCT (-)	0.9
RhoT (-)	0
RhoFi (-)	0.85
Poisson's ratio (-)	0.18
AlfaHeat (1/K)	9e-06
AlfaCool (1/K)	1e-05
ThetaT (K)	5000
Number of ages	10
Number of rel. units	8
RefTime1 (d)	0.005
TimeZero (d)	0.25
KFI (-)	2
Eps1 (-)	0
TimeS1 (h)	6
Eps2 (-)	-0.000428
TimeS2 (h)	8
ThetaSH (h)	10
EthaSH (-)	0.4
Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.516512 0.41305 0.377193 0.311593 0.469739 0.387309 0.463229 0.514409 4.16215 1.40151 2.0319 1.47472 1.15201 0.922251 1.11766 1.21411 10.9587 2.12614 2.62714 2.06335 1.92262 1.54583 1.86183 1.93475 14.5734 3.21676 2.44414 1.31727 1.89769 1.65982 1.90851 1.76715 14.7598 4.27893 2.69594 1.48656 1.70568 1.46801 1.67404 1.15147 10.9174 4.27603 3.45854 2.24203 2.05643 1.7191 1.92943 13.3244 7.49643 3.29487 4.46161 3.03347 2.49011 1.96209 2.14628 14.8624 4.88158 1.80625 5.48803 3.75591 2.90096 2.19916 2.31104 16.0897 3.35117 0.468036 6.27838 4.29655 3.20364 2.39697 2.41941 16.848

Mogen C25/30 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C25/30 SF2

Source: [Empty]

Description: [Empty]

Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	9e-06
Young modulus (GPa)	29.6
Fcc (MPa)	35.29
Fct (MPa)	3.11

Mogen C28/35 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C28/35 SF2

Source: [Empty]

Description: [Empty]

Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	9e-06
Young modulus (GPa)	31.3
Fcc (MPa)	41.18
Fct (MPa)	3.17

Mogen C30/37 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C30/37 SF2

Source: [Empty]

Description: [Empty]

Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	9e-06
Young modulus (GPa)	31.9
Fcc (MPa)	43.53
Fct (MPa)	3.21

Mogen C32/40 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties

Name: Mogen C32/40 SF2

Source: [Empty]

Description: [Empty]

Poisson's ratio (-)	0.18
Alfa (1/K)	9e-06
Young modulus (GPa)	32.5
Fcc (MPa)	47.06
Fct (MPa)	3.26

Mogen C35/45 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C40/50 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C45/55 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C50/60 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C54/65 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Mogen C55/67 SF2

Non-hydrating material - mechanic properties ? X

Name: OK

Source: Cancel

Description:

Poisson's ratio (-):

Alfa (1/K):

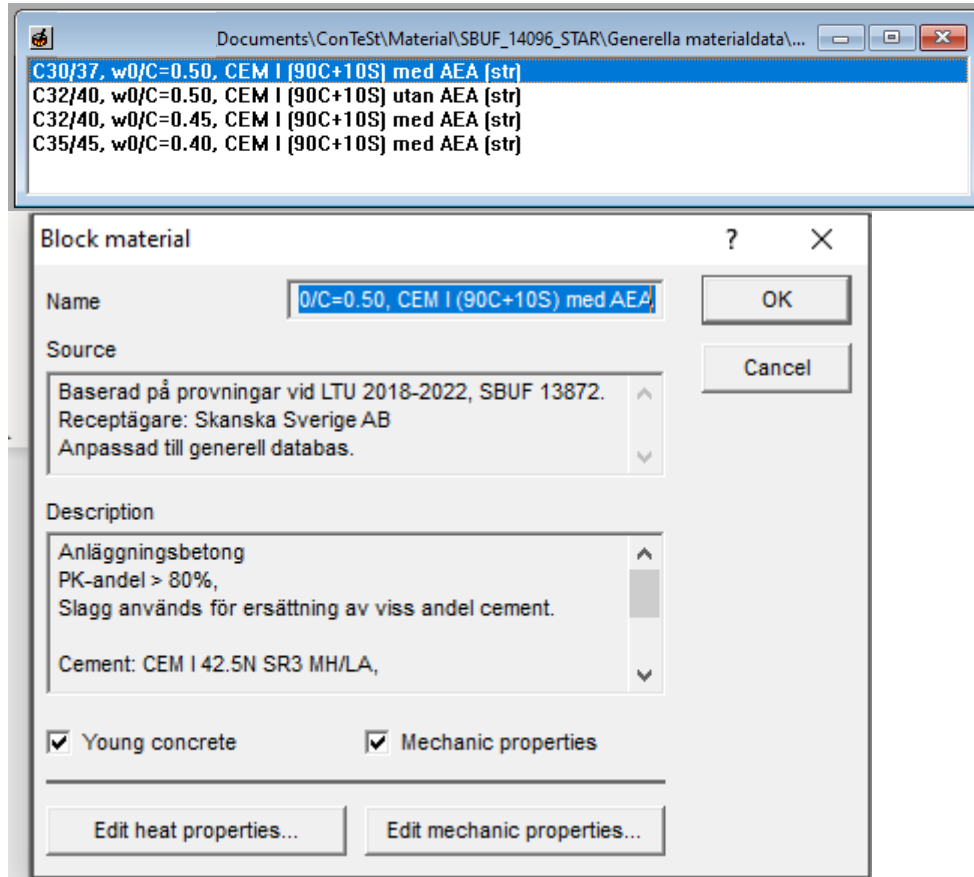
Young modulus (GPa):

Fcc (MPa):

Fct (MPa):

Betondata för ConTeSt RnD v5.1

Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 0-20%_v5.1



Source

Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Anläggningsbetong
PK-andel > 80%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
Slagg: Ecocem
90% cement, 10% slagg
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

Heat conductivity ? X

Equ. age of maturity (h) Add/Change item

Heat cond. (W/m K) Delete item

Clear list

0	2.1
100	2.1
124	1.7
10000	1.7

OK

Cancel

C30/37, w0/C=0.50, CEM I (90C+10S) med AEA

Young concrete - heat properties ? X

Name **C/C=0.50, CEM I (90C+10S) med AEA**

Source Based på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.

Description Anläggningsbetong PK-andel > 80%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.

Density (kg/m3) 2350

Heat capacity (J/kg K) 1000

Heat conductivity (W/m K) Edit...

Wc (J/kg) 416000

C (kg/m3) 350

t1 (h) 12.216

Kappa1 (-) 1.215

te0 (h) 0

BetaD (-) 1

ThetaRef (K) 4251

Kappa3 (-) 0.245

Fcc28 (MPa) 45

S (-) 0.192

IS (h) 3

IA (h) 5

nA (-) 3

nCC28d (-) 0.694

fA (MPa) 0.5

TempD (°C) 41

KappaTemp (-) 1.9

TimeD (h) 46.8

KappaTime (-) 1.9

DMaxDrop28 (-) 0.25

Young concrete - mechanic properties ? X

Name **C/C=0.50, CEM I (90C+10S) med AEA**

Source Based på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.

Description Anläggningsbetong PK-andel > 80%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.

Poisson's ratio (-) 0.18

AlphaHeat (1/K) 1.0084e-05

AlphaCool (1/K) 1.0084e-05

ThetaT (K) 5000

Number of ages 10

Number of rel. units 8

RelTime1 (d) 0.005

TimeZero (d) 0.125

Fcc28 (MPa) 45

KFI (-) 2

Ftref (MPa) 3.22

Eps1 (-) 0

Fcref (MPa) 45

TimeS1 (h) 2

Beta1 (-) 0.667

Eps2 (-) -0.00023252

AlphaCT (-) 0.625

TimeS2 (h) 4

RhoT (-) 0.45

ThetaSH (h) 7.14

RhoFi (-) 0

EthaSH (-) 0.47

Ages (d) 0 124 0 275 0 39212 1 24 3 9212 12 4 39 212 124 392 12 1240

Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)

0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925
6.8035 1.2825 2.8992 1.1432 1.5296 0.73564 0.94189 0.004339
6.2852 1.4851 3.1376 1.8604 1.9694 1.095 1.3019 0.04723
1.8684 -0.64897 3.4372 5.2743 3.5944 3.0839 3.1175 0.43862
1.1691 -1.1222 2.9224 5.4761 3.4166 3.5136 3.4184 2.9058
0.97836 -0.45688 1.8864 3.9863 2.4531 2.4027 2.3698 8.9288
0.8487 -0.014128 1.2403 2.6521 1.6577 1.5393 1.5437 13.559
0.85036 0.032129 1.2008 2.5406 1.5849 1.4557 1.4627 14.189
0.86237 0.032624 1.2176 2.5719 1.6 1.4649 1.4699 14.264
0.86922 0.032834 1.2273 2.5897 1.6094 1.4714 1.4739 14.304

OK

Cancel

C32/40, w0/C=0.50, CEM I (90C+10S) utan AEA

Young concrete - heat properties ? X

Name **C/C=0.50, CEM I (90C+10S) utan AEA**

Source Based på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.

Description Anläggningsbetong PK-andel > 80%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.

Density (kg/m3) 2350

Heat capacity (J/kg K) 1000

Heat conductivity (W/m K) Edit...

Wc (J/kg) 416000

C (kg/m3) 350

t1 (h) 12.216

Kappa1 (-) 1.215

te0 (h) 0

BetaD (-) 1

ThetaRef (K) 4251

Kappa3 (-) 0.245

Fcc28 (MPa) 51

S (-) 0.192

IS (h) 3

IA (h) 5

nA (-) 3

nCC28d (-) 0.694

fA (MPa) 0.5

TempD (°C) 41

KappaTemp (-) 1.9

TimeD (h) 46.8

KappaTime (-) 1.9

DMaxDrop28 (-) 0.25

Young concrete - mechanic properties ? X

Name **C/C=0.50, CEM I (90C+10S) utan AEA**

Source Based på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.

Description Anläggningsbetong PK-andel > 80%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.

