



Fuktsimuleringar av nygjuten betong i PPB

Fastställd 2019-09-10

1 Sammanfattning

Beräkningar med hjälp av beräkningsprogrammet PPB påvisar att uttorkningstider varierar avsevärt beroende på vilken RF (%) målet är att torka ut betongen till och även när på året gjutningen av betongen utförs samt hur snabbt tätt hus kan erhållas. Denna rapport skildrar en del beräkningsresultat som fått av simuleringar av betongplattor på mark med 300mm underliggande cellplast och främst 150mm betong. Några simuleringar har även utförts på betongtjocklekar 120mm och 200mm för att få större bild av olika uttorkningsmönster. Generellt visar beräkningarna att tidplaner kan mycket mer än halveras om gjutningar sker på vinterhalvåret än sommarhalvåret när fuktkrav är 85% RF i betongen.

Största tidsbesparingarna finns att göra under sommarhalvåret. Större besparingar gäller för tjockare betongkonstruktioner. Allt över ca ett halvår och år kan sparas av att gå från 85% RF krav till 90–93%RF. Upp till 5 månader kan sparas i uttorkningstid, vid en sommargjutning, om en matta med 90% RF som krav byts ut till en matta med 93% RF som krav i en betongplatta med 200mm i tjocklek.

Enligt programmet finns det mycket att vinna på att ta sig ifrån 90% RF krav och särskilt 85% RF krav till 93% RF. Förutom uttorkningstid går det att undvika att ta hänsyn till vilken tid på året man gjuter, gjutning på sommaren undviker risk för frysning och krav på extra uppvärmning av ny betong, reducera behov av byggvärme samt möjliggör gjutning av betong med hög vct som ändå hamnar inom avsatt uttorkningstid för att minska CO₂-utsläpp.

Innehåll

1	Sammanfattning	2
2	Inledning	4
2.1	Kontaktinformation	4
2.2	Uppdragsbeskrivning	4
2.3	Uppdraget utfört	4
2.4	Uppdraget utfört av	4
3	Bakgrund	4
4	Metod	5
5	Resultat / Analys	5
6	Referenser	8
7	Bilagor	9
7.1	Bilaga A	9
7.2	Bilaga B	13

2 Inledning

2.1 Kontaktinformation

Uppdragsgivare

Jonas Palmgren
Forbo Flooring AB
August Barks gata 26
421 32 Västra Frölunda

Uppdragsansvarig

Susanna Gerges
Dry-IT AB
Torkhusgatan 11
120 65 Stockholm

2.2 Uppdragsbeskrivning

Uppdraget består av att, med hjälp av nya beräkningsprogrammet PPB, ge teoretiska skillnader i uttorkningstider för olika scenarier och fuktkrav för basbetong med 14,4% flygaska. Speciell fokus har lagts på att jämföra uttorkningstider mellan golvytskikt som har 85% RF, 90% RF och 93% RF som fuktkrav.

2.3 Uppdraget utfört

Juni-September, 2019

2.4 Uppdraget utfört av

Susanna Gerges och Mikael Grankvist, Dry-IT

3 Bakgrund

Förseningar i produktionstidplan på grund av varierande uttorkningstider för betongplattors och mellanbjälklags är ett vanligt problem inom branschen. Förskjutningar på golvläggningar försenar i sin tur inredning och allt som medföljer eller att diskussioner uppstår om att byta ut golvytskikt i sista stund för att komma vidare i produktionen är exempel på oförutsägbara beslut som kan behövas tas på grund av felaktiga beslut gällande betongkvaliteter eller val av golvytskikt med tuffa uttorkningskrav.

På senare tid och med nya krav i certifieringssystem av byggnader, som Miljöbyggnad, har uttorkningstider av betongen försökts härledas innan gjutning för att avgöra vilken betongkvalitet som är lämplig för tillgänglig uttorkningstid. Förutom detta har, och håller, även vanliga betongrecept på att bytas ut för att indirekt värna bättre om miljön. Diverse slaggprodukter finns med i en del betongrecept för att minska på avfall i produktionsskedet vilken kan bidra till längre uttorkningstider. Detta i sin tur gör att lägre vct (vatten-cement tal) i betongen behöver användas som bidrar till högre CO₂-utsläpp. Som resultat av nya betongrecept har forskning utförts och ett beräkningsprogram (ProduktionsPlanering Betong, PPB) tagits fram för att räkna på, en vanligt förekommande betongsort idag, basbetong.

PPB är det program som valts att användas för att teoretiskt visa på tidsmässiga och miljömässiga fördelar som finns att vinna på ett väl planerat betongkvalitetsval.

4 Metod

I projektets början valdes vilken konstruktion som skulle vara utgångspunkter för kommande simuleringar och jämförelser. Geometrin som valdes var 150mm betong, 300mm cellplast på morän/grus.

Överslagssimuleringar utfördes för att finna mest respektive minst gynnsam gjutningsmånad. Februari blev, enligt programmet, den mest gynnsamma månaden och juli blev den minst gynnsamma månaden. Därefter ansattes antagna temperaturer i de olika skikten efter strax över respektive under förväntad medeltemperatur i Bromma för aktuell månad (Fukthandboken, 2018). 2 meter ner i markskiktet valdes 6 grader Celsius (nära årsmedeltemperaturen i luften) för samtliga månader som randvillkor.

I nästa steg väljs betongsort. Val av hållfasthetsklass och exponeringsklass bedöms irrelevanta då hållfastheten inte berör detta uppdrag. Lämpliga klasser valdes för att därefter kunna välja samtliga vct. I denna rapport visas beräkningsresultat för vct-nivåerna 0.32, 0.40 och 0.55. Här väljs även vilken temperatur den färska betongmassan ska ha i formen. Denna antas vara 15 grader, default-val i programmet. Fuktrand mot isolering/mark antas vara förseglad.

Slutligen väljs parametrar som skiljs åt från produktionstidplan till produktionstidplan. Tider mellan gjutning, tätt hus, torkklimat samt inomhusklimat antas. För betongtjocklek 150mm har beräkningar utförts för upprättande av tätt hus 0, 3 respektive 4 månader efter gjutdatum. Första scenariot kan representera renoveringsprojekt eller där ytterväggar och ovanliggande bjälklag/tak byggs först och plattan gjuts fribärande i ett senare skede.

Byggvärme/torkklimat antas vara igång en dag efter gjutning och antas i alla simuleringar vara 20 grader och 60% RF i luften. När tätt hus upprättas 3 och 4 månader efter gjutning antas torkklimat börja 10 dagar efter tätt hus. Inomhusklimat motsvarar 20 grader och 50% RF. I samtliga simuleringar antas inomhusklimat råda 360 dagar efter tätt hus.

5 Resultat / Analys

I detta kapitel redovisas alla resultat i tabellform nedan.

Första kolumnen visar antal månader mellan gjutning och tätt hus. Andra kolumnen visar vilken vct som simulerats. Enligt beräkningsprogrammet självuttorkas betongen i 14 dagar. Därefter "börjar" uttorkningskurvan med ett startvärde som troligtvis skildrar hur mycket betongen har hunnit torka ut under dessa 14 dagar vilket redovisas i tredje kolumnen. De tre nästkommande kolumner visar beräknad uttorkningstid i dagar till önskad relativ fuktighet 93%, 90% och 85% på ekvivalent mätdjup. Som tidigare nämnt i kapitel Metod antas färska betongens temperatur vara 15 grader. I de simuleringar på vinterhalvåret som resulterats i frysning har en sista kolumn lagts till som visar en högre temperatur betongen levererats med för att komma undan frysningen, se tabell 2, 4 och 6.

