

Utveckling av brandsäker betong – praktiska råd och tips vid provning

SBUF- rapport nr 12022



SAMMANFATTNING

Att använda polypropylenfiber (PP-fiber) i betong har visat sig vara effektivt för att förhindra spjälkning i betongkonstruktioner vid brand. Brandspjälkning är framförallt ett problem när väldigt tät betong används, t.ex. betong med lågt vattencementtal eller självkompakterande betong.

Mängden fiber (kg/m³ betong) som krävs för att förhindra spjälkning vid ett brandförlopp kan variera beroende på vilka förutsättningar som gäller för aktuell konstruktion.

I Vägverkets norm "Tunnel 2004" anges en minsta mängd på 2 kg pp-fiber per kubikmeter betong.

Denna dosering anses allmänt som en väldigt hög dosering som kan leda till kvalitetsproblem både i den färska och hårdnade betongen..

I detta projekt har vi undersökt hur olika doseringar av pp-fiber (0,7 , 1,0 , 1.5 , 2,0 kg) påverkar egenskaperna i färsk och hårdnad betong.

I den färska betongen har konsistens, lufthalt och trycket i betongpumpens ledning kontrollerats.

I den hårdnade betongen har tryckhållfasthet, frostbeständighet och brandbeständighet kontrollerats.

PP-fibrerna bidrar till en ökad lufthalt i betongen. Vid doseringen 2 kg fiber per kubikmeter har väldigt höga lufthalter på drygt 10 % uppmätts.

Hög lufthalt innebär en sänkt hållfasthet och kan i värsta fall innebära att hållfasthetskravet ej uppnås.

Den högre doseringen fiber höjer också trycket i betongpumpen vilket indikerar en segare betong.

Frostbeständigheten har överlag varit mycket god. Även låga lufthalter (3,0%) har visat på god frostbeständighet.

Brandbeständigheten har visat sig god för betong med en dosering av pp-fiber på 1,0 , 1,5 och 2,0 kg/m³. För provkropparna med 0,7 kg/m³ klarade sig den ena utan spjälkning medan den andra uppvisade en viss spjälkning.

En dosering på mellan 1,0 och 1,5 kg verkar vara det optimala om man förutom brandbeständighet även tar hänsyn till övriga egenskaper som är viktiga för att slutresultatet ska bli bra.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	3-4
2	ORGANISATION	4
3	MÅLSÄTTNING OCH SYFTE	4-5
4	BETONGSAMMANSÄTTNING	5
5	BRANDPROVNING	5-7
6	UTFÖRDA PROVNINGAR	7-8
	<ul style="list-style-type: none">• ALLMÄNT• FÄRSK BETONG• HÅRDNAD BETONG	
7	DISKUSSION OCH BEDÖMNING	8-10
	<ul style="list-style-type: none">• FIBRERNAS PÅVERKAN• FROSTBESTÄNDIGHET OCH TRYCKHÅLLFASTHET• BRANDBESTÄNDIGHET• LUFTHALT OCH KONSISTENS	
8	SLUTSATSER	10
9	BILAGOR	11

1 BAKGRUND

Betong ger normalt ett väldigt bra motstånd mot de höga temperaturer som utvecklas i samband med en brand.

Det har dock under senare år visat sig att vissa typer av betong kan ge sämre brandmotstånd vilket framförallt visar sig i form av spjälkning av betongens yttre skikt. Spjälkningen kan vara ytlig men också mer djupgående så att till och med armeringen blottläggs.

Den betong som visat sig ge det försämrade brandmotståndet är ironiskt nog den betong som tagits fram för att ge bl.a. anläggningskonstruktioner en ökad beständighet.

För att öka beständigheten i denna typ av konstruktioner har kraven på maximala vattencementtalet (vct) skärpts. Detta har i sin tur inneburit en tätare struktur i betongen. Den tätare betongen ger ett bättre motstånd mot t.ex. kloridinträngning och försvårar också för koldioxid att tränga in och reagera med kalciumhydroxiden och ger därmed ett ökat korrosionsskydd för den ingjutna armeringen..

Dessa egenskaper är positiva i ett beständighetsperspektiv men den tätare strukturen ger också negativa effekter i ett brandförlopp.

Det som sker i samband med spjälkning vid brand är inte helt klarlagt men en teori är att när den fukt som finns i betongen hettas upp och övergår till ånga så utsätts betongen för ett ångtryck som den inte förmår att stå emot. Följden blir att betongen spjälkas loss och det finns risk för att konstruktionens stabilitet påverkas.

Betong som är mer porös t.ex. betong med ett högre vattencementtal uppvisar normalt inte denna typ av skador. Om teorin ovan stämmer så skulle detta kunna bero på att det i denna typ av betong finns ett utrymme för expansion när vatten övergår till ånga och på så sätt dämpas påfrestningarna i betongen.

Det har visat sig att också den självkompakterande betongen (SKB) ger liknande spjälkningseffekter som anläggningsbetong med lågt vct. Detta är logiskt eftersom denna typ av betong också är väldigt tät.

Det är förstås viktigt att kunna bibehålla de goda brandegenskaperna även för betong som är väldigt tät. Det har där visat sig att en tillsättning av polypropylenfibrer i denna typ av betong faktiskt kan återställa betongens förmåga att motstå brand.

Teorin bakom detta är att plastfibrerna smälter vid höga temperaturer och bildar utrymme för ångtrycket.

Att dessa fibrer fungerar på så sätt att de minskar eller eliminerar spjälkningen är bekräftat i omfattande provningar på SP i Borås.

Det finns en diskussion kring mängden fibrer som behöver tillsättas i betongen för att uppnå optimalt brandmotstånd. Den provning som skett på SP indikerar att 1 kg fibrer per kubikmeter betong ger väldigt bra effekt. Bl.a. så har denna dosering använts både i konstruktioner vid järnvägstunneln genom Hallandsåsen och Citytunneln i Malmö.

I Vägverkets norm Tunnel 2004 kapitel 4.2.2 **Verifiering av brandmotstånd** anges det att ”säkerhet mot betongavspjälkning skall dokumenteras genom provning eller utredning.”

”Exempel på metoder att erhålla säkerhet mot betongavspjälkning är:

- Förundersökning av betongens brandegenskaper
- Tillsats av polypropylenfibrer
- Användning av ett obrännbart värmeisolerande skikt”

I kapitel 4.2.3 **Material** anges ” Anläggningsdelar av betong, vilka utgör inredning och som gränsar mot trafikutrymme, skall i sin helhet innehålla 2kg/m³ enfibertrådiga polypropylenfibrer med tjocklek ca 18µm och längd ca 6mm. Fibrerna skall vara ytbehandlade för att få en bättre dispergering och ett minskat vattenbehov.”

I de projekt där Tunnel 2004 är styrande krävs alltså 2kg fibrer/m³.

Denna dosering anses av många betongleverantörer m.fl. vara en alltför hög dosering. Det anses att det finns en risk för att bl.a. betongens reologiska egenskaper samt att hållfasthet och frostresistens kan påverkas negativt.

Vi har i detta projekt undersökt hur betongen påverkas av olika doseringar av polypropylenfiber samt om brandmotståndet förbättras med en högre dosering av fibrer.

2 ORGANISATION

Projektledare för projektet har varit Thomas Johansson Skanska Sverige AB

Ansvarig för fältförsök : Joakim Larsson Skanska Sverige AB

Brandprovning : SP Borås.

Luftporanalys (tunnslip) : CBI

Tryck o frysprovning: Skanska Sverige AB (Ackrediterat laboratorium)

Referensgrupp: Kjell Jonsson, Skanska Sverige AB (Väg och anläggning)
Iad Saleh, Svenska Sika
Kjell Wallin, CBI Betonginstitutet

3 MÅLSÄTTNING OCH SYFTE

Målsättning och syfte är att få en bra uppfattning om hur olika doseringar av polypropylenfibrer påverkar betongen. Både i den färska och den hårdnade betongen. Fokus för den färska betongen är konsistens/arbetbarhet och lufthalt (före och efter pump). För den hårdnade betong läggs fokus på hållfasthet, frostbeständighet och brandbeständighet.