Poisson's ratio (-) 0.18

AlphaHeat (1/K) 1.0084e-05

AlphaCool (1/K) 1.0084e-05

ThetaT (K) 5000

Number of ages 10

Number of rel. units 8

RelTime1 (d) 0.005

TimeZero (d) 0.125

Fcc28 (MPa) 51

KFI (-) 2

Ftref (MPa) 3.22

Eps1 (-) 0

Fcref (MPa) 51

TimeS1 (h) 2

Beta1 (-) 0.667

Eps2 (-) -0.00023252

AlphaCT (-) 0.625

TimeS2 (h) 4

RhoT (-) 0.45

ThetaSH (h) 7.14

RhoFi (-) 0

EthaSH (-) 0.47

Ages (d) 0 124 0 275 0 39212 1 24 3 9212 12 4 39 212 124 392 12 1240

Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)

0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925
6.8035 1.2825 2.8992 1.1432 1.5296 0.73564 0.94189 0.004339
6.2852 1.4851 3.1376 1.8604 1.9694 1.095 1.3019 0.04723
1.8684 -0.64897 3.4372 5.2743 3.5944 3.0839 3.1175 0.43862
1.1691 -1.1222 2.9224 5.4761 3.4166 3.5136 3.4184 2.9058
0.97836 -0.45688 1.8864 3.9863 2.4531 2.4027 2.3698 8.9288
0.8487 -0.014128 1.2403 2.6521 1.6577 1.5393 1.5437 13.559
0.85036 0.032129 1.2008 2.5406 1.5849 1.4557 1.4627 14.189
0.86237 0.032624 1.2176 2.5719 1.6 1.4649 1.4699 14.264
0.86922 0.032834 1.2273 2.5897 1.6094 1.4714 1.4739 14.304

OK

Cancel

C32/40, w0/C=0.45, CEM I (90C+10S) med AEA

Young concrete - heat properties ? X

Name **C/C=0.45, CEM I (90C+10S) med AEA**

Source Based på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.

Description Anläggningsbetong PK-andel > 80%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.

Density (kg/m3) 2350

Heat capacity (J/kg K) 1000

Heat conductivity (W/m K) Edit...

Wc (J/kg) 403000

C (kg/m3) 390

t1 (h) 12.216

Kappa1 (-) 1.215

te0 (h) 0

BetaD (-) 1

ThetaRef (K) 4232

Kappa3 (-) 0.252

Fcc28 (MPa) 48

S (-) 0.192

IS (h) 3

IA (h) 5

nA (-) 3

nCC28d (-) 0.694

fA (MPa) 0.5

TempD (°C) 1.9

KappaTemp (-) 41

TimeD (h) 46.8

KappaTime (-) 1.9

DMaxDrop28 (-) 0.25

Young concrete - mechanic properties ? X

Name **C/C=0.45, CEM I (90C+10S) med AEA**

Source Based på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.

Description Anläggningsbetong PK-andel > 80%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.

Poisson's ratio (-) 0.18

AlphaHeat (1/K) 1.0092e-05

AlphaCool (1/K) 1.0092e-05

ThetaT (K) 5000

Number of ages 10

Number of rel. units 8

RelTime1 (d) 0.005

TimeZero (d) 0.125

Fcc28 (MPa) 48

KFI (-) 2

Ftref (MPa) 3.22

Eps1 (-) 0

Fcref (MPa) 48

TimeS1 (h) 2

Beta1 (-) 0.667

Eps2 (-) -0.0002812

AlphaCT (-) 0.625

TimeS2 (h) 4

RhoT (-) 0.45

ThetaSH (h) 7.14

RhoFi (-) 0

EthaSH (-) 0.47

Ages (d) 0 124 0 275 0 39212 1 24 3 9212 12 4 39 212 124 392 12 1240

Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)

0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925 0.00925
6.8035 1.2825 2.8992 1.1432 1.5296 0.73564 0.94189 0.004339
6.2852 1.4851 3.1376 1.8604 1.9694 1.095 1.3019 0.04723
1.8684 -0.64897 3.4372 5.2743 3.5944 3.0839 3.1175 0.43862
1.1691 -1.1222 2.9224 5.4761 3.4166 3.5136 3.4184 2.9058
0.97836 -0.45688 1.8864 3.9863 2.4531 2.4027 2.3698 8.9288
0.8487 -0.014128 1.2403 2.6521 1.6577 1.5393 1.5437 13.559
0.85036 0.032129 1.2008 2.5406 1.5849 1.4557 1.4627 14.189
0.86237 0.032624 1.2176 2.5719 1.6 1.4649 1.4699 14.264
0.86922 0.032834 1.2273 2.5897 1.6094 1.4714 1.4739 14.304

OK

Cancel

C35/45, w0/C=0.40, CEM I (90C+10S) med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
<p>Name: w0/C=0.40, CEM I (90C+10S) med AEA</p> <p>Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB. Anpassad till generell databas.</p> <p>Description: Anläggningsbetong. PK-andel > 60%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.</p> <p>Density (kg/m3): 2350</p> <p>Heat capacity (J/kg K): 1000</p> <p>Heat conductivity (W/m K): Edit...</p> <p>Wc (J/kg): 390000</p> <p>C (kg/m3): 420</p> <p>t1 (h): 12.216</p> <p>Kappa1 (-): 1.215</p>		<p>Name: w0/C=0.40, CEM I (90C+10S) med AEA</p> <p>Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB. Anpassad till generell databas.</p> <p>Description: Anläggningsbetong. PK-andel > 60%. Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.</p> <p>Poisson's ratio (-): 0.18</p> <p>AlphaHeat (1/K): 1.01e-05</p> <p>AlphaCool (1/K): 1.01e-05</p> <p>ThetaT (K): 5000</p> <p>Number of ages: 10</p> <p>Number of rel. units: 8</p> <p>RelTime1 (d): 0.005</p> <p>TimeZero (d): 0.125</p>	
<p>te0 (h): 0</p> <p>Beta0 (-): 1</p> <p>ThetaRef (K): 4296</p> <p>Kappa3 (-): 0.192</p> <p>Fcc28 (MPa): 53</p> <p>S (-): 0.192</p> <p>IS (h): 3</p> <p>IA (h): 5</p> <p>nA (-): 3</p> <p>nCC28d (-): 0.694</p> <p>fA (MPa): 0.5</p> <p>TempD (°C): 1.9</p> <p>KappaTemp (-): 41</p> <p>Time0 (h): 48.8</p> <p>KappaTime (-): 1.9</p> <p>DMaxDrop28 (-): 0.25</p>		<p>Fcc28 (MPa): 53</p> <p>KFI (-): 2</p> <p>Ftref (MPa): 3.524</p> <p>Eps1 (-): 0</p> <p>Fcref (MPa): 53</p> <p>TimeS1 (h): 2</p> <p>Beta1 (-): 0.067</p> <p>Eps2 (-): -0.00033</p> <p>AlphaCT (-): 0.625</p> <p>TimeS2 (h): 4</p> <p>RhoT (-): 0.45</p> <p>ThetaSH (h): 7.1</p> <p>RhoFI (-): 0</p> <p>EthaSH (-): 0.47</p> <p>Ages (d): 0 124 0.275 0.392 1.24 3.92 12 24 39 212 124 392 12 1240</p> <p>Relax [rows=ages, columns=units] (GPa):</p> <p>0.009 0.009 0.009 0.009 0.009 0.009 0.009 0.009 7.2622 1.3746 3.011 1.2253 1.0395 0.7885 1.0095 0.0047 6.6932 1.5815 3.3413 1.9812 2.9972 1.1661 1.3864 0.0503 2.0027 -0.6869 3.6043 5.6535 3.8528 3.3056 3.3416 0.4702 1.2522 -1.202 3.1351 5.8053 3.8594 3.7035 3.8614 3.1123 1.0473 -0.4891 2.0193 4.2671 2.6559 2.5719 2.5367 9.5577 0.9062 -0.0151 1.3275 2.8388 1.7743 1.6475 1.6522 14.5123 0.9093 0.0344 1.284 2.7166 1.6247 1.5565 1.564 15.1718 0.9215 0.0349 1.3011 2.7483 1.7097 1.5654 1.5707 15.2423 0.9285 0.0351 1.311 2.7683 1.7192 1.5718 1.5744 15.2796</p>	

Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 21-35%_v5.1

The screenshot shows a software window titled 'Block material' with a list of material options and a detailed property form. The list includes three options: 'C30/37, w0/C=0.50, CEM I (75C+25S) med AEA (str)', 'C32/40, w0/C=0.45, CEM I (75C+25S) med AEA (str)', and 'C35/45, w0/C=0.40, CEM I (75C+25S) med AEA (str)'. The selected option is '0/C=0.50, CEM I (75C+25S) med AEA'. The 'Source' field contains: 'Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptägare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.' The 'Description' field contains: 'Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,'. There are checkboxes for 'Young concrete' and 'Mechanic properties', both of which are checked. At the bottom, there are buttons for 'Edit heat properties...' and 'Edit mechanic properties...'.

Source

Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Klimatförbättrad Anläggningsbetong,
65% < PK-andel < 80%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.

Cement CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
Slagg: Ecocem
75% cement, 25% slagg
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

C30/37, w0/C=0.50, CEM I (75C+25S) med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: W/C=0.50, CEM I (75C+25S) med AEA	te0 (h): 0	Name: W/C=0.50, CEM I (75C+25S) med AEA	Fcc28 (MPa): 45
Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptplåtare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.	BetaD (-): 1	Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptplåtare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.	Ftref (MPa): 3.47
Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.	ThetaRef (K): 4167	Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.	Ffref (MPa): 45
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.312	Poisson's ratio (-): 0.18	Beta1 (-): 0.667
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 45	AlphaHeat (1/K): 1.1956e-05	AlphaCT (-): 0.904
Heat conductivity (W/m K): Edt...	S (-): 0.192	AlphaCool (1/K): 1.1956e-05	RhoT (-): 0.286
Wc (J/kg): 340000	tA (h): 5	ThetaT (K): 5000	RhoFi (-): 0.495
C (kg/m3): 350	nA (-): 3	Number of ages: 10	Eps1 (-): 0
t1 (h): 13.5	nCC28d (-): 0.694	Number of rel. units: 8	TimeS1 (h): 2
Kappa1 (-): 1.23	fA (MPa): 0.64	RelTime1 (d): 0.005	Eps2 (-): -0.00026
	TempD (°C): 41	TimeZero (d): 0.125	TimeS2 (h): 7
	KappaTemp (-): 1.9		ThetaSH (h): 30
	TimeD (h): 46.8		EthaSH (-): 0.36
	KappaTime (-): 1.9		
	DMaxDrop28 (-): 0.25		
OK Cancel		OK Cancel	