För att anknyta resultaten till verkligheten har en addition på en del mätresultat gjorts. För att utföra mätningar i en nygjuten betong på ekvivalent mätdjup krävs enligt branschstandard, se RBK-metoden, ett stabilt klimat på mellan 15-25 grader Celsius i betongen som ej får fluktuera mer än +/-1 grad och angränsande luft, +/-2 grader, under mätperioden. I dessa simuleringar har antagandet gjorts att detta inte går att säkerställa innan torkklimat. I samtliga simuleringar märks en förskjutning i uttorkningskurvan på minst 19 dagar när torkklimatet erhålls. Från detta läggs 19 dagar på varje mätresultat som indikerar att avsatt fuktkrav uppnås innan tätt hus i aktuell simulering.

Tabell 1. Sammanställning uttorkningstider för 150mm tjock betongplatta, sommargjutning.

Månader innan tätt hus	VCT	14 dagar	93%	90%	85%
4	0,32	98,7	65+19	106+19	630
	0,40	97,5	41+19	63+19	288
	0,55	99,1	33+19	56+19	814
3	0,32	98,7	65+19	115	223
	0,40	97,5	41+19	63+19	208
	0,55	99,1	33+19	56+19	251
0	0,32	98,2	53	73	142
	0,40	97,2	35	52	117
	0,55	98,7	29	47	150

Tabell 2. Sammanställning uttorkningstider för 150mm tjock betongplatta, vintergjutning.

Månader innan tätt hus	VCT	14 dagar	93%	90%	85%	Betong. Temp (C)
4	0,32	75,8	-	-	-	25
	0,40		16+19	18+19	23+19	
	0,55		23+19	26+19	36+19	
3	0,32	75,8	-	-	-	25
	0,40		16+19	18+19	23+19	
	0,55		23+19	26+19	36+19	
0	0,32	87,3	-	-	16	25
	0,40	90,2	-	15	21	
	0,55	96,2	19	24	62	

Tabell 3. Sammanställning uttorkningstider för 120mm tjock betongplatta, sommargjutning.

Månader innan tätt hus	VCT	14 dagar	93%	90%	85%
4	0,32	98,5	50+19	68+19	180
	0,40	97,4	34+19	48+19	183
	0,55	98,9	28+19	42+19	212
3	0,32	98,5	50+19	68+19	145
	0,40	97,4	34+19	48+19	143
	0,55	98,9	28+19	42+19	167

Tabell 4. Sammanställning uttorkningstider för 120mm tjock betongplatta, vintergjutning.

Månader innan tätt hus	VCT	14 dagar	93%	90%	85%	Betong. Temp (C)
>2	0,32	99,8	19+19	20+19	22+19	35
	0,40	82,5	-	-	-	
	0,55	100	22+19	24+19	31+19	

Tabell 5. Sammanställning uttorkningstider där betongtemperatur är satt till 15 grader C, sommargjutning. 200mm betong

Månader innan tätt hus	VCT	14 dagar	93%	90%	85%
4	0,32	98,8	141	193	-
	0,40	97,5	54+19	160	-
	0,55	99,4	45+19	179	-
3	0,32	98,8	111	157	-
	0,40	97,5	54+19	125	-
	0,55	99,4	45+19	137	-

Tabell 6. Sammanställning uttorkningstider där betongtemperatur är satt till 15 grader C, vintergjutning. 200mm betong

Månader innan tätt hus	VCT	14 dagar	93%	90%	85%	Betong. Temp (C)
>3	0,32	100	30+19	32+19	36+19	25
	0,40	100	26+19	30+19	42+19	
	0,55	100	27+19	32+19	47+19	

De flesta simuleringarna har utförts i scenarier med betongplatta med tjocklek 150mm. Därefter syntes några mönster och färre simuleringar utfördes för betongtjocklekar 120mm och 200mm.

Där betongplattan, teoretiskt, gjuts frilagd under tätt tak går inte att ansätta styrt klimat före 1 dag efter gjutning. Som det tre sista raderna i tabell 1 och 2 visar ska detta dygn ha stor inverkan på hur fortsatt uttorkning ter sig. Då de längsta uttorkningstiderna är när gjutningar sker oskyddat utfördes resterande simuleringar enbart för 4 respektive 3 månader mellan gjutning och tätt hus. Gjutning under vinterhalvåret valdes att redovisas samlat då uttorkningstiden blir samma oavsett tid för tätt hus så länge uttorkningstiden underskrider antal dagar till tätt hus.

För sommargjutning med 200mm tjock betongplatta redovisas resultaten för 85% RF "- " för att denna tjocklek har varit svår att simulera då torktiderna överskrider simuleringslängd för vald simulering.

En generell observation är att hur mycket betongen självtorkat de första 14 dagarna verkar styra när, vilken RF, uttorkningskurvan börjar plana ut och därmed hur snabbt, och om, betongen når RF 85% på ekvivalent mätdjup, se resultat för vct 0,40.

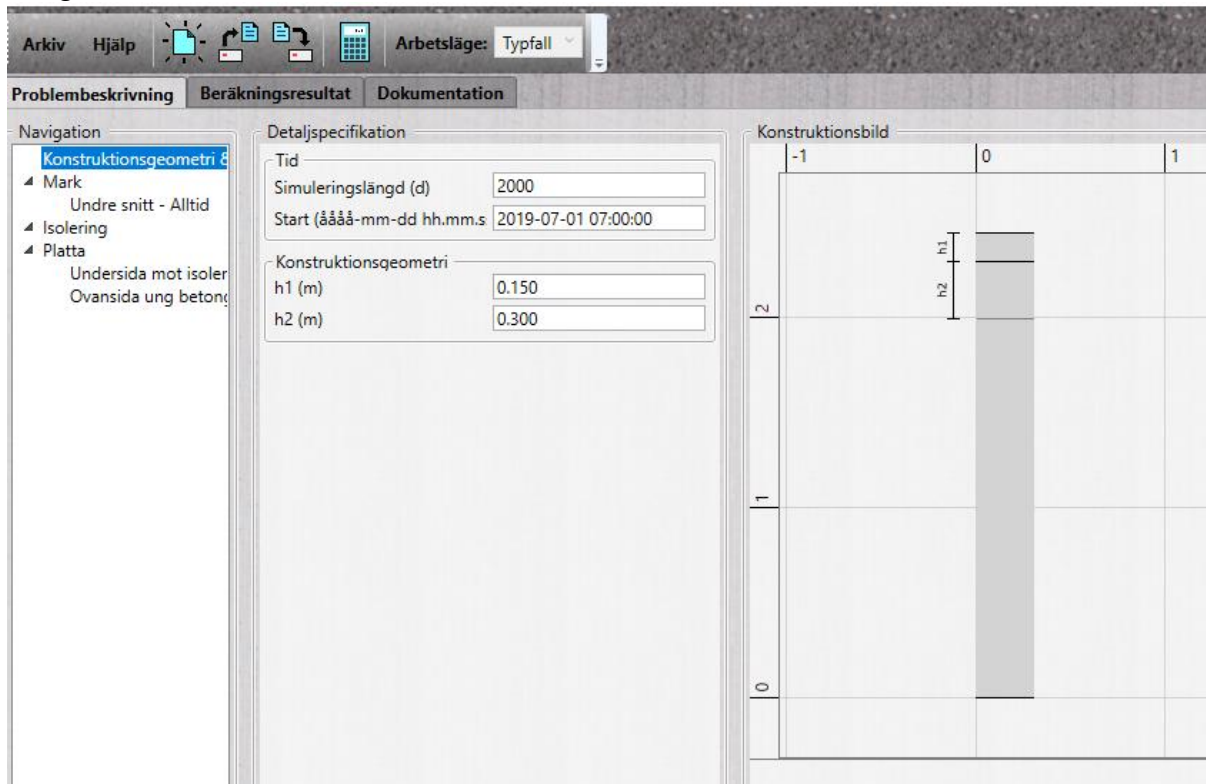
Denna rapport kommer inte ägna mer än detta till att diskutera resultaten då huvudsyftet med denna rapport är att enbart redovisa resultaten av simuleringar utförda i programmet PPB. För mer teoretisk information hänvisas det till artiklar som finns på ppb.se.