För den färska betongen är det viktigt att följa förloppet från blandning på betongfabrik via transport till arbetsplats och sedan intertransport och behandling på arbetsplatsen.

Prover för kontroll av den hårdnade betongen uttages i regel samtidigt som den färska betongen kontrolleras.

4 BETONGSAMMANSÄTTNING

Betongsammansättning är provad med 4 olika doseringar av polypropylenfibrer. Dessa är 0,7 kg, 1,0 kg, 1,5 kg, 2,0 kg per kubikmeter betong.

I övrigt är betongen en frystestad anläggningsbetong.

Följande recept har använts:

Nr.1	C35/45	S3	stenstorlek 22mm	vct 0,40	polypropylenfiber 0,7 kg
Nr. 2	C35/45	S3	stenstorlek 22mm	vct 0,40	polypropylenfiber 1,0 kg
Nr. 3	C35/45	S3	stenstorlek 22mm	vct 0,40	polypropylenfiber 1,5 kg
Nr. 4	C35/45	S3	stenstorlek 22mm	vct 0,40	polypropylenfiber 2,0 kg

	Recept nr 1	Recept nr 2	Recept nr 3	Recept nr 4
Anläggningscement	430 kg	430 kg	430 kg	430 kg
Sand 0-2	-	3% 51kg	-	-
Grus 0-8	57% 983kg	54% 963kg	60% 967kg	60% 955 kg
Sten 11-16	18% 322kg	21% 315kg	20% 334kg	20% 330 kg
Sten 16-22	25% 447kg	22% 385kg	20% 334kg	20% 330 kg
Kalkfiller Limus40	-	40 kg	120 kg	140 kg
Polypropylenfiber	0,7 kg	1,0 kg	1,5 kg	2,0 kg
Retarder	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Flyt Evo-26	0,1%	0,2%	0,6%	0,65%
Flyt Eco-12	1,1%	1,0%	-	-
Luft Aer-s 10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%
Vct	0,40	0,40	0,40	0,40

Kommentarer: En ökad mängd polypropylenfibrer innebär en ökad seghet i betongmassan. Genom att tillsätta kalkfiller kan denna seghet motverkas.

På Skanskas fabriker i Stockholm tillsätts retarder i all frystestad betong för att öka tiden som betongen är möjlig att bearbeta. Doseringen kan sedan ökas eller minskas inom vissa ramar. Flyttillsatsmedlet Eco 12 fungerar väl när doseringen av fibrer är relativt låg men är ej tillräckligt kraftfull för att dispergera partiklarna när betongens seghet ökar med ökad fibermängd. Evo 26 fungerar då bättre.

5 BRANDPROVNING

Grundtanken med ugnsprövning är att ett representativt element utsätts för en specificerad temperaturpåverkan. Provobjektets brandmotstånd uttrycks i hur många minuter objektet kan uppfylla vissa bestämda kriterier när det utsätts för ett specificerat ofta standardiserat tid/temperatur förlopp, en så kallad, brandkurva. Tiden som på detta sätt fås fram är inte ett mått på hur lång tid objektet klarar en riktig brand utan är ett relativt mått på brandtåligheten. Kriterierna som undersöks kan vara allt från att bibehålla den avskiljande funktionen då det gäller

en väggkonstruktion till att nedböjningen på en balk håller sig inom ett visst område. När det gäller en betonginklädd tunnel kan en viktig parameter vara att konstruktionen skall kunna återställas till brukbart skick så snabbt som möjligt efter en brand. För att detta skall vara möjligt kan krav finnas på att betongen inte får spjälka sönder under branden. När man provar ett skyddssystem för betong brukar det mest grundläggande kravet vara att systemets förankring klarar branden samt att en viss förutbestämd maxtemperatur på betongytan inte överskrids.

En viktig parameter vid all sorts brandprovning är den brandkurva som provobjektet exponeras för.

När man refererar till en byggnadsdels brandmotstånd menar man vanligtvis hur den kan motstå en brand i övertändningsfasen. Vid övertändning i ett rum sker en mycket snabb temperaturökning till följd av att strålningen från gaslagret i takhöjd tänder allt brännbart material i rummet.

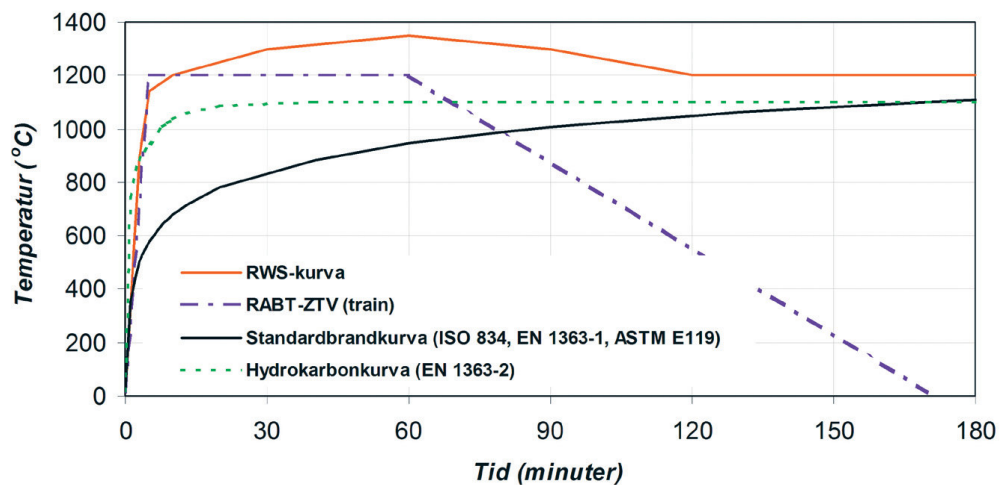
När man i slutet på 1800-talet började fokusera på brandsäkerhet i byggandet uppstod ett behov av att kunna verifiera brandmotståndet hos byggnadsdelar.

På flera håll i världen började man bygga stora ugnar för att kunna exponera byggnadsdelar för den höga temperatur som uppkommer vid övertändningsfasen i en brand. I dessa tidiga ugnar eldade man ofta med träribbstaplar och man hade ganska dålig kontroll på temperaturförloppet. Det ledde till att man i början på 1900-talet insåg behovet av en gemensam standardiserad brandkurva. Den mest kända och fortfarande mest använda modellen för temperaturförloppet, brandkurvan, är den så kallade standardbrandkurvan. Den var resultatet av ett amerikanskt samarbete och publicerades 1917.

Standardbrandkurvan anges i standarder som ISO 834, ASTM E119 och SS-EN 1363-1.

Sedan dess har ett antal andra brandkurvor utvecklats för att beskriva andra typer av brandsituationer. När det t.ex. gäller bränder i tunnlar har man upptäckt att standardbrandkurvan i många fall inte är tillräckligt intensiv för att beskriva ett troligt brandförlopp. Ett urval av olika brandkurvor kan ses i figur 1.

Figur 1. Ett urval av olika



brandkurvor.

På SP i Borås finns två stycken ugnar för brandprovning av konstruktioner i större skala.

En vertikalugn med ett öppningsmått på 3 x 3 m och en horisontalugn med ett öppningsmått på ca 3 x 5 m. Ett vanligt sätt att prova betong är att tillverka ett antal plattor och lägga som tak på horisontalugnen. Det har även gjorts ett antal provningar på tunnelement med andra geometrier som placerats på ugnen. Ofta är provobjekten mekaniskt belastade under provningen. Detta kan ske på både horisontal- och vertikalugnen genom en yttre last med hydraulkolvar eller genom att man efterspannar konstruktionen med dragstänger i ingjutna rör i det provade tvärsnittet. Under provningen mäts sedan temperaturen i betongen med ingjutna termoelement och eventuell brandspjälkning dokumenteras genom direkta observationer under provet samt mätning av spjälkprofiler efter provet.

(utdrag ur Betong 4/07 , artikelförfattare Robert Jansson SP)

6 UTFÖRDA PROVNINGAR

• Allmänt

Brandprovning är utförd på provkroppar som tillverkats i samband med en provgjutning i full skala. Med full skala menas att betongfabriken tillverkat fullstora lass (5 m³) och levererat till en arbetsplats som gjutit och hanterat betongen som vid en normal gjutning.