C32/40, w0/C=0.45, CEM I (75C+25S) med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: W/C=0.45, CEM I (75C+25S) med AEA	te0 (h): 0	Name: W/C=0.45, CEM I (75C+25S) med AEA	Fcc28 (MPa): 48
Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptplåtare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.	BetaD (-): 1	Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptplåtare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.	Ftref (MPa): 3.47
Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.	ThetaRef (K): 4232	Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.	Ffref (MPa): 48
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.252	Poisson's ratio (-): 0.18	Beta1 (-): 0.667
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 48	AlphaHeat (1/K): 1.1956e-05	AlphaCT (-): 0.904
Heat conductivity (W/m K): Edt...	S (-): 0.192	AlphaCool (1/K): 1.1956e-05	RhoT (-): 0.286
Wc (J/kg): 329000	tA (h): 5	ThetaT (K): 5000	RhoFi (-): 0.495
C (kg/m3): 400	nA (-): 3	Number of ages: 10	Eps1 (-): 0
t1 (h): 12.858	nCC28d (-): 0.694	Number of rel. units: 8	TimeS1 (h): 2
Kappa1 (-): 1.222	fA (MPa): 0.5	RelTime1 (d): 0.005	Eps2 (-): -0.000305
	TempD (°C): 41	TimeZero (d): 0.125	TimeS2 (h): 7
	KappaTemp (-): 1.9		ThetaSH (h): 32
	TimeD (h): 46.8		EthaSH (-): 0.41
	KappaTime (-): 1.9		
	DMaxDrop28 (-): 0.25		
OK Cancel		OK Cancel	

C35/45, w0/C=0.40, CEM I (75K+25S) med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: W/C=0.40, CEM I (75C+25S) med AEA	te0 (h): 0	Name: W/C=0.40, CEM I (75C+25S) med AEA	Fcc28 (MPa): 53
Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptplåtare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.	BetaD (-): 1	Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872. Receptplåtare: Skanska Sverige AB Anpassad till generell databas.	Ftref (MPa): 3.817
Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.	ThetaRef (K): 4298	Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong, 65% < PK-andel < 80%, Slagg används för ersättning av viss andel cement. Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA.	Ffref (MPa): 53
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.192	Poisson's ratio (-): 0.18	Beta1 (-): 0.667
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 53	AlphaHeat (1/K): 1.1956e-05	AlphaCT (-): 0.904
Heat conductivity (W/m K): Edt...	S (-): 0.192	AlphaCool (1/K): 1.1956e-05	RhoT (-): 0.286
Wc (J/kg): 317000	tA (h): 5	ThetaT (K): 5000	RhoFi (-): 0.495
C (kg/m3): 420	nA (-): 3	Number of ages: 10	Eps1 (-): 0
t1 (h): 12.216	nCC28d (-): 0.694	Number of rel. units: 8	TimeS1 (h): 2
Kappa1 (-): 1.215	fA (MPa): 0.5	RelTime1 (d): 0.005	Eps2 (-): -0.00035
	TempD (°C): 41	TimeZero (d): 0.125	TimeS2 (h): 7
	KappaTemp (-): 1.9		ThetaSH (h): 34.1
	TimeD (h): 46.8		EthaSH (-): 0.45
	KappaTime (-): 1.9		
	DMaxDrop28 (-): 0.25		
OK Cancel		OK Cancel	

Klimatförbättrad Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I + Slagg 36-65%_v5.1

Documents\ConTeSt\Material\SBUF_14096_STAR\Generella materialdata\...

C30/37, w0/C=0.50, CEM I [50C+50S] med AEA [str]
C32/40, w0/C=0.45, CEM I [50C+50S] med AEA [str]
C35/45, w0/C=0.40, CEM I [50C+50S] med AEA [str]

Block material

Name: 0/C=0.50, CEM I (50C+50S) med AEA

Source: Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description: Klimatförbättrad Anläggningsbetong,
36% < PK-andel < 65%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.
Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,

Young concrete Mechanic properties

Edit heat properties... Edit mechanic properties...

Source

Baserad på provningar vid LTU 2018-2022, SBUF 13872.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Klimatförbättrad Anläggningsbetong,
36% < PK-andel < 65%,
Slagg används för ersättning av viss andel cement.

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
Slagg: Ecocem
50% cement, 50% slagg
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

Anläggningsbetong_S4_ANL FA_CEM II_A-V_v5.1

The image shows a software interface for material data management. At the top, a window displays the material name: "C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA [str]". Below this is a "Block material" dialog box. The dialog box has the following fields and options:

- Name:** w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA
- Source:** Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB
- Description:** Anläggningsbetong
PK-andel > 80%,
Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,
S4, dmax 16mm
- Young concrete
- Mechanic properties
- Buttons: Edit heat properties..., Edit mechanic properties...

Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Anläggningsbetong
PK-andel > 80%,
Slagg används för ersättning av viss andel Portlandcementklinker.

Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA

Young concrete - heat properties		?		X	
Name	w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA	te0 (h)	0		
Source	Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017 Receptplågar: Skanska Sverige AB	BetaD (-)	1		
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA, S4, dmax 16mm	ThetaRef (K)	3800		
Density (kg/m3)	2350	Kappa3 (-)	0.4		
Heat capacity (J/kg K)	1000	Fcc28 (MPa)	53		
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	S (-)	0.24		
Wc (J/kg)	255000	tS (h)	5		
C (kg/m3)	430	tA (h)	11		
t1 (h)	8.99	nA (-)	3		
Kappa1 (-)	2.51	nCC28d (-)	0.5		
		fa (MPa)	0.5		
		TempD (°C)	32		
		KappaTemp (-)	7		
		TimeD (h)	40		
		KappaTime (-)	2		
		DMaxDrop28 (-)	0.27		
OK		Cancel			

Young concrete - mechanic properties		?		X	
Name	w0/C=0.40, CEM II/A-V, S4 16mm AEA	Fcc28 (MPa)	53	KFI (-)	2
Source	Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017 Receptplågar: Skanska Sverige AB	Ffref (MPa)	3.25	Eps1 (-)	0
Description	Anläggningsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA, S4, dmax 16mm	Fofref (MPa)	53	TimeS1 (h)	2
Poisson's ratio (-)	0.18	Beta1 (-)	0.867	Eps2 (-)	-0.000225
AlphaHeat (1/K)	1.14e-05	AlphaCT (-)	0.9	TimeS2 (h)	5
AlphaCool (1/K)	1.14e-05	RhoT (-)	0	ThetaSH (h)	72
ThetaT (K)	5000	RhoFi (-)	0	EthaSH (-)	0.43
Number of ages	10	Ages (d)			
Number of rel. units	8	0.329 0.722 1.556 3.351 7.22 15.555 33.512 72.2 155.55 335.123			
RelTime1 (d)	0.005	Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)			
TimeZero (d)	0.33	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 3.2534 3.3014 5.446 2.5102 1.0709 1.2478 0.4526 0.1402 5.7456 6.0601 7.3123 4.3376 3.033 2.5005 1.9865 0.0629 4.07 5.3629 6.9227 5.9868 5.1844 3.5737 1.7359 -0.4412 2.8073 4.2128 6.1214 6.8575 6.9556 4.0107 1.9979 1.9307 1.9743 3.1542 5.1243 6.4867 6.206 4.1986 2.0982 5.3441 1.4478 2.406 4.1593 5.9667 6.4437 4.4507 2.2324 8.0723 1.1298 1.9201 3.4427 5.3325 6.5026 4.8347 2.4428 9.0742 0.9428 1.618 2.9765 4.7851 6.445 5.3431 2.7788 10.7654 0.8338 1.4372 2.687 4.4042 6.2967 5.8848 3.2813 10.9315			
OK		Cancel			

Anläggningsbetong_SF2_ANL FA_CEM II_A-V_v5.1

Documents\ConTeSt\Material\SBUF_14096_STAR\Generella materialdata\...

C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA [str]

Block material

Name: C/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA

Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Anläggningsbetong
Självkompakterande betong (SKB)
PK-andel > 80%,
Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,

Young concrete Mechanic properties

Edit heat properties... Edit mechanic properties...

Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2016-2017
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Anläggningsbetong
Självkompakterande betong (SKB)
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MH/LA,
SF2, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

C35/45, w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA

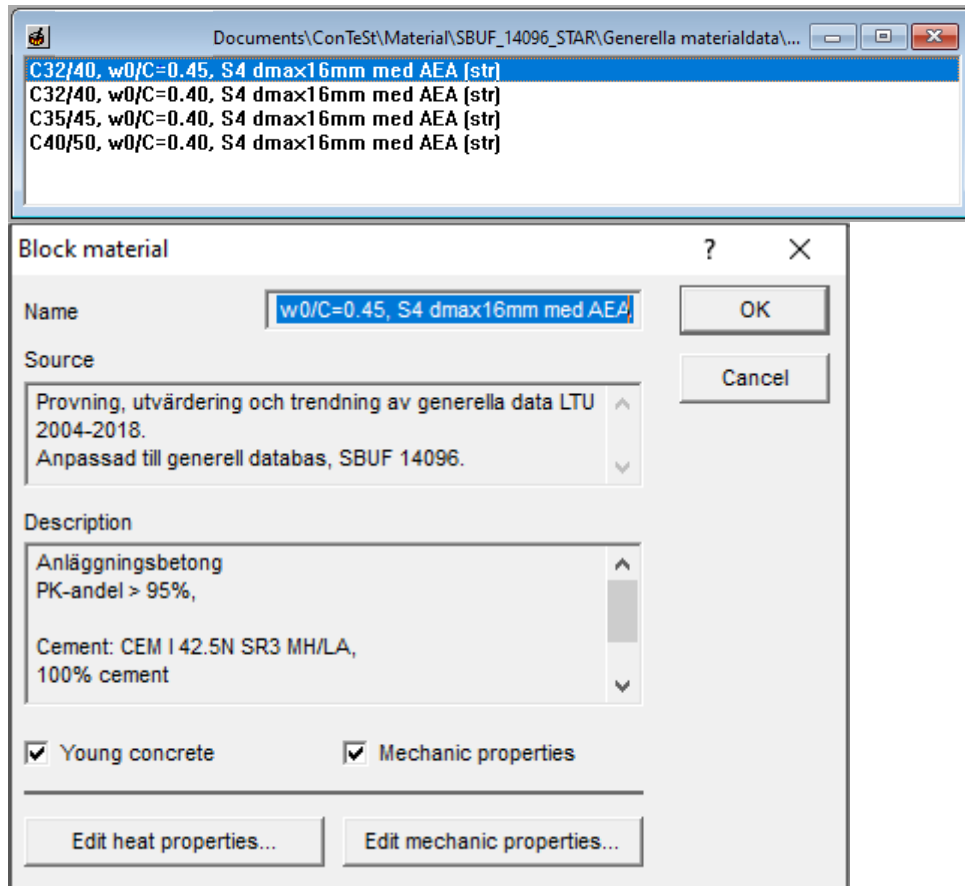
Young concrete - heat properties		
Name	w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA	
Source	Provin, utvärdering och trendning av generella data LTU 2015-2017 Receptägare: Skanska Sverige AB	
Description	Anläggningsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MHLA	
Density (kg/m3)	2350	
Heat capacity (J/kg K)	1000	
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	
Wc (J/kg)	221000	
C (kg/m3)	430	
t1 (h)	10	
Kappa1 (-)	3.4	
te0 (h)	0	
BetaD (-)	1	
ThetaRef (K)	3300	
Kappa3 (-)	0.4	
Fcc28 (MPa)	53	
S (-)	0.247	
tS (h)	6	
tA (h)	12	
nA (-)	3	
nCC28d (-)	0.5	
fA (MPa)	0.5	
TempD (°C)	46	
KappaTemp (-)	7	
TimeD (h)	36	
KappaTime (-)	2	
DMaxDrop28 (-)	0.21	