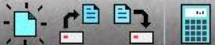
6 Referenser

Fukthandboken, utgåva 4, sid	J. Arfvidsson, L-E. Harderup, I. Samuelsson
Manualer för miljöbyggnad 3.0	SGBC
Manual för fuktmätning i betong	RBK
PPB beräknar uttorkning	SBUF
Självtorkning och temperatur	SBUF

7 Bilagor

Bilaga A



Arkiv Hjälp  Arbetsläge: Typfall

Problembeskrivning Beräkningsresultat Dokumentation

Navigation

- Konstruktionsgeometri &
 - Mark
 - Undre snitt - Alltid
 - Isolering
 - Platta
 - Undersida mot isolering
 - Ovansida ung betong

Detaljspecifikation

Tid

Simuleringslängd (d) 2000

Start (åååå-mm-dd hh.mm.s) 2019-07-01 07:00:00

Konstruktionsgeometri

h1 (m) 0.150

h2 (m) 0.300

Konstruktionsbild

-1 0 1

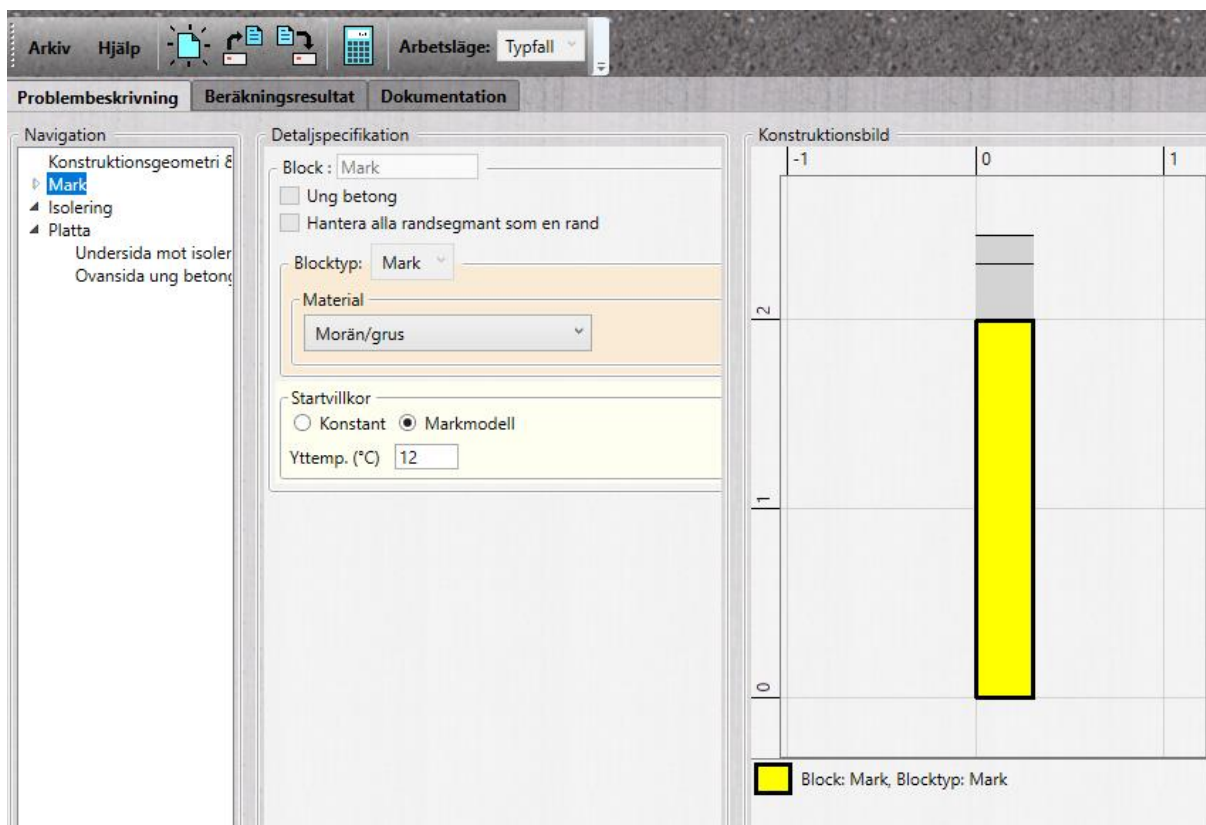
2

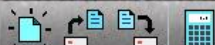
1

0

h1

h2



Arkiv Hjälp  Arbetsläge: Typfall

Problembeskrivning Beräkningsresultat Dokumentation

Navigation

- Konstruktionsgeometri &
 - Mark
 - Undre snitt - Alltid
 - Isolering
 - Platta
 - Undersida mot isolering
 - Ovansida ung betong