För doseringarna 0,7 , 1,5 och 2,0 kg polypropylenfiber har 2 lass tillverkats. För doseringen 1,0 kg fiber har 1 lass tillverkats. Uppföljning av lufthalt och konsistens har skett både på fabrik och på arbetsplats. På arbetsplatsen har betongen pumpats och kontroll av sättmått och lufthalt har skett före och efter pump.

För att få ytterligare ett mått på betongens bearbetbarhet förutom sättmåtsprovning har trycket i pumpledningen noterats för de olika lasserna. Ett högt pumptryck visar att det krävs mycket energi för att få betongmassan att passera ledningen. Detta i sin tur kan bero på olika saker. T.ex. så ger höga cementhalter i kombination med stor andel finmaterial (<0,25 mm) i ballasten en seg betong som visar sig i form av högt tryck i pumpen. Ett högt pumptryck kan också bero på att betongen är separationsbenägen.

Övrig kontroll av betongen som skett förutom brandprovning är hållfasthet och frostbeständighet. Frostbeständigheten har i vissa fall bedömts genom luftporanalys.

• Provning av färsk betong

Recept	Fiber (kg)	Lufthalt Fabrik	Lufthalt f pump	Lufthalt e pump	Sättmått fabrik	Sättmått f pump	Sättmått e pump	Pumptryck Bar
1	0,7	5,7	5,5	4,7	190	140	100	140
1	0,7	4,2	4,4	4,1	200	170	170	120
2	1,0	5,5	6,3	5,4	200	180	150	120
2	1,0	5,5	6,3	5,4	200	180	150	120
3	1,5	4,8	6,7	3,9	220	200	180	140
3	1,5	3,9	5,4	4,2	200	180	160	140
4	2,0	10,5	10,5	8,5	220	220	190	160
4	2,0	11	11,5	7,4	230	220	200	170

Kommentarer till tabellen se diskussion och bedömning

- **Provning av hårdnad betong**
(Hållfasthet, frostbeständighet, brand)

Recept	Fiber (kg)	Brand Bilaga	Hållfasthet 28 dygn MPa	Hållfasthet 28 dygn medelvärde	Frostbeständighet	Brandmotstånd
1	0,7	10-13	61,1-62,8-65,2	63	Mycket god	Viss spjälkning
1	0,7	22-25	63,6-68,6-66,6	66	Mycket god	Ingen spjälkning
2	1,0	14-17	65,0-60,3-63,9	63	Mycket god	Ingen spjälkning
2	1,0	18-21	65,0-60,3-63,9	63	Mycket god	Ingen spjälkning
3	1,5	26-29	75,0-69,4-59,3	68	Mycket god	Ingen spjälkning
3	1,5	30-33	78,1-77,2-76,6	77	Mycket god	Ingen spjälkning
4	2,0	34-37	48,8-48,2-48,1	48	Mycket god	Ingen spjälkning
4	2,0	38-41	Inget prov uttaget		Inget prov uttaget	Ingen spjälkning

Kommentarer till tabellen se diskussion och bedömning

7 DISKUSSION OCH BEDÖMNING

- **Fibrernas påverkan**

I en jämförelse mellan frystestad betong med och utan pp-fibrer är det tydligt att lufthalterna varierar avsevärt mer i betongen som innehåller pp-fibrer. Med bibehållen dosering av luftporbildande medel ökar lufthalten när pp-fibrer tillsätts. Konsekvensen blir alltså att sänka doseringen av luftporbildande medel när pp-fibrer används. Trots denna anpassning av betongrecept ökar spridningen på lufthaltsvärdena.

PP-fibrerna påverkar alltså lufthalten i betongen. Fibrerna har helt klart en luftindragande effekt. Sannolikt är det den ytbehandling som fibrerna utsätts för som har denna påverkan. Ytbehandlingen utförs för att ge fibrerna en bättre dispergering i betongmassan samt för att minska vattenbehovet och är också ett krav i tunnelnormen.

Leverantören av fibrerna är förtegen med vad ytbehandlingsmedlet består av men det har framkommit uppgifter om att det är någon typ av polykarboxylat. I princip ett flyttillsatsmedel och dessa vet vi kan ge en luftindragande effekt. Skumdämpare brukar tillsättas i flyttillsatsmedlen för att begränsa denna effekt.

I de fall fibrerna ska användas i betong som ej syftar till att vara frostbeständig kan denna påverkan på lufthalten sannolikt vara positiv. En smidigare mer lättarbetad betong kan bli effekten.

Den förhållandevis låga volym som den frostbeständiga betongen omfattar i ett europaperspektiv gör att leverantörerna av polypropylenfibrer inte är speciellt intresserade av att jobba med frågan.

Mängden fibrer och därmed också mängden ytbehandlingsmedel påverkar sannolikt effekten av lufthaltstillskottet. Logiskt borde en ökad mängd fibrer innebära högre lufthalt. Detta är också tydligt vid doseringen 2 kg/m³. Doseringen 1,5 kg/m³ avviker i detta fall och ger lägre

lufthalter än 0,7 och 1,0 . Anledningen kan eventuellt vara en ojämnhet i det på fibrerna ytaktiva medlet. Lufthaltsnivån påverkas dessutom av en mängd faktorer förutom fibrerna.

Den luftindragande effekten är ett bekymmer och framförallt om effekten varierar och ger ojämna lufthalter.

I de luftporanalyser som utförts framgår det att den luft som tillkommer genom fibrerna inte är av den finporösa typ som mest bidrar till bra frostbeständighet.

Att minska på doseringen av luftporbildande medel skulle sänka totala lufthalten men också innebära en större andel ”dålig” luft.

Den luftporstruktur som bildas genom tillsättningen av fibrerna ger sannolikt inte något större bidrag till frostbeständigheten men sänker hållfastheten.

- **Frostbeständighet och tryckhållfasthet**

I de fall vi studerat har frostbeständigheten ändå inte varit något problem. Lufthalter på så låg nivå som 3,0% har givit ”mycket god frostbeständighet”. Problemet är alltså framförallt att lufthalten riskerar att bli väldigt hög samtidigt som spridningen i hållfasthet ökar. I värsta fall kan detta innebära underkända hållfasthetsresultat.

Hållfastheten har t.ex. i detta projekt varierat från 48 MPa upp till 78 MPa vilket är en orimligt stor differens.

- **Brandbeständighet**

Som framgår av den utförda brandprovningen klarar provkropparna med doseringen 1,0 , 1,5 , 2,0 kg polypropylenfibrer godkänt resultat. En av de 2 provkropparna med 0,7 kg är godkänd medan den andra har spjälkat.

Med tanke på de effekter som fibrerna ger bör förstås doseringen vara så låg som möjligt men ändå tillräcklig för att skapa brandsäkerhet. Rimligt med en dosering mellan 1-1,5 kg i detta fall.

- **Lufthalt och konsistens**

En tendens vid uppföljda leveranser är att lufthalten stiger under transport till arbetsplats och sedan sjunker när betongen passerar pumpledningen. Betong utan fibrer ger normalt inte en förhöjd lufthalt under transport vilket kan tyda på att fibrerna fortsätter att dra in luft även under transporten. Roteraggregaten på betongfordonen har roterat under transporten. Att lufthalten sjunker i samband med pumpning är normalt även för betong utan polypropylenfibrer.

Sättningsprovningen visar inte på några stora skillnader mellan olika doseringar av fibrer. Dock upplevs skillnaden som stor mellan 0,7 kg och 2,0 kg av dem som jobbar med betongen. Doseringen 2,0 kg ger en avsevärt segare och jobbigare betong att hantera. Detta kan också avläsas när betongen pumpas. Pumstrycket för betong med 2,0 kg polypropylenfibrer låg ca 35% högre än betong med 1,0 kg fibrer.

Sättningsförändringen från fabrik till utpumpad i form följer väl en motsvarande betong utan fibrer. En viss konsistenförlust sker under transport och ytterligare förlust av sättningsmått sker när betongen transporteras genom pumpen. I ett fall med 0,7 kg fibrer har sättningsförlusten blivit

större än i övriga fall. Från 190 mm på fabrik till 100 mm efter pump. En anledning till detta var att det lasset drog ut på tiden och betongen hann styvna till mer än övriga lass.