Young concrete - mechanic properties			
Name	w0/C=0.40, CEM II/A-V, SF2 16mm AEA		
Source	Provin, utvärdering och trendning av generella data LTU 2015-2017 Receptägare: Skanska Sverige AB		
Description	Anläggningsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM II/A-V 42.5N NSR MHLA		
Fcc28 (MPa)	53	Kf1 (-)	2
Ffref (MPa)	3.08	Eps1 (-)	0
Fcref (MPa)	53	TimeS1 (h)	2
Beta1 (-)	0.867	Eps2 (-)	-0.000225
AlphaCT (-)	0.9	TimeS2 (h)	6
RhoT (-)	0.5	ThetaSH (h)	30
RhoFi (-)	0	EthaSH (-)	0.5
Poisson's ratio (-)	0.18	Ages (d) 0 249 0 35 0 536 1 150 2 49 5 365 11 558 24 9 53 645 115 570 249 536 454 1155 76 2	
AlphaHeat (1/K)	1.16e-05	Relax (rows=ages, columns=units) (GPa)	
AlphaCool (1/K)	1.16e-05	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01	
ThetaT (K)	5000	1.037 0.5955 0.9614 0.2156 0.6233 0.5177 0.5289 0.4593	
Number of ages	16	4.7128 1.2459 1.7787 0.3724 1.1459 0.9361 0.9637 1.2916	
Number of rel. units	8	10.4281 1.6504 2.7446 0.4662 1.6129 1.2748 1.3324 2.64	
RefTime1 (d)	0.005	13.868 2.1028 3.439 0.6372 1.9023 1.5003 1.5677 4.0894	
TimeZero (d)	0.25	15.0501 2.8047 3.9201 1.0108 2.1238 1.7155 1.7975 5.7256	
		14.5247 3.5731 4.2001 1.6689 2.326 1.8488 1.9622 7.6529	
		12.7026 4.1089 4.2045 2.693 2.5425 2.2138 2.1641 9.8058	
		9.5492 3.9696 3.6592 3.8737 2.7651 2.4583 2.3311 11.7998	
		6.8311 3.384 3.2215 5.2307 3.027 2.7015 2.48 13.5108	
		4.8655 2.6168 2.5011 6.5455 3.2938 2.9347 2.6002 14.8011	

OK Cancel

OK Cancel

Anläggningsbetong_S4_ANL_CEM I_v5.1



Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018.
Anpassad till generell databas, SBUF 14096.

Description

Anläggningsbetong
PK-andel > 95%,

Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA,
100% cement
S4, dmax 16mm
Tillsats av luftporbildare (AEA)

C32/40, w0/C=0.45, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: w0/C=0.45, S4 dmax16mm med AEA	te0 (h): 0	Name: w0/C=0.45, S4 dmax16mm med AEA	Fcc28 (MPa): 48
Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	BetaD (-): 1	Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	KFI (-): 2
Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	ThetaRef (K): 3550	Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Eps1 (-): 0
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.55	Poisson's ratio (-): 0.18	TimeS1 (h): 8
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 48	AlphaHeat (1/K): 1.1e-05	Eps2 (-): -0.00015
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.248	AlphaCool (1/K): 1.1e-05	TimeS2 (h): 8
Wc (J/kg): 346500	tS (h): 5	ThetaT (K): 5000	ThetaSH (h): 120
C (kg/m3): 410	tA (h): 8	Number of ages: 10	RhoSH (-): 0.3
t1 (h): 9.21	nA (-): 3	Number of rel. units: 8	EthaSH (-): 0.3
Kappa1 (-): 1.76	nCC28d (-): 0.5	RefTime1 (d): 0.005	
OK	fa (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.33	
Cancel	TempD (°C): 1		
	KappaTemp (-): 1		
	TimeD (h): 1		
	KappaTime (-): 1		
	DMaxDrop28 (-): 0		

C32/40, w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	te0 (h): 0	Name: w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	Fcc28 (MPa): 48
Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	BetaD (-): 1	Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	KFI (-): 2
Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	ThetaRef (K): 3550	Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Eps1 (-): 0
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.55	Poisson's ratio (-): 0.18	TimeS1 (h): 8
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 48	AlphaHeat (1/K): 1.12e-05	Eps2 (-): -0.000125
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.248	AlphaCool (1/K): 1.12e-05	TimeS2 (h): 8
Wc (J/kg): 336800	tS (h): 5	ThetaT (K): 5000	ThetaSH (h): 120
C (kg/m3): 430	tA (h): 8	Number of ages: 10	RhoSH (-): 0.3
t1 (h): 9.4	nA (-): 3	Number of rel. units: 8	EthaSH (-): 0.3
Kappa1 (-): 1.92	nCC28d (-): 0.5	RefTime1 (d): 0.005	
OK	fa (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.33	
Cancel	TempD (°C): 1		
	KappaTemp (-): 1		
	TimeD (h): 1		
	KappaTime (-): 1		
	DMaxDrop28 (-): 0		

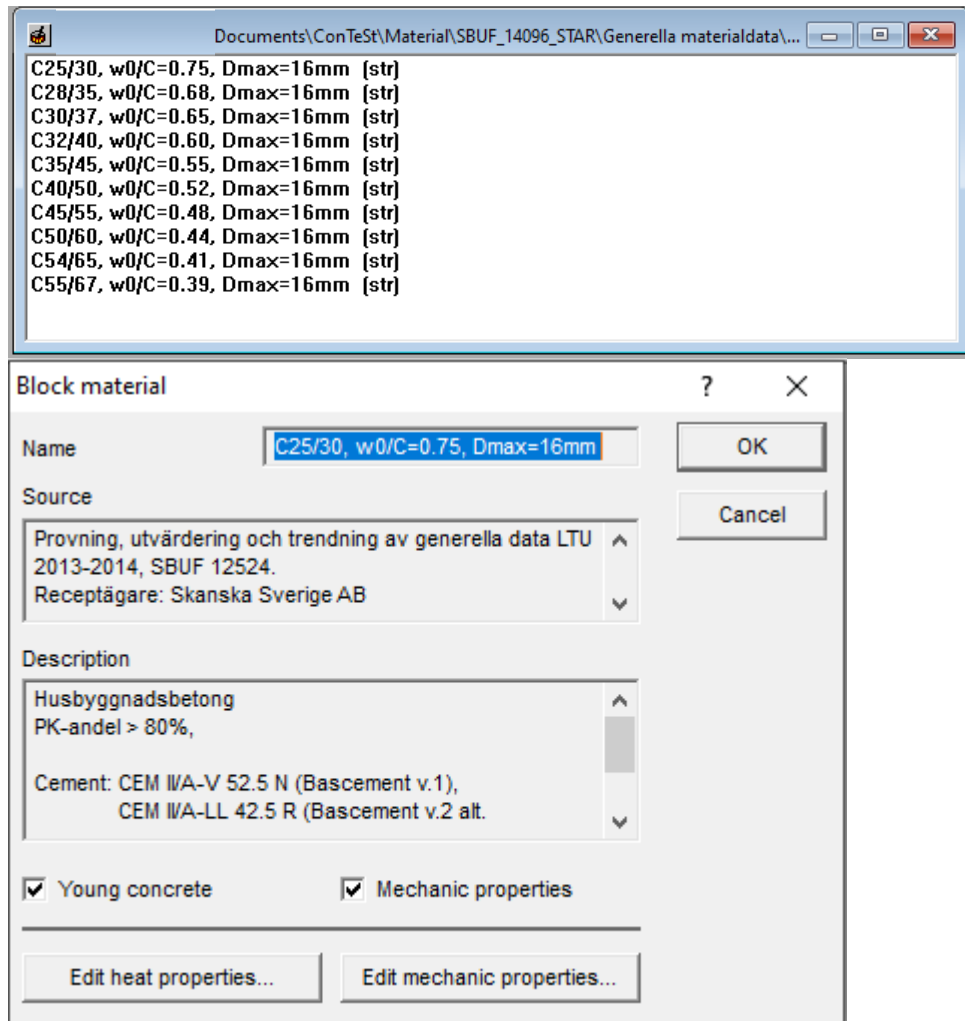
C35/45, w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	te0 (h): 0	Name: w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA	Fcc28 (MPa): 53
Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	BetaD (-): 1	Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018. Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	KFI (-): 2
Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	ThetaRef (K): 4020	Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	Eps1 (-): 0
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.608	Poisson's ratio (-): 0.18	TimeS1 (h): 8
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 53	AlphaHeat (1/K): 1.12e-05	Eps2 (-): -0.000125
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.275	AlphaCool (1/K): 1.12e-05	TimeS2 (h): 8
Wc (J/kg): 336800	tS (h): 5	ThetaT (K): 5000	ThetaSH (h): 120
C (kg/m3): 430	tA (h): 8	Number of ages: 10	RhoSH (-): 0.3
t1 (h): 9.4	nA (-): 3	Number of rel. units: 8	EthaSH (-): 0.3
Kappa1 (-): 1.92	nCC28d (-): 0.5	RefTime1 (d): 0.005	
OK	fa (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.33	
Cancel	TempD (°C): 1		
	KappaTemp (-): 1		
	TimeD (h): 1		
	KappaTime (-): 1		
	DMaxDrop28 (-): 0		