Detaljspecifikation

Block: Mark

☐ Ung betong

☐ Hantera alla randsegment som en rand

Blocktyp: Mark

Material

Morän/grus

Startvillkor

☐ Konstant ☒ Markmodell

Yttemp. (°C) 12

Konstruktionsbild

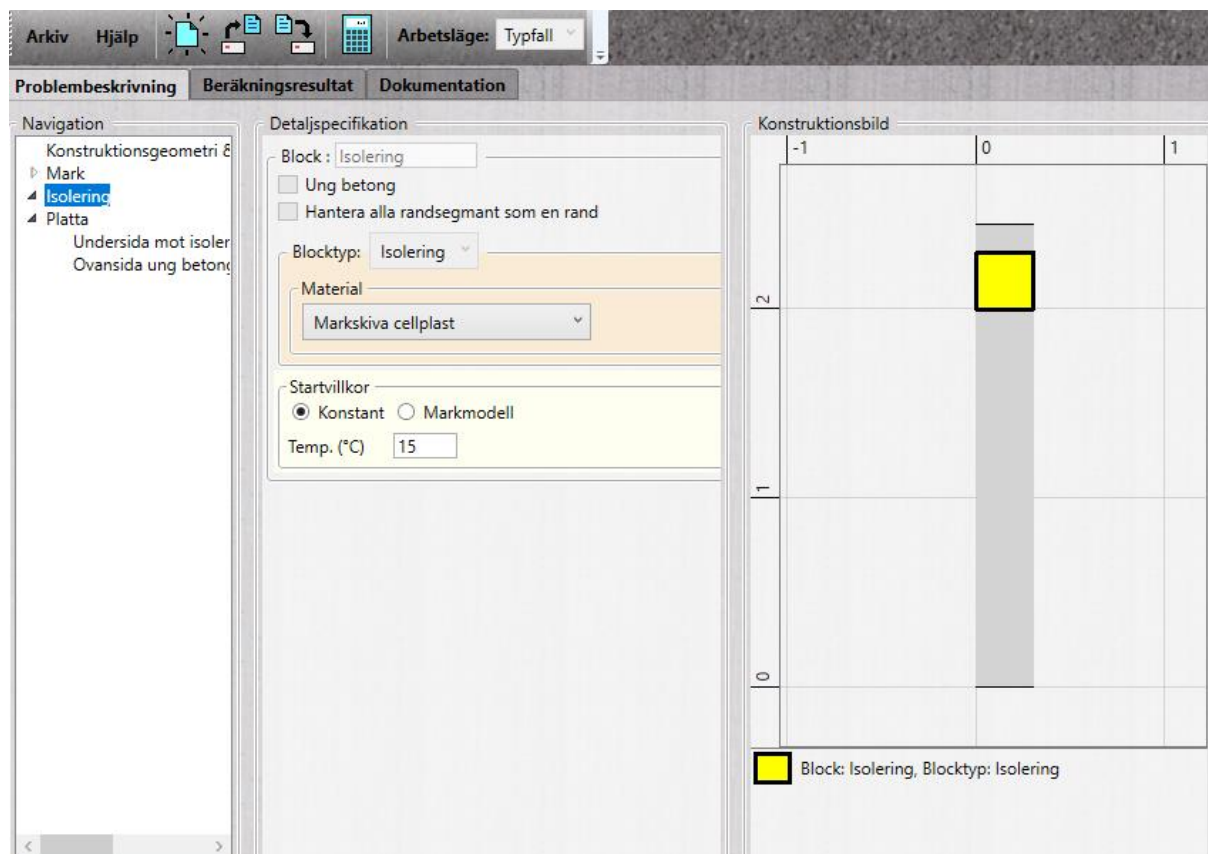
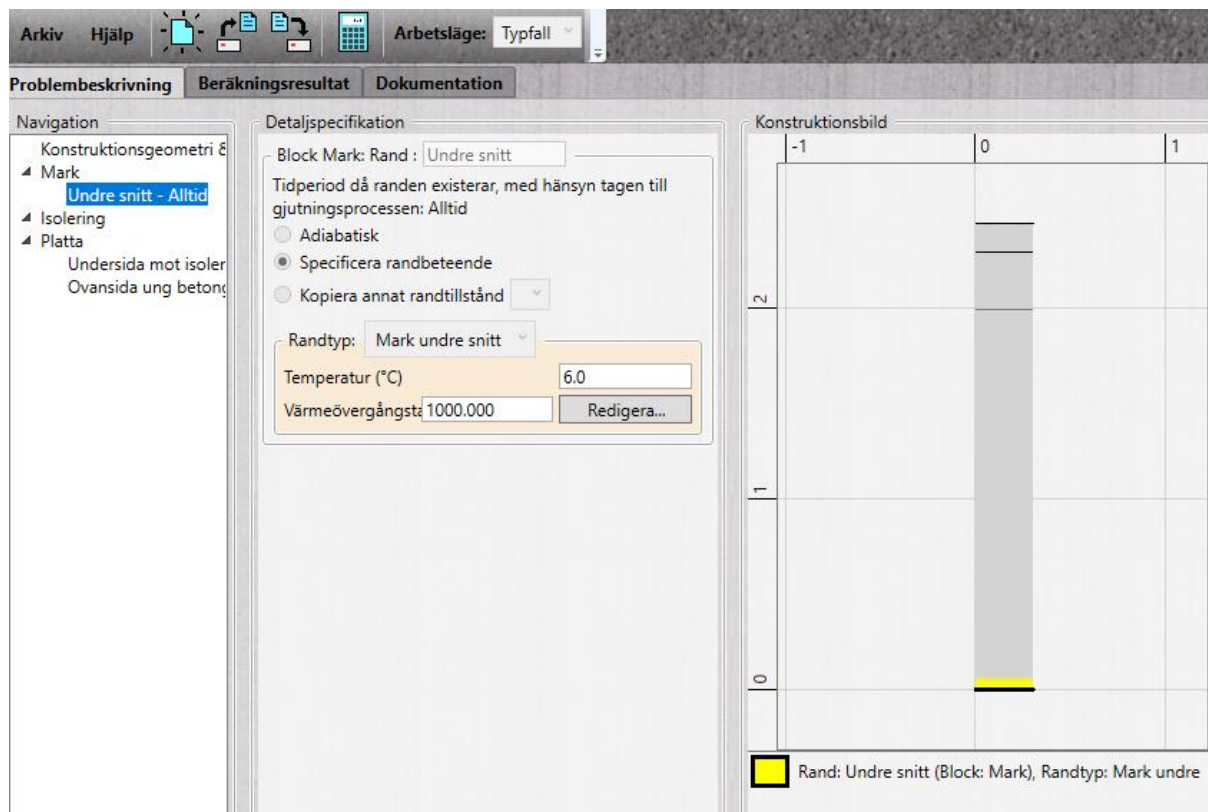
-1 0 1

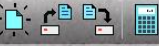
2

1

0

Block: Mark, Blocktyp: Mark



Arkiv Hjälp  Arbetsläge: Typfall

Problembeskrivning Beräkningsresultat Dokumentation

Navigation

- Konstruktionsgeometri & tid
 - Mark
 - Undre snitt - Alltid
 - Isolering
 - Platta
 - Undersida mot isolering/mark
 - Ovansida ung betong - Från 0,0

Detaljspecifikation

Block: Platta

☒ Ung betong

☐ Hantera alla randsegment som en rand

Föreskrivna krav enligt handlingar

☒ Hållfasthetsklass C 28/35

☒ Dimensionerande exponeringsklass / vct_ekv X0 / ---

☒ T max (°C) 60.0

☐ % av fordrad 28-dygns hållfasthet 70 ☒ Medel ☐ Min

☐ % av fordrad 28-dygns hållfasthet 70 ☒ Medel ☐ Min

Nytt: % av fordrad 28-d. hållf. Ta bort

Blocktyp: Ung betong

Material: Cementsa Bascement (fukt), C 45/55, vctekv=0.40, CEM II/A-V, S4, Dmax=16 (mm)

Cementhalt (kg/m³) 490.0

Fcc28d (MPa) 55.0

Sätt till original (Originaldata)

Färska betongmassans temperatur i formen

Temperatur (°C) 15

Gjutning

☒ Momentan Starttid (h) 0.00

☐ m/h Hastighet (m/h) 0.5

Sluttid (h) 0.00

Konstruktionsbild

-0.5 0.0 0.5

3.0 2.5 2.0 1.5 1.0 0.5 0.0 0.5

Block: Platta, Blocktyp: Ung betong

Arkiv Hjälp  Arbetsläge: Typfall

Problembeskrivning Beräkningsresultat Dokumentation

Navigation

- Konstruktionsgeometri & tid
 - Mark
 - Undre snitt - Alltid
 - Isolering
 - Platta
 - Undersida mot isolering/mark - Kompletterande rand som ersätter kontakt med block, som ej deltar i fuktberäkning
 - Ovansida ung betong - Från 0,00(h)

Detaljspecifikation

Block Platta: Rand : Undersida mot isolering/mark

Kompletterande rand som ersätter kontakt med block, som ej deltar i fuktberäkning

Randtyp: Fuktrand mot isolering/mark

☒ Förseglad

Relativ fuktighe: 100.0 ☐ Varierar Redigera...