8 SLUTSATSER

Höga doseringar av polypropylenfibrer ($> 1,5$ kg) förefaller att ge höga lufthalter. Erfarenheter visar också på att den lufthalt som fibrerna ger varierar mer än den lufthalt som skapas genom de luftporbildande tillsatsmedlen. Den luftporstruktur som bildas med hjälp av fibrerna ger sannolikt inte något större bidrag till frostbeständigheten. Frostbeständigheten måste alltså åstadkommas med den luftporstruktur som bildas med hjälp av det luftporbildande tillsatsmedlet. I detta projekt har dock ej några problem med frostbeständighet kunnat påvisas trots i vissa fall väldigt låga lufthalter. Detta kan eventuellt bero på att fibrerna i större utsträckning än vi tror bidrar till förbättrad frostbeständighet. Troligen är det så att denna typ av betong med lågt vct och anläggningscement är relativt okänslig för störningar och oftast ger mycket god frostbeständighet även med låg lufthalt.

Höga och varierande lufthalter har dock stor påverkan på hållfastheten. Standardavvikelsen blir stor och höga lufthalter kan leda till väldigt låga hållfastheter. En viktig faktor att ta hänsyn till är också var provning ska ske. Lufthalten och därmed hållfastheten varierar beroende på om provet tas ut på fabrik, på arbetsplats före pump eller efter pump. Rekommendationen är förstås att ta ut provet efter pump. Där uppmäts sannolikt lägst lufthalt och kontrollen sker på betongmassa som sedan går direkt i form. I detta projekt har alla provkroppar uttagits efter pump.

En bedömning av betongens arbetbarhet med hjälp av sättmåtsprovning har inte visat på några skillnader vid olika doseringar av pp-fibern. Däremot visar det sig att betongpumpen får jobba hårdare för att få igenom betong som innehåller 2 kg fibrer jämfört med lägre doseringar. Detta tyder på att en ökad dosering av fibrer innebär en segare betong. Detta påpekas också av de betongarbetare som hanterat betongen.

Brandprovningen visar att brandmotståndet är godkänt med fiberdosering på 1 kg eller högre.

Allt tyder alltså på att en dosering över 1,5 kg ökar risken för stora negativa effekter på både den färska betongen och den färdiga konstruktionen.

En optimal dosering kan förstås variera beroende på bl.a. de brandkrav som ställs. Med ökade erfarenheter kan eventuellt en dosering under 1 kg vara aktuellt åtminstone under vissa förutsättningar gällande de krav som ställs.

1,0 kg polypropylenfibrer uppfyller alltså i detta fall brandkravet. Doseringen innebär också en mer kontrollerbar lufthalt och därmed en acceptabel spridning vad gäller hållfasthetsvärden. Arbetbarheten blir också bra, i nivå med betong utan polypropylenfibrer.

Utan brandprovning skulle kravet enligt Tunnel 2004 varit 2 kg polypropylenfibrer per kubikmeter betong. Detta skulle ha inneburit stora svårigheter att tillverka betong med jämn kvalitet och även stora svårigheter i samband med utförandet på arbetsplatsen.

9 BILAGOR

- Bilaga 1 SP-rapport nr P 701814
- Bilaga 2 Luftporanalys typexempel
- Bilaga 3 Frysprovning låg lufthalt



RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Datum
2007-07-06

Beleckning
P701814

Sida
1 (8)



Handläggare, enhet
Pär Johansson
Brandteknik
010-516 56 32, par.johansson@sp.se

Skanska Sverige AB
169 83 SOLNA

Brandprovning av åtta betongelement

Provningsmetod

SS-EN 1363-1:1999 och SS-EN 1363-2:1999

Provningsen genomfördes med följande avsteg från standarden:

- Ingen verifikation gjordes på provföremålen

Produkt

Betongelement

Produktbeteckning

C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 0,7Kg/m³
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 1,0Kg/m³
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 1,5Kg/m³
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 2,0Kg/m³

Uppdragsgivare

Skanska Sverige AB
169 83 SOLNA

Rapportnummer

P701814

Bilagor: 1 - 47 (en sida per bilaga)

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress
SP
Box 857
501 15 Borås

Besöksadress
Västeråsen
Brinellgatan 4
504 62 Borås

Tfn / Fax / E-post
010-516 50 00
033-13 55 02
info@sp.se

Laboratorier ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.

1 Syftet med provningen

Syftet med provningen var att bestämma provföremålens benägenhet till spjälkning när betongen utsätts för brand. Syftet var även att registrera temperaturen i betongen på olika djup under provet. Vid brandprovet utsattes provföremålen för en tid-temperaturkurva som innebar en uppvärmning under två timmar till en maximal temperatur på 1100 °C. Provet genomfördes enligt Branskyddslagets specifikation betecknad Snöflingan Överdäckning.

2 Provföremål

2.1 Provkroppar

Sammanlagt göts 4 olika typer av provkroppar. Varje typ av provkropp göts i 2 exemplar. Var gjutning var från en individuell betong mix. Totalt göts 8 provkroppar. Provkropparna listas i tabell 1.

Tabell 1. Beteckning på provkroppar.

<i>Beteckning:</i>	<i>Provkroppsnamn i rapporten</i>
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 0,7Kg/m ³	4(0,7), 5(0,7)
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 1,0Kg/m ³	2(1,0), 6(1,0)
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 1,5Kg/m ³	7(1,5), 8(1,5)
C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 2,0Kg/m ³	1(2,0), 3(2,0)

Förklaring till beteckningar:

0,7, 1,0, 1,5, 2,0 = Mängd fiber

2.2 Geometri och armering av provföremålen

Alla provkroppar var tillverkade med samma geometri (längd x bredd x tjocklek) 1800 x 1200 x 300 mm³. I varje provkropparna fanns sex horisontella rör ingjutna. Rören var till för att ge plats åt dragstag med vilka belastning påfördes. Rören var placerade 150 mm från provkropparnas underkant till centrum rör. Provkropparna tillverkades så att de vid brandprovningen kunde kopplas samman två och två via de dragstag som användes (dragstagen gick därmed genom båda provkropparna). Armeringens täckskick var 55 mm på den brandexponerade ytan.

Samtliga betongelement göts som plattor. Ovansidorna vid gjutning var de sidor som brandbelastades.

Provkropparnas utformning och armering framgår av ritningarna i bilagorna 1 - 2.

2.3 Betongsammansättning

2.3.1 C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 0,7Kg/m³ (4(0,7) och 5(0,7))

Betongen innehöll 0,7 kg/m³ fiber.

2.3.2 C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 1,0Kg/m³ (2(1,0) och 6(1,0))

Betongen innehöll 1,0 kg/m³ fiber.

2.3.3 C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 1,5Kg/m³ (7(1,5) och 8(1,5))

Betongen innehöll 1,5 kg/m³ fiber.

2.3.4 C35/45 S3 22 0,40 Frys Brand 2,0Kg/m³ (1(2,0) och 3(2,0))

Betongen innehöll 2,0 kg/m³ fiber.

2.4 Tillverkning och konditionering

Alla provkroppar göts av uppdragsgivaren. Gjutningen gjordes 2007-04-18 för samtliga provkroppar. Efter avformning lagrades provkropparna utomhus under plast.

2.4.1 Egenskaper hos ingående material

Fuktkvoten i betongen i provkropparna mättes innan provningen. Bitar av betong togs från varje provkropp. Uppmätt fuktkvot framgår av tabell 2.

Tabell 2. Uppmätt fuktkvot.

<i>Provföremål</i>	<i>Fuktkvot 1)</i> (%)
5(0,7)	2,7
6(1,0)	3,2
2(1,0)	3,5
4(0,7)	2,9
7(1,5)	2,4
8(1,5)	3,2
1(2,0)	2,4
2(2,0)	3,5

1) Fuktkvoten beräknades ur viktförlusten efter uppvärmning i 105 °C.

Kontrollen utfördes mellan 2007-06-28 till 2007-07-05.

Kontrollen syftar till att verifiera och/eller bestämma materialdata och dimensioner hos ingående material och komponenter i provföremålet. Omfattningen av utförda mätningar och tillämpad metodik kan avvika från standardiserad provningsmetod. Resultaten ska därför inte betraktas som formella materialdata.