C40/50, w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018 Anpassad till generell databas, SBUF 14096.		Name: w0/C=0.40, S4 dmax16mm med AEA Source: Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2004-2018 Anpassad till generell databas, SBUF 14096.	
Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement		Description: Anläggningsbetong PK-andel > 95%, Cement: CEM I 42.5N SR3 MH/LA, 100% cement	
Density (kg/m ³): 2350 Heat capacity (J/kg K): 1000 Heat conductivity (W/m K): Edit...	Iso (h): 0 BetaD (-): 1 ThetaRef (K): 4020 Kappa3 (-): 0.608 Fcc28 (MPa): 58 S (-): 0.272 IS (h): 5 IA (h): 8 nA (-): 3 nCC28d (-): 0.5 IA (MPa): 0.5 TempD (°C): 1 KappaTemp (-): 1 TimeD (h): 1 KappaTime (-): 1 DMaxDrop28 (-): 0	Fcc28 (MPa): 58 Fref (MPa): 4.22 Foref (MPa): 58 Beta1 (-): 0.667 AlphaCT (-): 0.7 RhoT (-): 0 RhoFi (-): 0 Poisson's ratio (-): 0.18 AlphaHeat (1/K): 1.12e-05 AlphaCool (1/K): 1.12e-05 ThetaT (K): 5000 Number of ages: 10 Number of rel. units: 8 RefTime1 (d): 0.005 TimeZero (d): 0.33	KFI (-): 2 Eps1 (-): 0 TimeS1 (h): 8 Eps2 (-): -0.000125 TimeS2 (h): 8 ThetaSH (h): 120 EtsaSH (-): 0.3 Ages (d): 0.329 0.722 1.556 3.351 7.22 15.555 33.512 72.2 155.55 335.123 Relax [rows=ages, columns=units] (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 3.2834 3.3014 5.446 2.5182 1.0709 1.2478 0.4526 0.1402 5.7456 6.0601 7.3123 4.3376 3.033 2.5005 1.0965 0.0629 4.07 5.3629 6.9227 5.8698 5.1844 3.5737 1.7399 -0.4412 2.8073 4.2128 6.1214 6.8575 6.0656 4.0107 1.8979 1.9307 1.9743 3.1542 5.1243 6.4867 6.286 4.1888 2.0982 5.3441 1.4476 2.496 4.1593 5.9697 6.4437 4.4537 2.2324 0.0723 1.1298 1.9201 3.4427 5.3325 6.5026 4.8347 2.4428 9.6742 0.9428 1.618 2.9785 4.7851 6.445 5.3431 2.7788 10.7854 0.8336 1.4372 2.687 4.4042 6.2967 5.8848 3.2813 10.9315
OK Cancel			OK Cancel

Husbyggnadsbetong_S4_Bas- & Byggcement_v5.1



Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Husbyggnadsbetong
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 52.5 N (Bascement v.1),
CEM II/A-LL 42.5 R (Bascement v.2 alt. Byggcement)

100% cement
S4, dmax 16mm

C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm Source Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB Description Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at.) Density (kg/m3) 2350 Heat capacity (J/kg K) 1000 Heat conductivity (W/m K) Edit... Wc (J/kg) 318910 C (kg/m3) 300 t1 (h) 6.51103 Kappa1 (-) 2.4309		Name C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm Source Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB Description Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at.) Poisson's ratio (-) 0.18 AlphaHeat (1/K) 8.1e-06 AlphaCool (1/K) 1.01e-05 ThetaT (K) 5000 Number of ages 10 Number of rel. units 8 RelTime1 (d) 0.005 TimeZero (d) 0.25833	
te0 (h) 0 Beta0 (-) 1 ThetaRef (K) 3700 Kappa3 (-) 0.4 Fcc28 (MPa) 30 S (-) 0.347202 IS (h) 4.57143 IA (h) 7.60714 nA (-) 3 nCC28d (-) 0.383118 fA (MPa) 0.5 TempD (°C) 38 KappaTemp (-) 4 TimeD (h) 28.5 KappaTime (-) 3 DMaxDrop28 (-) 0.308942		Fcc28 (MPa) 35.29 KFI (-) 2 Ftref (MPa) 2.83 Eps1 (-) 0 Fcref (MPa) 35.29 TimeS1 (h) 6 Beta1 (-) 0.667 Eps2 (-) -0.0001213 AlphaCT (-) 0.89 TimeS2 (h) 8 RhoT (-) 0 ThetaSH (h) 40.7 RhoFI (-) 0.02 EthaSH (-) 0.507 Ages (d) 0.257 0.408 0.814 2.573 8.138 25.733 81.376 257.333 813.759 2573.33 Relax (rows=ages, columns=units) (GPa) 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.18188 0.1038 0.23553 0.40958 0.457077 0.368627 0.402431 0.259832 1.95199 0.814713 1.20532 1.09282 1.27874 1.00883 1.11282 0.738291 6.44937 1.7836 2.41065 1.54844 1.85285 1.41426 1.58318 1.80041 10.1648 2.49654 2.44289 1.93207 1.51788 1.13305 0.75082 0.39692 12.3789 2.91687 2.55885 1.32428 1.35163 0.98116 1.12081 0.761064 11.516 3.05924 2.7772 1.5182 1.43645 1.04253 1.1739 0.99642 10.452 3.114 3.01691 1.72624 1.5388 1.10287 1.22138 0.3481 9.38428 3.07013 3.30976 1.94859 1.65877 1.17701 1.28808 0.66051 8.33336 2.9289 3.64791 2.1791 1.78007 1.26546 1.31887 0.96744	

C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm Source Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB Description Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at.) Density (kg/m3) 2350 Heat capacity (J/kg K) 1000 Heat conductivity (W/m K) Edit... Wc (J/kg) 307312 C (kg/m3) 330 t1 (h) 6.48316 Kappa1 (-) 2.52888		Name C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm Source Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB Description Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at.) Poisson's ratio (-) 0.18 AlphaHeat (1/K) 8.4e-06 AlphaCool (1/K) 1.04e-05 ThetaT (K) 5000 Number of ages 10 Number of rel. units 8 RelTime1 (d) 0.005 TimeZero (d) 0.25833	
te0 (h) 0 Beta0 (-) 1 ThetaRef (K) 3700 Kappa3 (-) 0.4 Fcc28 (MPa) 35 S (-) 0.304938 IS (h) 4.10714 IA (h) 7.16071 nA (-) 3 nCC28d (-) 0.402841 fA (MPa) 0.5 TempD (°C) 36 KappaTemp (-) 4 TimeD (h) 29.875 KappaTime (-) 3 DMaxDrop28 (-) 0.3285		Fcc28 (MPa) 41.18 KFI (-) 2 Ftref (MPa) 2.83 Eps1 (-) 0 Fcref (MPa) 41.18 TimeS1 (h) 6 Beta1 (-) 0.667 Eps2 (-) -0.0001277 AlphaCT (-) 0.88 TimeS2 (h) 8 RhoT (-) 0 ThetaSH (h) 43.9 RhoFI (-) 0.12 EthaSH (-) 0.539 Ages (d) 0.257 0.408 0.814 2.573 8.138 25.733 81.376 257.333 813.759 2573.33 Relax (rows=ages, columns=units) (GPa) 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.189713 0.106315 0.248914 0.426689 0.478498 0.38429 0.41953 0.264409 2.0343 0.849329 1.26564 1.19325 1.33307 1.05169 1.1599 0.76966 6.72339 1.83854 2.51307 1.61423 1.93139 1.47435 1.65045 1.87691 10.5885 2.57114 2.54647 1.45122 1.50245 1.01189 1.33305 0.52449 12.9028 3.04081 2.66549 1.38052 1.40896 1.02802 1.16844 0.94026 12.0053 3.18923 2.8952 1.58376 1.49749 1.08682 1.22378 0.33514 10.8961 3.2426 3.4722 1.60165 1.60426 1.14973 1.27328 0.68886 9.78301 3.20058 3.45039 2.03138 1.72625 1.22702 1.32194 0.02848 8.88743 3.05335 3.80229 2.27169 1.66405 1.31923 1.3749 0.34846	

C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm Source Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB Description Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at.) Density (kg/m3) 2350 Heat capacity (J/kg K) 1000 Heat conductivity (W/m K) Edit... Wc (J/kg) 303473 C (kg/m3) 340 t1 (h) 6.47202 Kappa1 (-) 2.58527		Name C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm Source Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB Description Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at.) Poisson's ratio (-) 0.18 AlphaHeat (1/K) 8.5e-06 AlphaCool (1/K) 1.05e-05 ThetaT (K) 5000 Number of ages 10 Number of rel. units 8 RelTime1 (d) 0.005 TimeZero (d) 0.25417	
te0 (h) 0 Beta0 (-) 1 ThetaRef (K) 3700 Kappa3 (-) 0.4 Fcc28 (MPa) 37 S (-) 0.288218 IS (h) 3.92143 IA (h) 6.98214 nA (-) 3 nCC28d (-) 0.411952 fA (MPa) 0.5 TempD (°C) 36 KappaTemp (-) 4 TimeD (h) 31.155 KappaTime (-) 3 DMaxDrop28 (-) 0.337123		Fcc28 (MPa) 43.53 KFI (-) 2 Ftref (MPa) 2.83 Eps1 (-) 0 Fcref (MPa) 43.53 TimeS1 (h) 6 Beta1 (-) 0.667 Eps2 (-) -0.0001303 AlphaCT (-) 0.87 TimeS2 (h) 8 RhoT (-) 0 ThetaSH (h) 45.2 RhoFI (-) 0.15 EthaSH (-) 0.552 Ages (d) 0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 255.167 800.583 2531.67 Relax (rows=ages, columns=units) (GPa) 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 1.30602 0.683449 1.01811 0.875451 1.10766 0.878694 0.941578 0.21104 4.04666 1.47272 2.14564 1.46077 1.9654 1.52538 1.65168 0.364155 8.98818 1.98716 3.73218 1.96711 2.71061 2.04569 2.24336 0.291848 10.5792 3.0139 2.4827 1.44113 1.51627 1.1672 1.2632 0.54556 10.6379 3.28064 2.20991 0.87678 1.72417 1.33145 1.42018 0.5339 8.79511 3.10413 3.83294 2.29653 1.91303 1.44813 1.54229 0.24656 6.97484 2.59617 4.5492 2.73724 2.13997 1.5689 1.64082 0.85859 5.40227 1.83738 5.30453 1.71188 2.38129 1.69713 1.72488 0.3794 4.14555 0.958489 6.10962 3.57046 2.60205 1.83131 1.79819 0.7932	