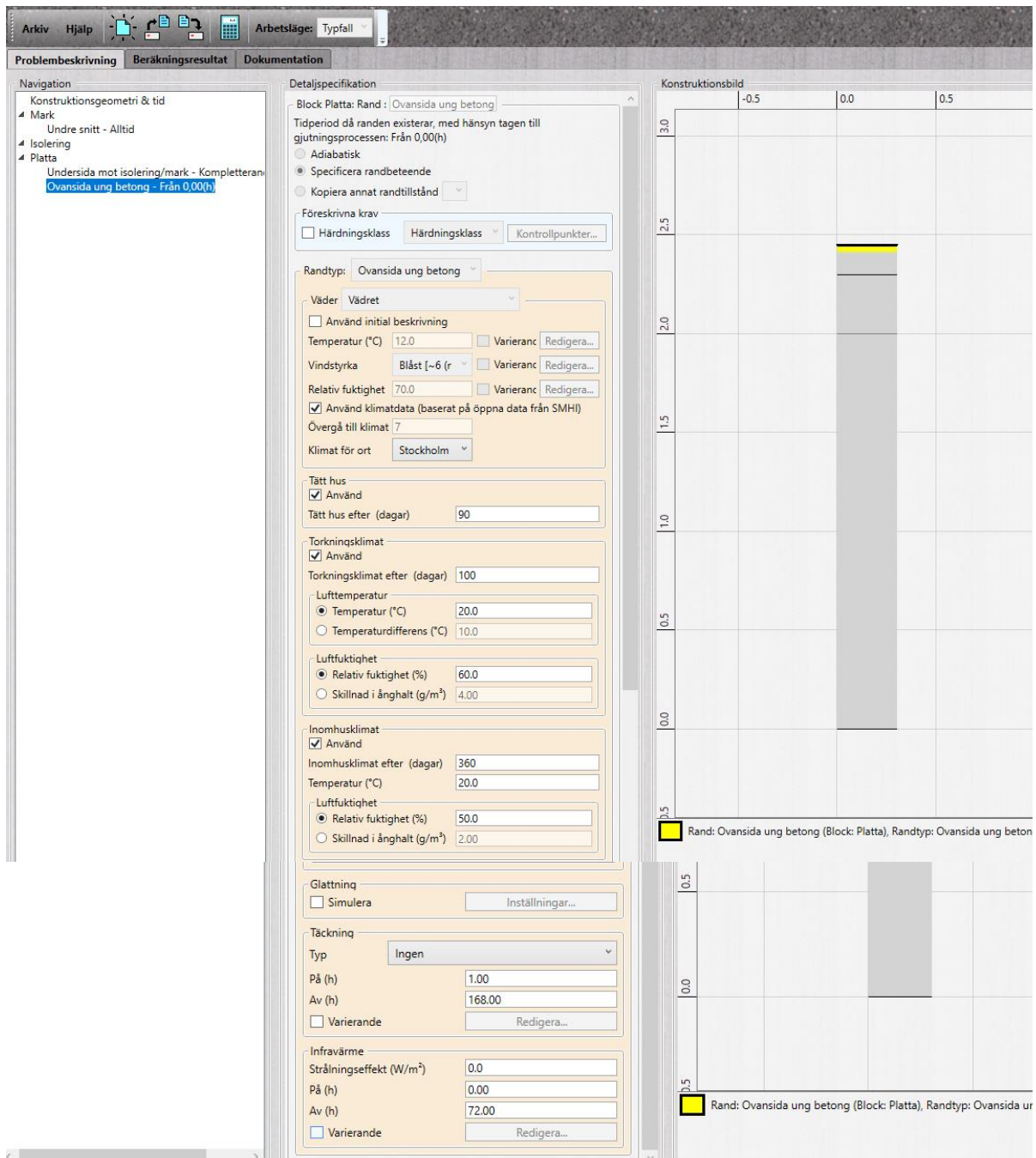
Ångmotstånd (s) 2000000 ☐ Varierar Redigera...

Konstruktionsbild

-1 0 1

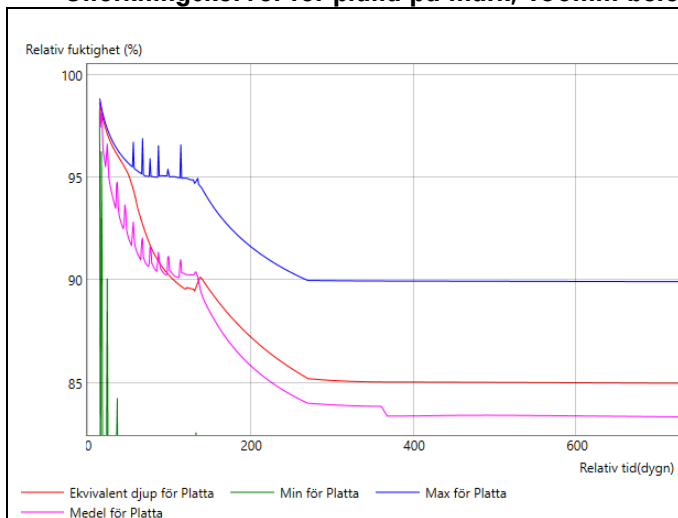
3 2 1 0

Rand: Undersida mot isolering/mark (Block: Platta), Kompletterande rand som ersätter kontakt med block, som ej deltar i fuktberäkning

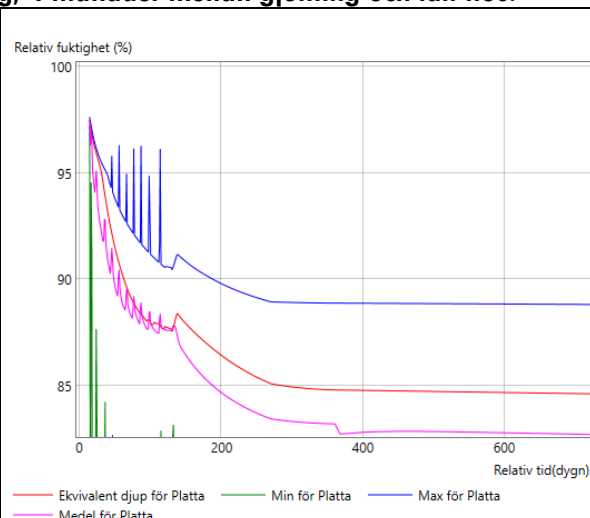


Bilaga B

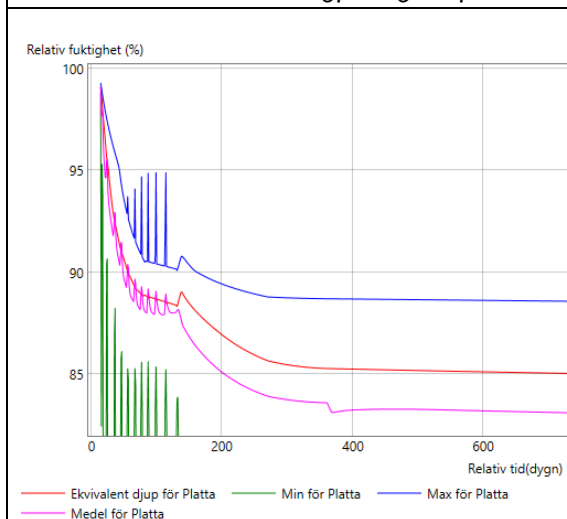
Uttorkningskurvor för platta på mark, 150mm betong, 4 månader mellan gjutning och tätt hus.