3 Provuppställning

3.1 Placering på ugnen

Provkropparnas placering på ugnen framgår av bilaga 3. Provkropparna parades ihop två och två innan de placerade på ugnen. Vilka provkroppar som parades ihop framgår av bilaga 3.

Anslutningen mellan provkropparna tätades med en tunn matta av stenull.

Provkropparnas ovankanter stagades upp så att de förhindrades att knäcka uppåt under provningen.

3.2 Belastning

Belastning påfördes genom sex dragstänger monterade i varje provkroppspar. Dragstängerna var av typen Dywidag $\varnothing 32$ mm med stålqualität 900/1100WR. Den nominella belastningsnivån framgår av tabell 3.

Tabell 3. Nominell belastning i dragstagen.

<i>Provföremål</i>	<i>Antal stänger</i>	<i>Last i varje stång (kN)</i>	<i>Spänning i betongen (MPa)</i>
5(0,7) och 6(0,7)	6	360	6,0
2(1,0) och 4(1,0)	6	360	6,0
7(1,5) och 8(1,5)	6	360	6,0
1(2,0) och 2(2,0)	6	360	6,0

Uppspänningen gjordes i två steg för att komma upp i slutlig lastnivå. Lasten i 16 av 24 dragstag mättes kontinuerligt under provningen.

Lastnivån bestämdes av uppdragsgivaren.

4 Provning och resultat

Brandprovningen utfördes 2007-07-03. Provningen pågick under 120 minuter.

4.1 Bevittnande av provning

Provningen bevittnades av Magnus Nettelblatt, Johans Aasman och Olle Jonsson från Sanska Sverige AB.

4.2 Ugnskontroll

Ugnen styrdes enligt SS-EN 1363-1:1999 och SS-EN 1363-2:1999 kapitel 4.2. Brandkurvan är identisk med Vägverkets tunnelinstruktion Tunnel 2004 kapitel 3.3.4.4 kurva I.

4.2.1 Temperaturer

Ugnstemperaturen uppmättes med 11 platttermoelement som vid provningens start var placerade 100 mm från provföremålens brandutsatta yta. Termoelementens placering framgår av bilaga 3.

Medeltemperaturen i förhållande till brandkurvan framgår av diagram i bilaga 4.

Temperaturen vid varje termoelement i förhållande till brandkurvan och tillåtna temperaturavvikelser framgår av diagram i bilaga 5.

Ugnstemperaturens medelavvikelse från brandkurvan (d v s den procentuella avvikelsen mellan arean under uppmätt ugnsmedeltemperaturkurva och arean under brandkurvan framgår av diagram i bilaga 6.

4.2.2 Tryck

Trycket i ugnen styrdes så att ett övertryck på 20 Pa skapades på nivån 100 mm under provföremålens brandutsatta ytor.

Trycket i ugnen relativt ugnshallen uppmättes 270 mm från provföremålens underkant. Trycket på denna nivå sattes till 18,6 Pa.

Ugnstrycket framgår av diagram i bilaga 7.

4.2.3 Omgivningstemperatur

Omgivningstemperaturen i laboratoriet under provningen redovisas i bilaga 8.

4.3 Mätningar på provföremålen

4.3.1 Temperaturer

Temperaturen i och på provkropparna uppmättes med 160 termoelement (C1 – C160). Termoelementens placering framgår av bilaga 9.

Medeltemperaturen av termoelement C1 – C160 vid start av prov var 22 °C.

Temperaturerna framgår av bilagorna 10 - 41 enligt tabell 4.

Tabell 4. Diagram med temperaturmätningar.

<i>Provkropp</i>	<i>Bilagor - temperaturer</i>
5(0,7)	10 – 13
6(1,0)	14 - 17
2(1,0)	18 - 21
4(0,7)	22 - 25
7(1,5)	26 - 29
8(1,5)	30 - 33
1(2,0)	34 - 37
2(2,0)	38 - 41

4.3.2 Belastning

Förspänningen i 16 av 24 dragstag i provkropparna mättes under brandprovet. Mätningen gjordes med hjälp av lastceller. Lastcellernas placering framgår av bilaga 9.

Uppmätt belastning framgår av diagrammen i bilagorna 42 - 45 enligt tabell 5.

Tabell 5. Diagram med belastningsmätningar.

<i>Provkropp</i>	<i>Bilagor - belastning</i>
5(0,7) och 6(1,0)	42
2(1,0) och 4(0,7)	43
7(1,5) och 8(1,5)	44
1(2,0) och 3(2,0)	45

4.5 Observationer

Fotografier tagna i samband med provningen framgår av bilaga 46. Observationer gjorda under provningen framgår av tabell 6 och observationer gjorda efter brandprov visas i tabell 7.

Tabell 6. Observationer under brandprov.

<i>Tid min:s</i>	<i>Observationer (observationerna avser brandexponerad sida om inget annat anges)</i>
00:00	Provningen startas.
01:50	<i>Provkropp 4(0,7):</i> Tunn ytspjälkning.
13:00	<i>Provkropp 4(0,7):</i> Spjälkningen från provkroppen har avstannat.
120:20	Provningen avslutas.

Tabell 7. Observationer efter brandprov.

<i>Provkropp</i>	<i>Observationer</i>
5(0,7)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.
6(1,0)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.
2(1,0)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.
4(0,7)	Provkroppen har spjälkat på ca 60% av ytan. Där spjälkningen förekommit är den är grund.
7(1,5)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.
8(1,5)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.
1(2,0)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.
2(2,0)	Den brandexponerade sidan är småsprucken och missfärgad.

Fotografier på provkropparna efter provningen kan ses i bilaga 46.

4.6 Spjälkning

Endast provkroppen 4(0,7) spjälkade under provningen. Uppmätt spjälkning redovisas i tabell 8.

Tabell 8. Uppmätt spjälkning

<i>Provkropp</i>	<i>Medelspjälkning (mm)</i>	<i>Maxspjälkning (mm)</i>
5(0,7)	-	-
6(1,0)	-	-
2(1,0)	-	-
4(0,7)	4	29
7(1,5)	-	-
8(1,5)	-	-
1(2,0)	-	-
2(2,0)	-	-

Uppmätt spjälkning på provkropparna efter provningen redovisas i bilaga 47.

Kapitel 4, 2

5 Sammanfattning

Provföremålen beskrivna i punkt 2 har brandprovats enligt metod SS-EN 1363-1:1999 med brandbelastning enligt SS-EN 1363-2:1999. Brandkurvan är identisk med Vägverkets tunnelinstruktion Tunnel 2004 kapitel 3.3.4.4 kurva I. Provningsen pågick under 120 minuter. Följande resultat erhöles:

- Spjälkning förekom endast i betong med 0,7kg fiber per kubikmeter. Spjälkningen var endast liten. Endast den ena provkroppen med denna fibermängd spjälkade.
- Spjälkningen på provkroppen 4(0,7) var 4 mm i medel och maximalt 29 mm.
- Samtliga provkroppar hade små sprickor på den brandexponerade ytan efter provningen.

Uppmätta temperaturer i och på provföremålen finns redovisade i bilagor enligt tabell 9 nedan.

Tabell 9. Diagram med temperaturmätningar.

<i>Provkropp</i>	<i>Bilagor - temperatur</i>
5(0,7)	10 - 13
6(0,7)	14 - 17
2(1,0)	18 - 21
4(1,0)	22 - 25
7(1,5)	26 - 29
8(1,5)	30 - 33
1(2,0)	34 - 37
2(2,0)	38 - 41

Uppmätta laster i dragstagen finns redovisade i bilagor enligt tabell 10 nedan.

Tabell 10. Diagram med belastningsmätningar.

<i>Provkropp</i>	<i>Bilagor - belastning</i>
5(0,7) och 6(0,7)	42
2(1,0) och 4(1,0)	43
7(1,5) och 8(1,5)	44
1(2,0) och 2(2,0)	45

Provningsresultaten avser endast det beskrivna provföremålets beteende under de betingelser som rådde vid provningen. Vid andra förutsättningar, t ex annat brandförlopp, kan därför konstruktionens beteende avvika från det redovisade provningsresultatet..