C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 47.96
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524	Ffref (MPa): 2.83
Receptplågar: Skanska Sverige AB	ThetaRef (K): 3700	Receptplågar: Skanska Sverige AB	Fofref (MPa): 47.06
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIIA-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	Kappa3 (-): 0.4	Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIIA-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	Beta1 (-): 0.667
Density (kg/m3): 2350	Fcc28 (MPa): 40	Poisson's ratio (-): 0.18	AlphaCT (-): 0.86
Heat capacity (J/kg K): 1000	S (-): 0.26375	AlphaHeat (1/K): 8.7e-06	RhoT (-): 0
Heat conductivity (W/m K): Edit...	IS (h): 3.64286	AlphaCool (1/K): 1.07e-05	RhoF (-): 0.21
Wc (J/kg): 297715	IA (h): 6.71429	ThetaT (K): 5000	EtsaSH (-): 0.571
C (kg/m3): 350	nA (-): 3	Number of ages: 10	Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
t1 (h): 6.4553	nCC28d (-): 0.426809	Number of ret. units: 8	0.1394 0.699594 1.04256 0.896116 1.13451 0.900042 0.964234 0.216118
Kappa1 (-): 2.62285	IA (MPa): 0.5	RetTime1 (d): 0.005	4.96635 1.50816 2.19727 1.49592 2.01371 1.56208 1.69161 0.372917
OK	TempD (°C): 36	TimeZero (d): 0.25417	9.18397 2.03497 3.82199 2.01444 2.77563 2.09491 2.29734 0.296686
Cancel	KappaTemp (-): 4		10.8338 0.09642 2.52186 1.4765 1.52751 1.69209 1.2939 7.22507
	TimeD (h): 33		10.8938 3.35957 3.29849 1.92193 1.76565 1.36349 1.46357 8.75972
	KappaTime (-): 3		9.00674 3.17862 3.92517 2.35179 1.95996 1.484 1.5794 9.46905
	DMaxDrop28 (-): 0.350059		7.14207 2.65664 4.65807 2.9031 2.19146 1.60461 1.60331 10.0936

C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 52.94
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524	Ffref (MPa): 2.83
Receptplågar: Skanska Sverige AB	ThetaRef (K): 3700	Receptplågar: Skanska Sverige AB	Fofref (MPa): 52.94
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIIA-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	Kappa3 (-): 0.4	Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIIA-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	Beta1 (-): 0.667
Density (kg/m3): 2350	Fcc28 (MPa): 45	Poisson's ratio (-): 0.18	AlphaCT (-): 0.85
Heat capacity (J/kg K): 1000	S (-): 0.225353	AlphaHeat (1/K): 9e-06	RhoT (-): 0
Heat conductivity (W/m K): Edit...	IS (h): 3.17857	AlphaCool (1/K): 1.1e-05	RhoF (-): 0.31
Wc (J/kg): 288129	IA (h): 6.26796	ThetaT (K): 5000	EtsaSH (-): 0.606
C (kg/m3): 375	nA (-): 3	Number of ages: 10	Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
t1 (h): 6.41213	nCC28d (-): 0.454457	Number of ret. units: 8	1.38916 0.79899 1.09204 0.931203 1.17844 0.934805 1.00156 0.224434
Kappa1 (-): 2.71725	IA (MPa): 0.5	RetTime1 (d): 0.005	5.15862 1.56654 2.28233 1.55383 2.09167 1.62256 1.7571 0.387354
OK	TempD (°C): 36	TimeZero (d): 0.25417	9.53951 2.11375 3.96995 2.09242 2.88209 2.17691 2.38828 0.310228
Cancel	KappaTemp (-): 4		11.2533 0.2059 2.61961 1.53294 1.61296 1.24156 1.36367 0.02413
	TimeD (h): 35.875		11.3156 3.48963 3.42619 1.99634 1.83401 1.41628 1.52022 9.06884
	KappaTime (-): 3		9.35542 3.30188 4.07712 2.44283 2.0349 1.54145 1.64055 9.83563
	DMaxDrop28 (-): 0.360212		7.41819 2.76157 4.63902 2.91032 2.2765 1.66972 1.74528 10.4645

C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 58.8235
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524	Ffref (MPa): 2.83
Receptplågar: Skanska Sverige AB	ThetaRef (K): 3700	Receptplågar: Skanska Sverige AB	Fofref (MPa): 58.8235
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIIA-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	Kappa3 (-): 0.4	Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIIA-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)	Beta1 (-): 0.667
Density (kg/m3): 2350	Fcc28 (MPa): 50	Poisson's ratio (-): 0.18	AlphaCT (-): 0.85
Heat capacity (J/kg K): 1000	S (-): 0.190019	AlphaHeat (1/K): 8.8e-06	RhoT (-): 0
Heat conductivity (W/m K): Edit...	IS (h): 2.71429	AlphaCool (1/K): 1.08e-05	RhoF (-): 0.47
Wc (J/kg): 278658	IA (h): 5.82143	ThetaT (K): 5000	EtsaSH (-): 0.677
C (kg/m3): 400	nA (-): 3	Number of ages: 10	Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
t1 (h): 6.21793	nCC28d (-): 0.486213	Number of ret. units: 8	1.43269 0.70088 1.16552 0.961964 1.21734 0.965747 1.03463 0.231895
Kappa1 (-): 2.79696	IA (MPa): 0.5	RetTime1 (d): 0.005	5.32891 1.61828 3.57671 1.60513 2.16072 1.67612 1.8151 0.400141
OK	TempD (°C): 36	TimeZero (d): 0.25417	9.88442 2.18353 4.101 2.1615 2.97947 2.24785 2.46505 0.320489
Cancel	KappaTemp (-): 4		11.6247 0.31174 2.70607 1.58354 1.66611 1.26254 1.38803 0.29802
	TimeD (h): 38.5		11.6891 3.60483 3.53929 2.06224 1.89455 1.46303 1.57041 9.3992
	KappaTime (-): 3		9.66428 3.41088 4.21172 2.52347 2.10208 1.59233 1.6947 10.1603
	DMaxDrop28 (-): 0.36304		7.66411 2.82274 4.99976 3.00774 2.35144 1.72174 1.80287 10.8306

C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 64.71
Source: 2013-2014, SBUF 12524	BetaD (-): 1	Source: 2013-2014, SBUF 12524	Ffref (MPa): 2.83
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%	ThetaRef (K): 3700	Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%	Ffcref (MPa): 64.71
Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)	Kappa3 (-): 0.4	Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)	Beta1 (-): 0.667
Density (kg/m3): 2350	Fcc28 (MPa): 55	Poisson's ratio (-): 0.18	AlphaCT (-): 0.85
Heat capacity (J/kg K): 1000	S (-): 0.180578	AlphaHeat (1/K): 8.7e-06	RhoT (-): 0
Heat conductivity (W/m K): Edit...	tS (h): 2.8791	AlphaCool (1/K): 1.07e-05	RhoFI (-): 0.62
Wc (J/kg): 269187	tA (h): 5.96866	ThetaT (K): 5000	EthaSH (-): 0.747
C (kg/m3): 420	nA (-): 3	Number of ages: 10	
t1 (h): 0.02373	nCC28d (-): 0.482668	Number of rel. units: 8	
Kappa1 (-): 2.87486	fA (MPa): 0.5	RefTime1 (d): 0.005	
	TempD (°C): 36	TimeZero (d): 0.25	
	KappaTemp (-): 4		
	TimeD (h): 40.875		
	KappaTime (-): 3		
	DMaxDrop28 (-): 0.365968		

C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 70.59
Source: 2013-2014, SBUF 12524	BetaD (-): 1	Source: 2013-2014, SBUF 12524	Ffref (MPa): 2.83
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%	ThetaRef (K): 3700	Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%	Ffcref (MPa): 70.59
Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)	Kappa3 (-): 0.4	Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)	Beta1 (-): 0.667
Density (kg/m3): 2350	Fcc28 (MPa): 60	Poisson's ratio (-): 0.18	AlphaCT (-): 0.85
Heat capacity (J/kg K): 1000	S (-): 0.163921	AlphaHeat (1/K): 8.6e-06	RhoT (-): 0
Heat conductivity (W/m K): Edit...	tS (h): 2.86418	AlphaCool (1/K): 1.06e-05	RhoFI (-): 0.78
Wc (J/kg): 259716	tA (h): 5.94627	ThetaT (K): 5000	EthaSH (-): 0.818
C (kg/m3): 435	nA (-): 3	Number of ages: 10	
t1 (h): 5.82953	nCC28d (-): 0.492102	Number of rel. units: 8	
Kappa1 (-): 2.95367	fA (MPa): 0.5	RefTime1 (d): 0.005	
	TempD (°C): 36	TimeZero (d): 0.25	
	KappaTemp (-): 4		
	TimeD (h): 43		
	KappaTime (-): 3		
	DMaxDrop28 (-): 0.369896		