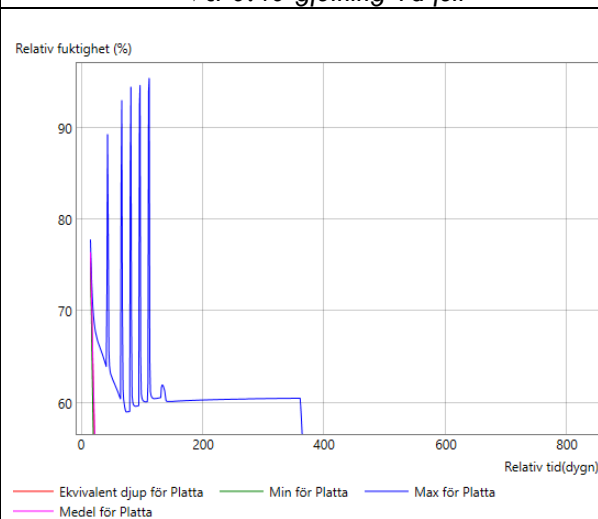
Vct 0.32 gjutning 1:a juli



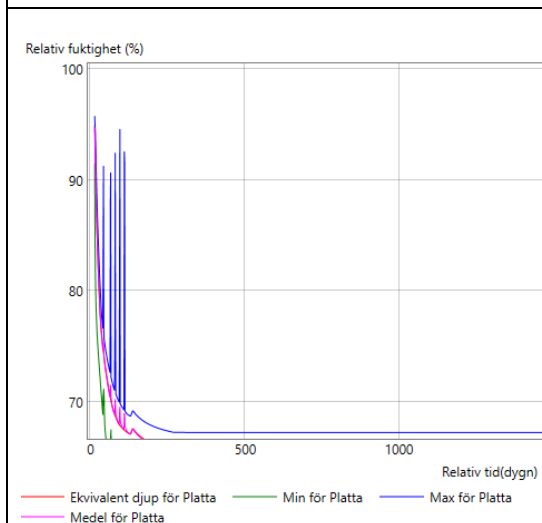
Vct 0.40 gjutning 1:a juli



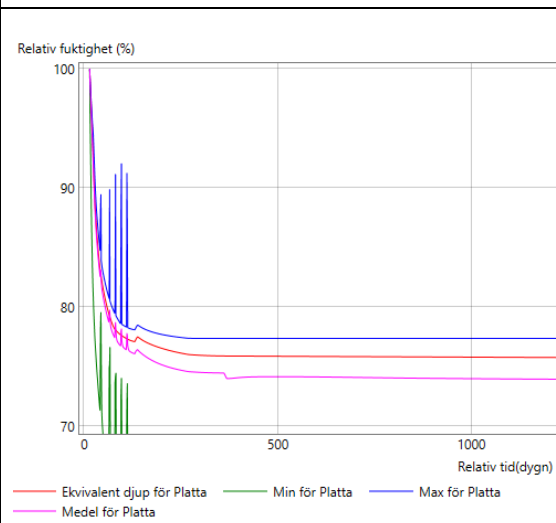
Vct 0.55 gjutning 1:a juli



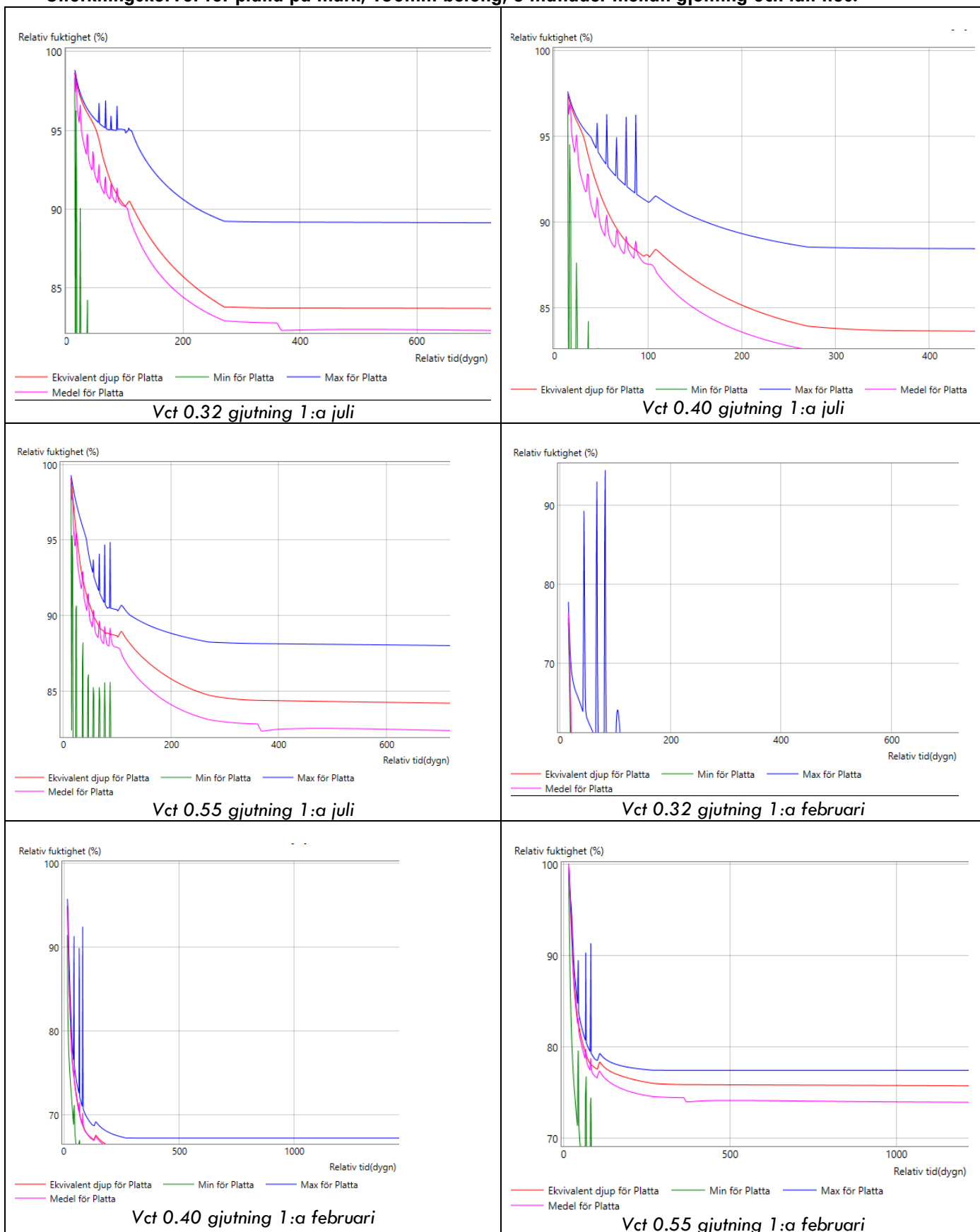
Vct 0.32 gjutning 1:a februari

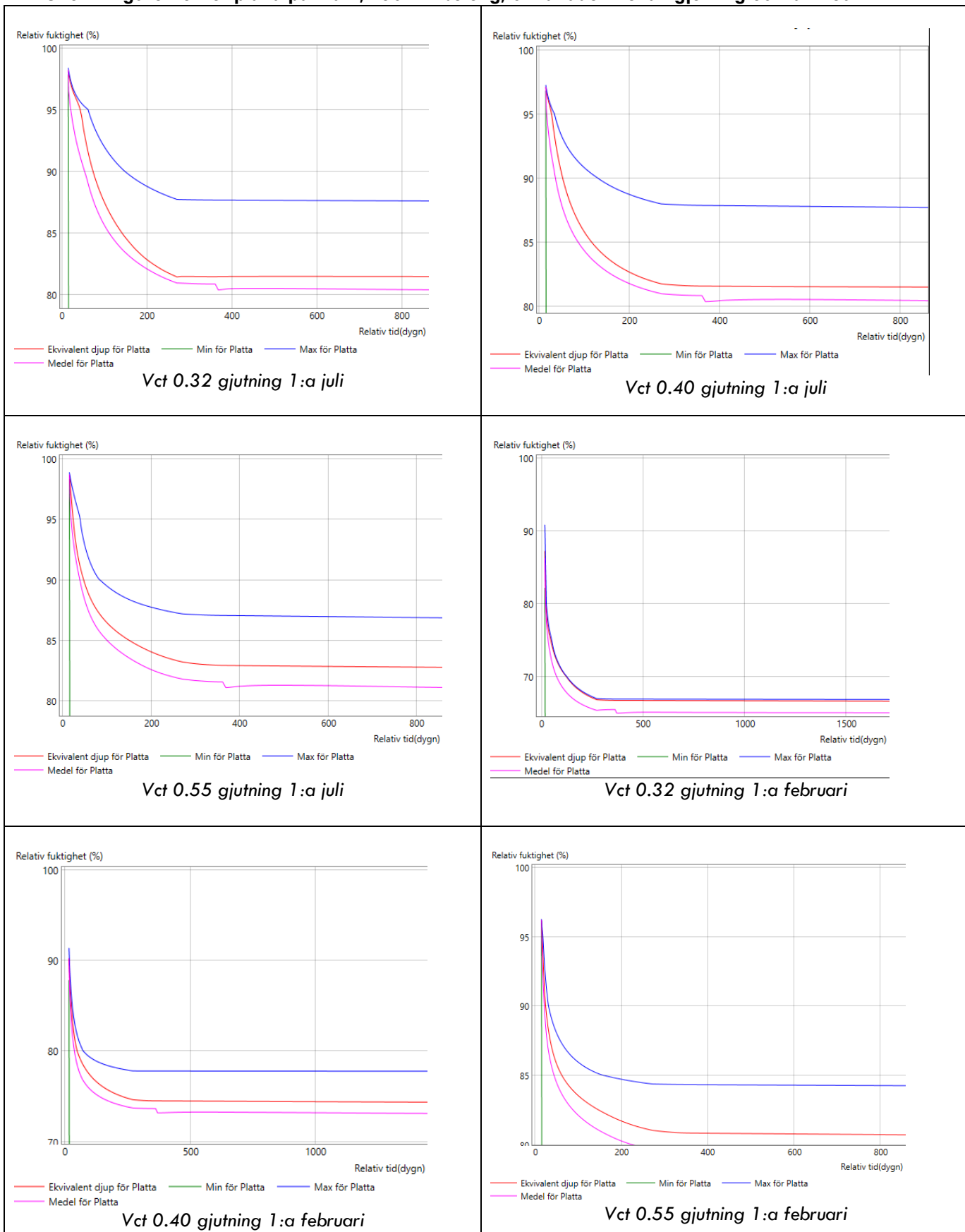


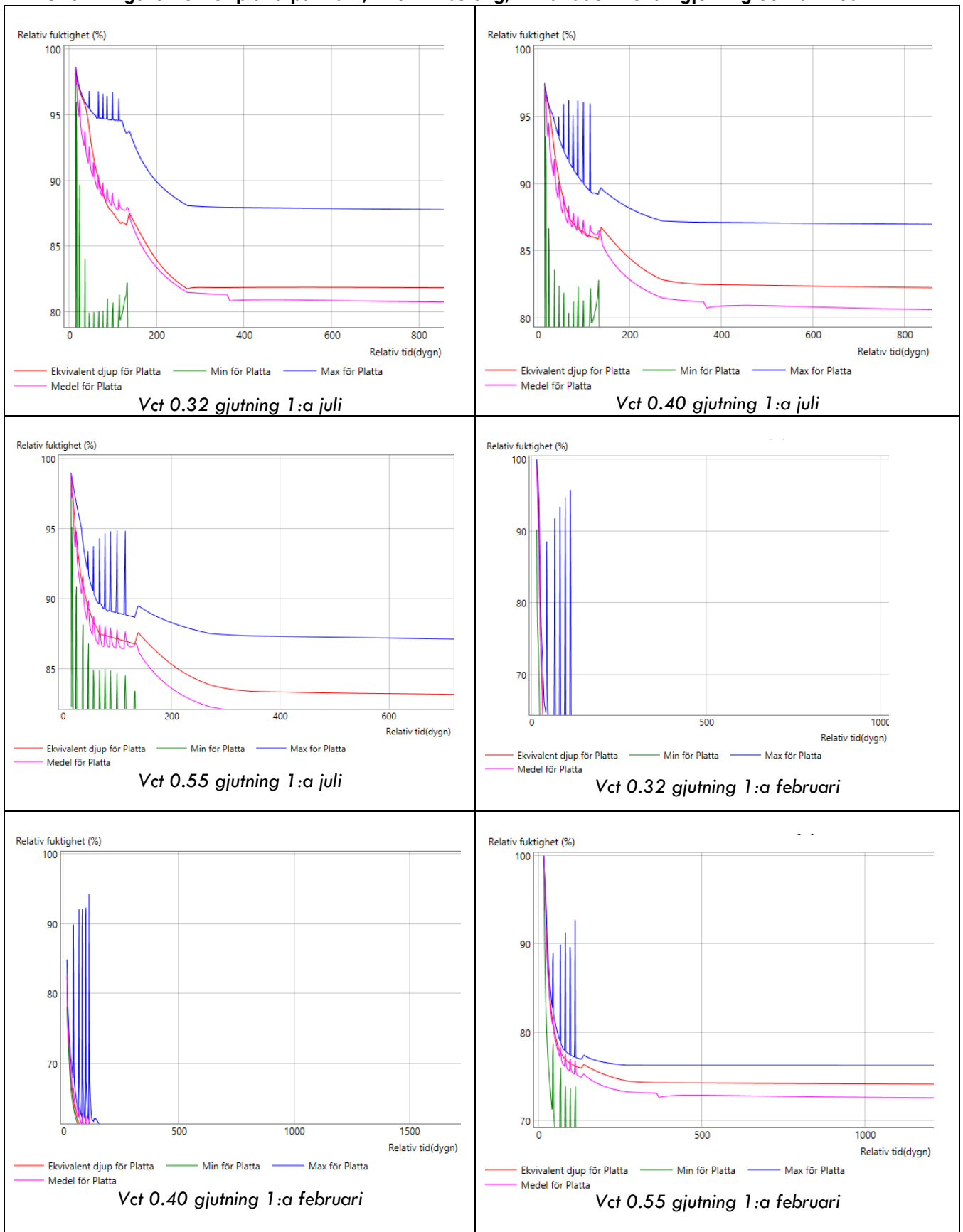