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Brandteknik - Konstruktion

Rolf Hilling
 Tekniskt ansvarig

Pär Johansson
 Teknisk handläggare

Bilagor: 1 - 47 (en sida per bilaga)

5 Sammanfattning

Provföremålen beskrivna i punkt 2 har brandprovats enligt metod SS-EN 1363-1:1999 med brandbelastning enligt SS-EN 1363-2:1999 kapitel 4.2. Brandkurvan är identisk med Vägverkets tunnelinstruktion Tunnel 2004 kapitel 3.3.4.4 kurva I. Provningsen pågick under 120 minuter. Följande resultat erhöles:

- Spjälkning förekom endast i betong med 0,7kg fiber per kubikmeter. Spjälkningen var endast liten. Endast den ena provkroppen med denna fibermängd spjälkade.
- Spjälkningen på provkroppen 4(0,7) var 4 mm i medel och maximalt 29 mm.
- Samtliga provkroppar hade små sprickor på den brandexponerade ytan efter provningen.

Uppmätta temperaturer i och på provföremålen finns redovisade i bilagor enligt tabell 9 nedan.

Tabell 9. Diagram med temperaturmätningar.

<i>Provkropp</i>	<i>Bilagor - temperatur</i>
5(0,7)	10 - 13
6(0,7)	14 - 17
2(1,0)	18 - 21
4(1,0)	22 - 25
7(1,5)	26 - 29
8(1,5)	30 - 33
1(2,0)	34 - 37
2(2,0)	38 - 41


Uppmätta laster i dragstagen finns redovisade i bilagor enligt tabell 10 nedan.

Tabell 10. Diagram med belastningsmätningar.

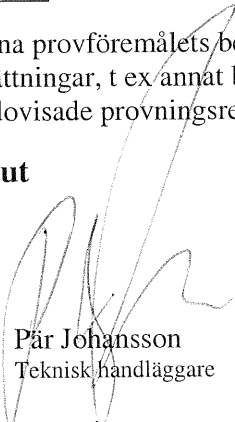
<i>Provkropp</i>	<i>Bilagor - belastning</i>
5(0,7) och 6(0,7)	42
2(1,0) och 4(1,0)	43
7(1,5) och 8(1,5)	44
1(2,0) och 2(2,0)	45

Provningsresultaten avser endast det beskrivna provföremålets beteende under de betingelser som rådde vid provningen. Vid andra förutsättningar, t ex annat brandförlopp, kan därför konstruktionens beteende avvika från det redovisade provningsresultatet..

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Brandteknik - Konstruktion



Rolf Hilling
Tekniskt ansvarig



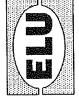
Pär Johansson
Teknisk handläggare

Bilagor: 1 - 47 (en sida per bilaga)

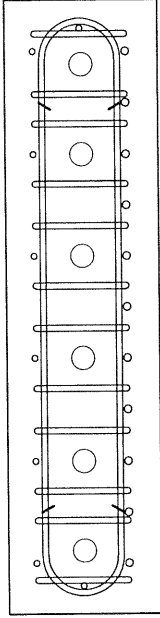

 BILAGA:
 REF: *9701819*
 SIGN:

FK 070327

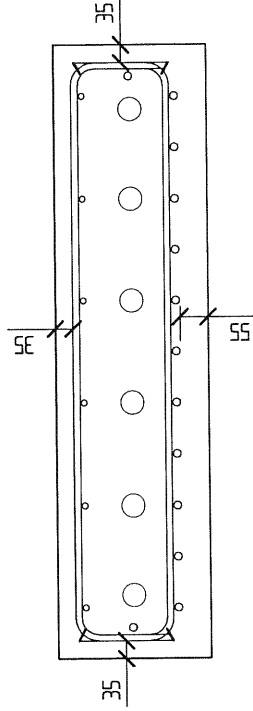
Kv SNÖFLINGAN
 PROVKROPPAR FÖR BRANDPROV
 ARMERING



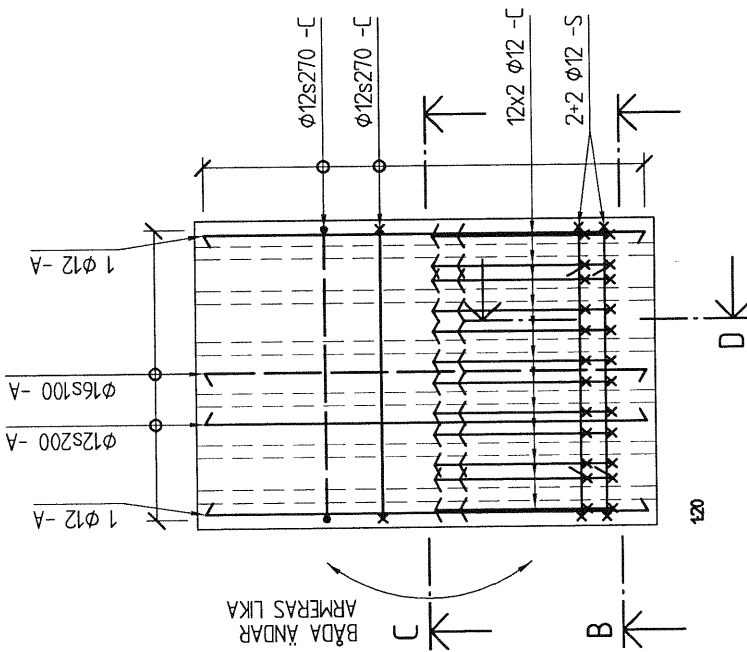
GANEBO



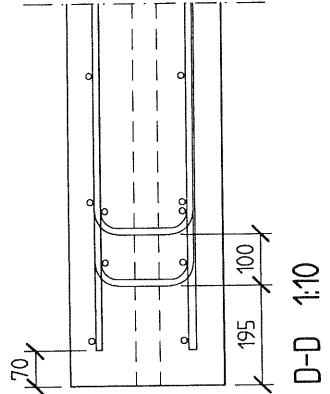
B-B 1:10




C-C 1:10



BÅDA ÄNDAR
ARMERAS LIKA



D-D 1:10


 BILAGA: 2
 REF: P701814
 SIGN: A.

FK 070327

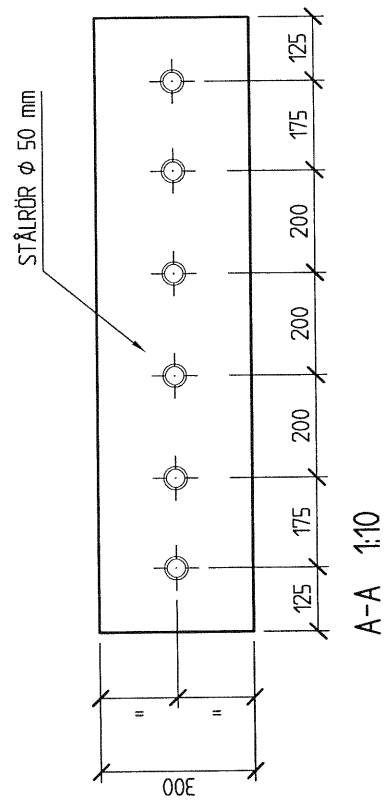
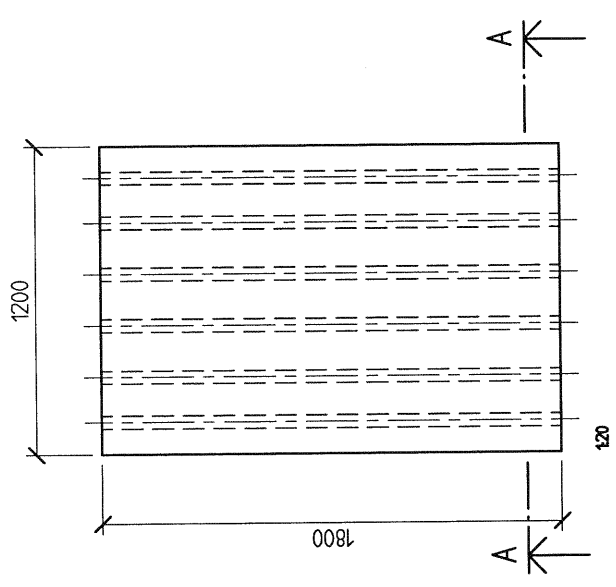
KV SNÖFLINGAN