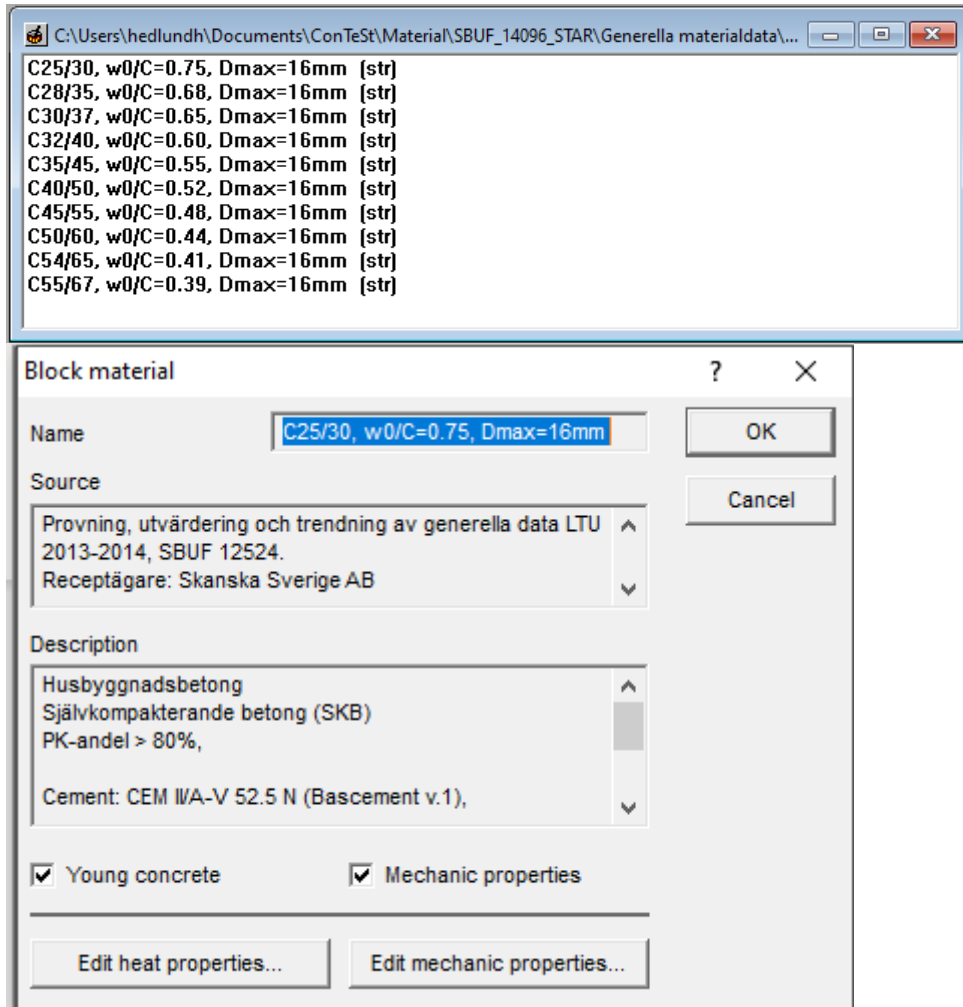
C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 76.47
Source: 2013-2014, SBUF 12524	BetaD (-): 1	Source: 2013-2014, SBUF 12524	Ffref (MPa): 2.87
Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%	ThetaRef (K): 3700	Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%	Ffcref (MPa): 76.47
Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)	Kappa3 (-): 0.4	Cement: CEM IIA-V 52.5 N (Basement v.1), CEM IIA-LL 42.5 R (Basement v.2 at)	Beta1 (-): 0.667
Density (kg/m3): 2350	Fcc28 (MPa): 65	Poisson's ratio (-): 0.18	AlphaCT (-): 0.85
Heat capacity (J/kg K): 1000	S (-): 0.147635	AlphaHeat (1/K): 8.5e-06	RhoT (-): 0
Heat conductivity (W/m K): Edit...	tS (h): 2.84925	AlphaCool (1/K): 1.05e-05	RhoFI (-): 0.85
Wc (J/kg): 254054	tA (h): 5.92388	ThetaT (K): 5000	EthaSH (-): 0.85
C (kg/m3): 455	nA (-): 3	Number of ages: 10	
t1 (h): 5.7175	nCC28d (-): 0.503378	Number of rel. units: 8	
Kappa1 (-): 3.01608	fA (MPa): 0.5	RefTime1 (d): 0.005	
	TempD (°C): 36	TimeZero (d): 0.25	
	KappaTemp (-): 4		
	TimeD (h): 44.875		
	KappaTime (-): 3		
	DMaxDrop28 (-): 0.371524		

C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
<p>Name: C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm</p> <p>Source: Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524. Receptägare: Skanska Sverige AB</p> <p>Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM III-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)</p> <p>Density (kg/m3): 2350</p> <p>Heat capacity (J/kg K): 1000</p> <p>Heat conductivity (W/m K): Edit...</p> <p>Wc (J/kg): 253091</p> <p>C (kg/m3): 460</p> <p>tt (h): 5.7008</p> <p>Kappa1 (-): 3.03544</p>		<p>Name: C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm</p> <p>Source: Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524. Receptägare: Skanska Sverige AB</p> <p>Description: Husbyggnadsbetong PK-andel > 80%, Cement: CEM III-A-V 52.5 N (Basement v.1), CEM III-LL 42.5 R (Basement v.2 alt.)</p> <p>Poisson's ratio (-): 0.18</p> <p>AlphaHeat (1/K): 8.5e-06</p> <p>AlphaCool (1/K): 1.05e-05</p> <p>ThetaT (K): 5000</p> <p>Number of ages: 10</p> <p>Number of ret. units: 8</p> <p>RetTime1 (d): 0.005</p> <p>TimeZero (d): 0.25</p>	
<p>te0 (h): 0</p> <p>Beta0 (-): 1</p> <p>ThetaRef (K): 3700</p> <p>Kappa3 (-): 0.4</p> <p>Fcc28 (MPa): 67</p> <p>S (-): 0.141271</p> <p>IS (h): 2.84328</p> <p>IA (h): 5.91493</p> <p>nA (-): 3</p> <p>nCC28d (-): 0.508401</p> <p>IA (MPa): 0.5</p> <p>TempD (°C): 38</p> <p>KappaTemp (-): 4</p> <p>Time0 (h): 45.555</p> <p>KappaTime (-): 3</p> <p>DMaxDrop28 (-): 0.372656</p>		<p>Fcc28 (MPa): 78.82</p> <p>Ftref (MPa): 2.89</p> <p>Fref (MPa): 78.82</p> <p>Beta1 (-): 0.667</p> <p>AlphaCT (-): 0.85</p> <p>RhoT (-): 0</p> <p>RhoFI (-): 0.85</p> <p>KFI (-): 2</p> <p>Eps1 (-): 0</p> <p>TimeS1 (h): 6</p> <p>Eps2 (-): -0.0002202</p> <p>TimeS2 (h): 8</p> <p>ThetaSH (h): 30</p> <p>EthaSH (-): 0.85</p> <p>Ages (d): 0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490</p> <p>Relax (rows=ages, columns=units) (GPa): 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.504791 0.403877 0.303834 0.211281 0.45908 0.37852 0.452718 0.502738 4.0677 1.3697 1.17589 1.44128 1.12587 0.901323 1.09229 1.18658 10.7191 2.0779 2.56752 2.01853 1.879 1.51056 1.81958 1.89084 14.2427 3.14377 2.38958 1.20738 1.86404 1.63105 1.98618 6.61359 14.4248 4.18281 2.63477 1.4626 1.66697 1.43274 1.63065 11.2534 10.8696 4.179 3.38006 2.19115 2.00977 1.68009 1.88585 13.822 7.33033 3.21033 4.36037 2.96463 2.4026 1.91757 2.09653 14.5545 4.7708 1.78526 5.36155 3.67088 2.83513 2.14926 2.2586 15.7248 3.27512 0.457415 6.13591 4.19906 3.13095 2.34258 2.3645 16.4657</p>	

Husbyggnadsbetong_SF2_Bas- & Byggcement_v5.1



Source

Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524.
Receptägare: Skanska Sverige AB
Anpassad till generell databas.

Description

Husbyggnadsbetong
Självkompakterande betong (SKB)
PK-andel > 80%,

Cement: CEM II/A-V 52.5 N (Bascement v.1),
CEM II/A-LL 42.5 R (Bascement v.2 alt. Byggcement)
100% cement
S4, dmax 16mm

C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm	Name	C25/30, w0/C=0.75, Dmax=16mm
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	35.29
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.11
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	35.29
Wc (J/kg)	316910	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m3)	300	AlphaCT (-)	0.75
t1 (h)	6.29	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	2.73007	RhoFi (-)	0
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.1784 0.1019 0.329 0.4015 0.448 0.3614 0.3945 0.2486 1.9128 0.7586 1.1814 1.0711 1.2533 0.8886 1.0906 0.7237 6.3214 1.7286 2.3628 1.5177 1.8159 1.3882 1.5517 1.7647 9.9629 2.4172 2.3942 1.3645 1.4039 1.1105 1.2539 1.1945 12.1314 2.859 2.5061 1.298 1.3248 0.9685 1.0586 1.4855 11.2876 2.9985 2.7221 1.489 1.4079 1.0216 1.1506 1.8367 10.2447 3.0466 2.9592 1.6399 1.5833 1.0059 1.1972 3.1694 9.1981 3.0052 3.2441 1.91 1.6258 1.1537 1.2429 8.4888 8.166 2.8708 3.5756 2.1359 1.7526 1.2403 1.2927 8.7895
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	8e-06
		AlphaCool (1/K)	1e-05
		ThetaT (K)	5000
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25417

C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm	Name	C28/35, w0/C=0.68, Dmax=16mm
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	41.18
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.17
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	41.18
Wc (J/kg)	307312	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m3)	330	AlphaCT (-)	0.75
t1 (h)	6.29	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	2.86488	RhoFi (-)	0
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.1885 0.1076 0.3476 0.4242 0.4734 0.3818 0.4168 0.2827 2.0211 0.8438 1.2484 1.1318 1.3244 1.0449 1.1522 0.7047 6.6796 1.8266 2.4967 1.6037 1.9188 1.4648 1.6387 1.8647 10.5276 2.5546 2.5299 1.4418 1.5722 1.1735 1.3249 5.4888 12.8188 3.021 2.9481 1.3715 1.3998 1.0213 1.102 7.3085 11.9272 3.1685 2.8764 1.5734 1.4877 1.0797 1.2158 8.2009 10.8253 3.2225 3.1268 1.79 1.5939 1.1423 1.265 8.8324 9.7183 3.1787 3.4278 2.0182 1.718 1.219 1.3133 8.9687 8.6309 3.0335 3.7762 2.2569 1.8519 1.3106 1.366 9.2876
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	8e-06
		AlphaCool (1/K)	1e-05
		ThetaT (K)	5000
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25417