Vct 0.40 gjutning 1:a februari

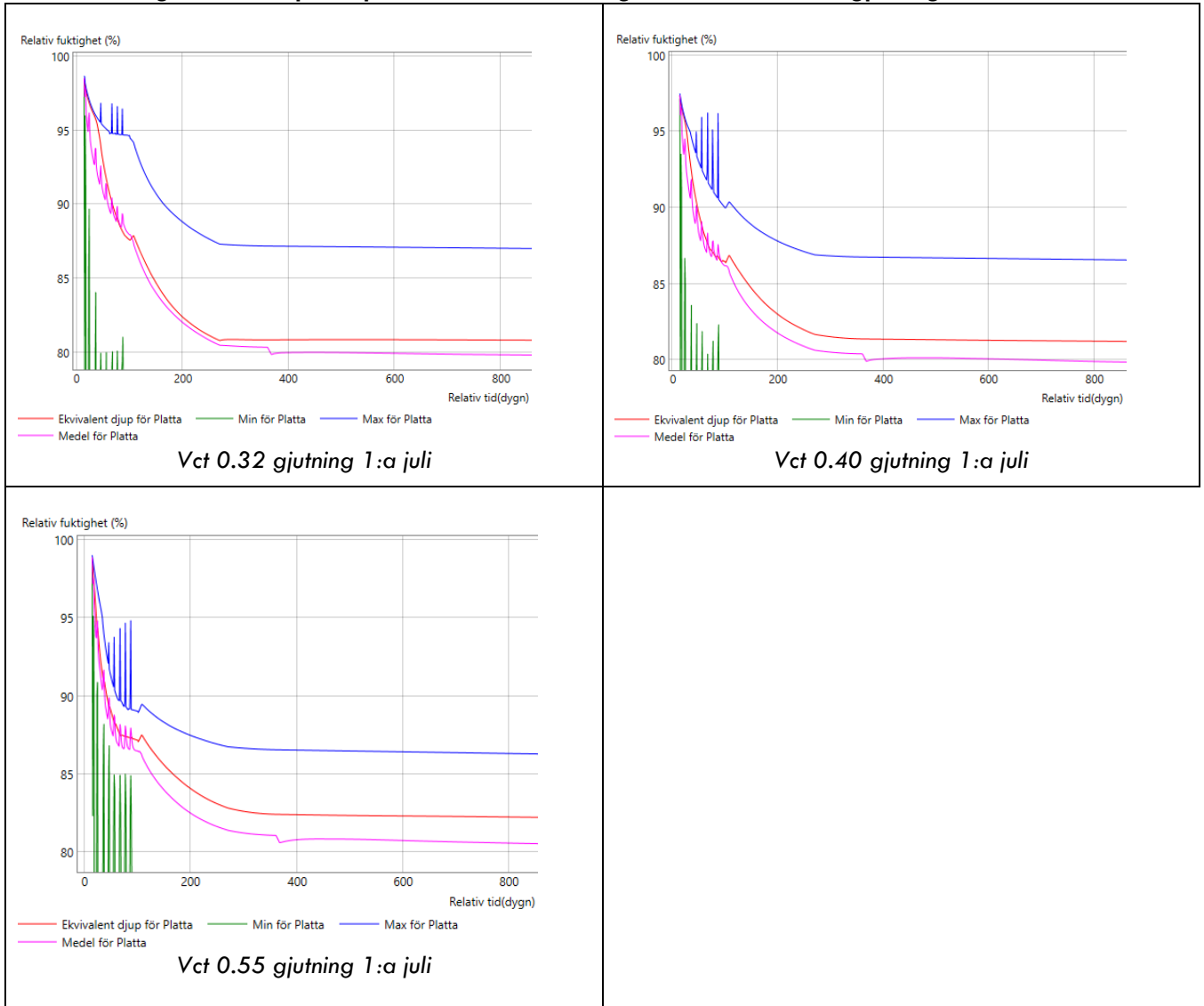


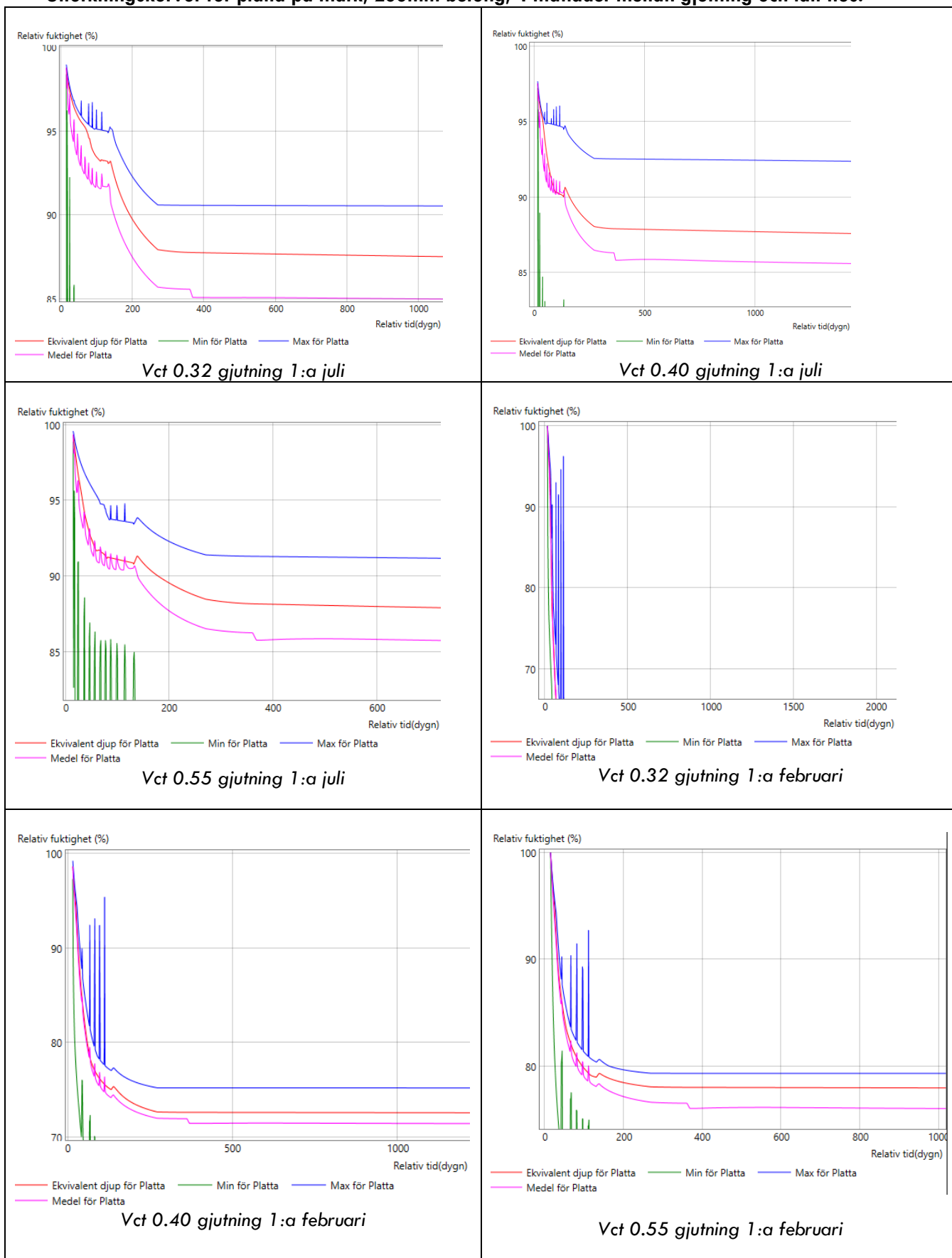
Vct 0.55 gjutning 1:a februari

Uttorkningskurvor för platta på mark, 150mm betong, 3 månader mellan gjutning och tätt hus.


Uttorkningskurvor för platta på mark, 150mm betong, 0 månader mellan gjutning och tät hus.


Uttorkningskurvor för platta på mark, 120mm betong, 4 månader mellan gjutning och tätt hus.


Uttorkningskurvor för platta på mark, 120mm betong, 3 månader mellan gjutning och tätt hus.


Uttorkningskurvor för platta på mark, 200mm betong, 4 månader mellan gjutning och tätt hus.


Uttorkningskurvor för platta på mark, 200mm betong, 3 månader mellan gjutning och tät hus.