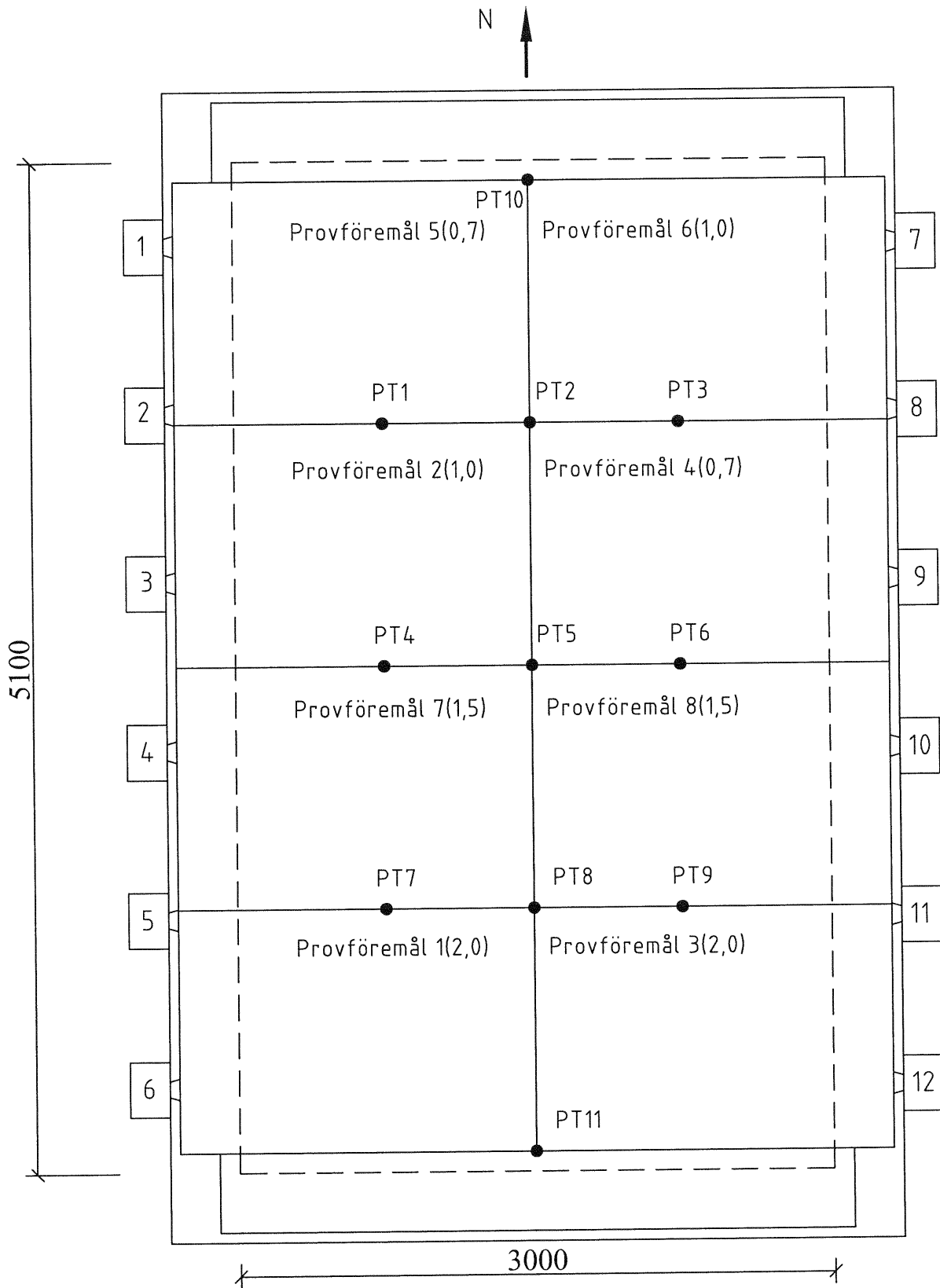
PROVKROPPAR FÖR BRANDPROV

MÅTT



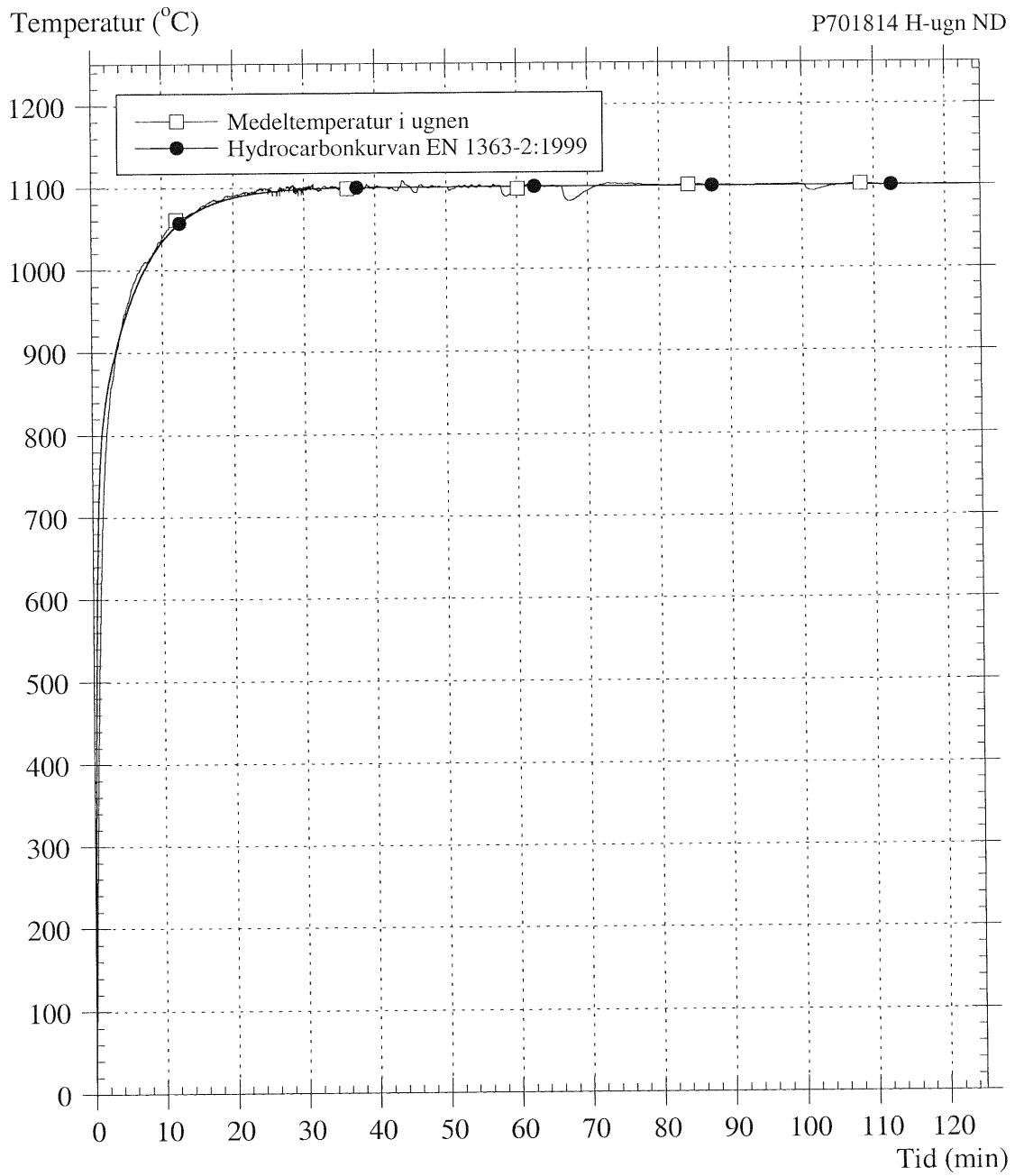
GANEBO



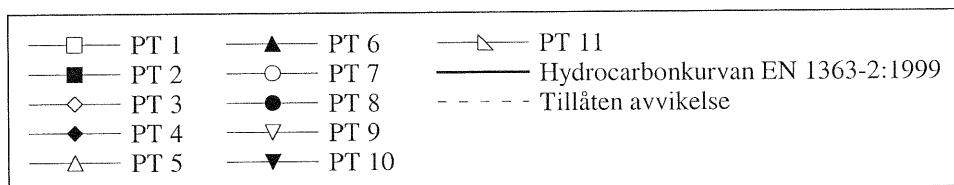