C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm	Name	C30/37, w0/C=0.65, Dmax=16mm
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplåtare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	43.53
Heat capacity (J/kg K)	1000	Ffref (MPa)	3.21
Heat conductivity (W/m K)	Edt...	Ffref (MPa)	43.53
Wc (J/kg)	303473	Beta1 (-)	0.667
C (kg/m3)	340	AlphaCT (-)	0.75
t1 (h)	6.29	RhoT (-)	0
Kappa1 (-)	2.9188	RhoFi (-)	0.45
		Agess (d)	0.253 0.404 0.801 2.532 8.006 25.317 80.058 253.167 800.583 2531.67
		Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.4987 0.3036 0.6024 0.6302 0.7606 0.6346 0.6933 0.1297 3.1364 1.1538 1.6063 1.3172 1.6598 1.3588 1.4959 0.3864 7.7104 1.9585 2.8355 1.7447 2.127 1.7555 1.9688 1.4034 10.4919 2.7221 2.8381 1.6586 1.8361 1.4358 1.6087 5.358 11.4772 3.3099 2.8097 1.6047 1.5585 1.2027 1.3467 8.8246 9.8086 3.3227 3.2279 1.9382 1.7075 1.299 1.4386 9.2854 8.2841 3.0823 3.7277 2.2896 1.895 1.4025 1.5259 9.9818 6.7521 2.6185 4.3108 2.8724 2.106 1.524 1.605 10.3882 5.4095 1.9741 4.9377 3.0417 2.3165 1.6594 1.6818 10.8388
		Poisson's ratio (-)	0.18
		AlphaHeat (1/K)	8e-06
		AlphaCool (1/K)	1e-05
		ThetaT (K)	5000
		ThetaT (K)	5000
		Number of ages	10
		Number of rel. units	8
		RelTime1 (d)	0.005
		TimeZero (d)	0.25417

C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm	Name	C32/40, w0/C=0.60, Dmax=16mm
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	47.06
Heat capacity (J/kg K)	1000	S (-)	0.211041
Heat conductivity (W/m K)	Edit...	IS (h)	3.21875
Wc (J/kg)	297715	IA (h)	6.14375
C (kg/m3)	360	nA (-)	3
t1 (h)	6.60806	nCC28d (-)	0.46125
Kappa1 (-)	3.02713	fA (MPa)	0.5
		TempD (°C)	38
		KappaTemp (-)	4
		TimeD (h)	33
		KappaTime (-)	3
		DMaxDrop28 (-)	0.350059
OK	Cancel	OK	Cancel

C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm	Name	C35/45, w0/C=0.55, Dmax=16mm
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	52.94
Heat capacity (J/kg K)	1000	S (-)	0.190149
Heat conductivity (W/m K)	Edit...	IS (h)	3.14244
Wc (J/kg)	280129	IA (h)	6.10469
C (kg/m3)	390	nA (-)	3
t1 (h)	6.73174	nCC28d (-)	0.475931
Kappa1 (-)	3.3499	fA (MPa)	0.5
		TempD (°C)	36
		KappaTemp (-)	4
		TimeD (h)	35.875
		KappaTime (-)	3
		DMaxDrop28 (-)	0.360212
OK	Cancel	OK	Cancel

C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties		Young concrete - mechanic properties	
Name	C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm	Name	C40/50, w0/C=0.52, Dmax=16mm
Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB	Source	Provning, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB
Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Description	Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).
Density (kg/m3)	2350	Fcc28 (MPa)	58.82
Heat capacity (J/kg K)	1000	S (-)	0.170135
Heat conductivity (W/m K)	Edit...	IS (h)	3.07812
Wc (J/kg)	278658	IA (h)	6.06562
C (kg/m3)	420	nA (-)	3
t1 (h)	6.85542	nCC28d (-)	0.492458
Kappa1 (-)	3.67268	fA (MPa)	0.5
		TempD (°C)	36
		KappaTemp (-)	4
		TimeD (h)	38.5
		KappaTime (-)	3
		DMaxDrop28 (-)	0.36304
OK	Cancel	OK	Cancel

C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties			Young concrete - mechanic properties		
Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C45/55, w0/C=0.48, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 64.71	KfI (-): 2	
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	Ffret (MPa): 3.44	Eps1 (-): 0	
Description: Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	ThetaRef (K): 3230	Description: Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Ffref (MPa): 64.71	TimeS1 (h): 6	
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.4	Poisson's ratio (-): 0.18	Beta1 (-): 0.667	Eps2 (-): -0.0003852	
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 55	AlphaHeat (1/K): 5e-06	AlphaCT (-): 0.89	TimeS2 (h): 8	
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.151975	AlphaCool (1/K): 1e-05	RhoT (-): 0	ThetaSH (h): 10	
Wc (J/kg): 289187	tS (h): 3.04762	ThetaT (K): 5000	RhoFI (-): 0.85	EthaSH (-): 0.42	
C (kg/m3): 440	tA (h): 6.04762	Number of ages: 10			
t1 (h): 6.9791	nA (-): 3	Number of rel. units: 8			
Kappa1 (-): 3.99545	nCC28d (-): 0.509282	RelTime1 (d): 0.005			
	fA (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.25			
	TempD (°C): 36				
	KappaTemp (-): 4				
	TimeD (h): 40.875				
	KappaTime (-): 3				
	DMaxDrop28 (-): 0.368866				

C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties			Young concrete - mechanic properties		
Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C50/60, w0/C=0.44, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 70.59	KfI (-): 2	
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	Ffret (MPa): 3.51	Eps1 (-): 0	
Description: Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	ThetaRef (K): 3230	Description: Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Ffref (MPa): 70.59	TimeS1 (h): 6	
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.4	Poisson's ratio (-): 0.17	Beta1 (-): 0.667	Eps2 (-): -0.000411	
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 60	AlphaHeat (1/K): 5e-06	AlphaCT (-): 0.9	TimeS2 (h): 8	
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.135393	AlphaCool (1/K): 1e-05	RhoT (-): 0	ThetaSH (h): 10	
Wc (J/kg): 259716	tS (h): 3.04365	ThetaT (K): 5000	RhoFI (-): 0.85	EthaSH (-): 0.4	
C (kg/m3): 470	tA (h): 6.04365	Number of ages: 10			
t1 (h): 7.02107	nA (-): 3	Number of rel. units: 8			
Kappa1 (-): 4.08161	nCC28d (-): 0.52968	RelTime1 (d): 0.005			
	fA (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.25			
	TempD (°C): 36				
	KappaTemp (-): 4				
	TimeD (h): 43				
	KappaTime (-): 3				
	DMaxDrop28 (-): 0.368896				

C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties			Young concrete - mechanic properties		
Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm	te0 (h): 0	Name: C54/65, w0/C=0.41, Dmax=16mm	Fcc28 (MPa): 76.47	KfI (-): 2	
Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	BetaD (-): 1	Source: Proving, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptplågar: Skanska Sverige AB	Ffret (MPa): 3.58	Eps1 (-): 0	
Description: Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	ThetaRef (K): 3230	Description: Husbyggnadsbetong Självkompakterande betong (SKB) PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1).	Ffref (MPa): 76.47	TimeS1 (h): 6	
Density (kg/m3): 2350	Kappa3 (-): 0.4	Poisson's ratio (-): 0.18	Beta1 (-): 0.667	Eps2 (-): -0.000423	
Heat capacity (J/kg K): 1000	Fcc28 (MPa): 65	AlphaHeat (1/K): 5e-06	AlphaCT (-): 0.9	TimeS2 (h): 8	
Heat conductivity (W/m K): Edit...	S (-): 0.119931	AlphaCool (1/K): 1e-05	RhoT (-): 0	ThetaSH (h): 10	
Wc (J/kg): 254054	tS (h): 3.03968	ThetaT (K): 5000	RhoFI (-): 0.85	EthaSH (-): 0.4	
C (kg/m3): 490	tA (h): 6.03968	Number of ages: 10			
t1 (h): 7.04643	nA (-): 3	Number of rel. units: 8			
Kappa1 (-): 4.11964	nCC28d (-): 0.545558	RelTime1 (d): 0.005			
	fA (MPa): 0.5	TimeZero (d): 0.25			
	TempD (°C): 36				
	KappaTemp (-): 4				
	TimeD (h): 44.875				
	KappaTime (-): 3				
	DMaxDrop28 (-): 0.371524				

C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Young concrete - heat properties

Name: C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Source: Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1)

Density (kg/m3): 2350

Heat capacity (J/kg K): 1000

Heat conductivity (W/m K): Edit...

Wc (J/kg): 253091

C (kg/m3): 500

t1 (h): 7.05657

Kappa1 (-): 4.13488

OK Cancel

Young concrete - mechanic properties

Name: C55/67, w0/C=0.39, Dmax=16mm

Source: Provnings, utvärdering och trendning av generella data LTU 2013-2014, SBUF 12524, Receptägare: Skanska Sverige AB

Description: Husbyggnadsbetong, Självkompakterande betong (SKB), PK-andel > 80%, Cement: CEM IIIA-V 52.5 N (Basement v.1)

Poisson's ratio (-): 0.18

AlphaHeat (1/K): 0e-06

AlphaCool (1/K): 1e-05

Theta(T) (K): 5000

Number of ages: 10

Number of rel. units: 8

RefTime1 (d): 0.005

TimeZero (d): 0.25

Fcc28 (MPa)	78.82	KFI (-)	2
Ftref (MPa)	3.61	Eps1 (-)	0
Fcref (MPa)	78.82	TimeS1 (h)	6
Beta1 (-)	0.667	Eps2 (-)	-0.000428
AlphaCT (-)	0.9	TimeS2 (h)	8
RhoT (-)	0	ThetaSH (h)	10
RhoFi (-)	0.85	EthaSH (-)	0.4

Ages (d): 0.249 0.4 0.787 2.49 7.874 24.9 78.741 249 787 407 2490

Relax [rows=ages, columns=units] (GPa)

```

0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01 0.01
0.516512 0.41395 0.377153 0.631559 0.469739 0.387309 0.483229 0.514409
4.18215 1.40151 1.20319 1.47472 1.15201 0.922251 1.11768 1.21411
10.9587 2.12614 2.62714 2.06335 1.92262 1.54583 1.86183 1.93475
14.5734 3.21676 2.44414 1.31727 1.99769 1.69392 1.90851 6.76715
14.7598 4.27993 2.69594 1.49656 1.70588 1.46801 1.67404 11.5147
10.9174 4.27603 3.45854 2.24203 2.05643 1.7191 1.92943 13.3244
7.49434 3.29487 4.46161 3.03347 2.48501 1.96209 2.14520 14.6924
4.88158 1.80625 5.48603 3.75591 2.90096 2.19916 2.31104 16.0897
3.35117 0.468036 6.27838 4.29655 3.20364 2.39697 2.41941 16.848
                    
```

OK Cancel