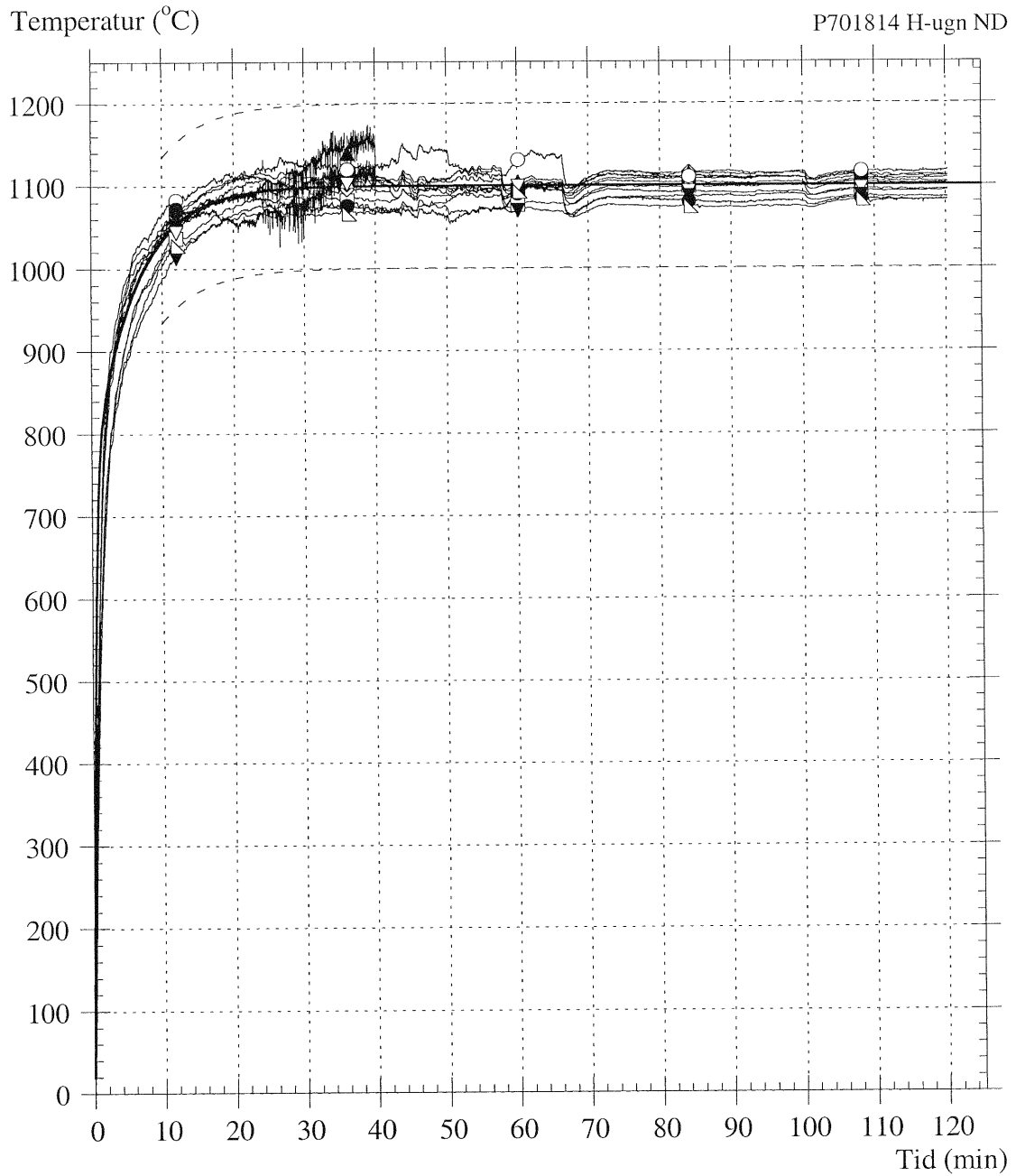


- PT1-PT11: Ugnstermoelement placerade 100 mm under provföremålens brandexponerade sida

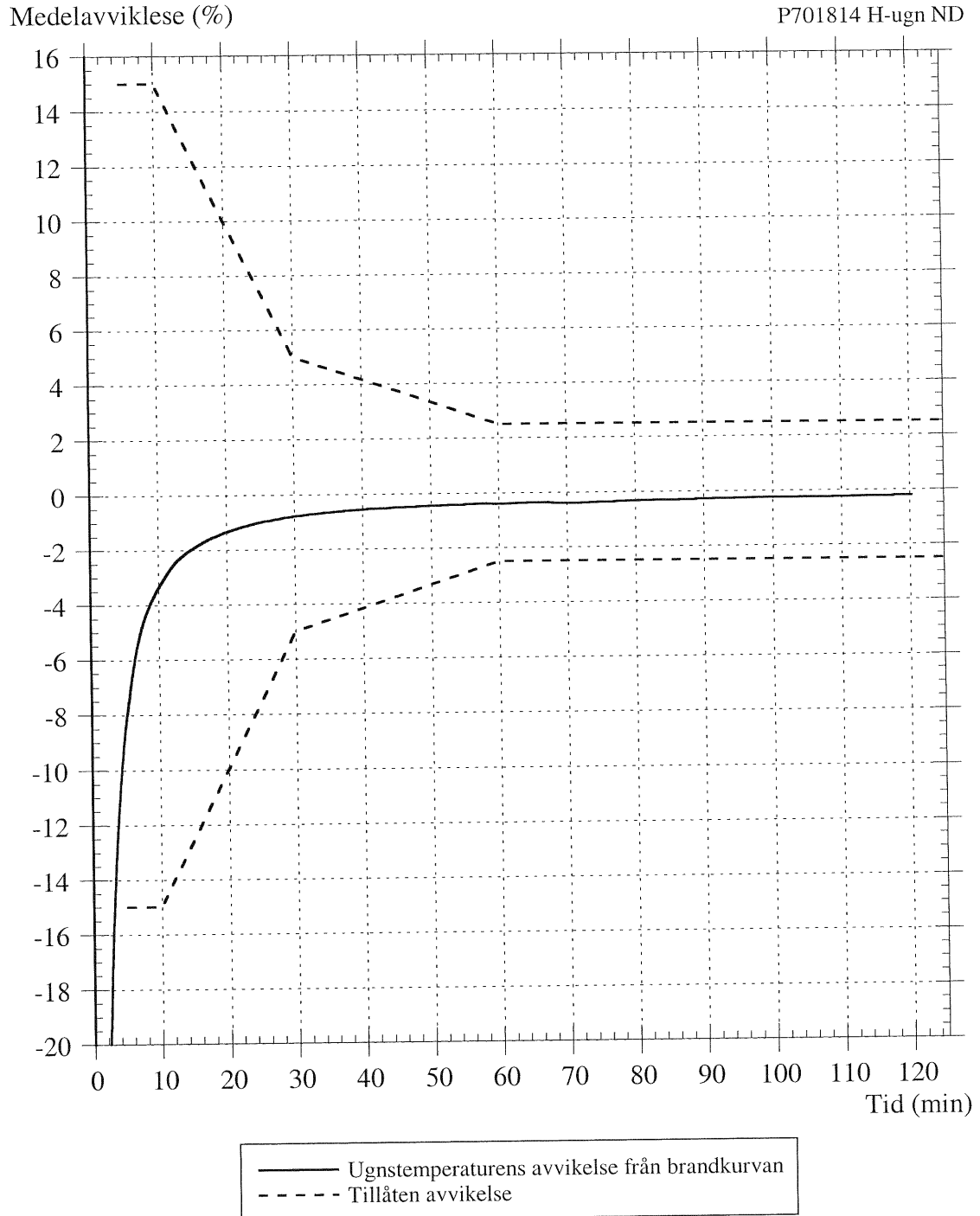
Medeltemperatur i ugnen



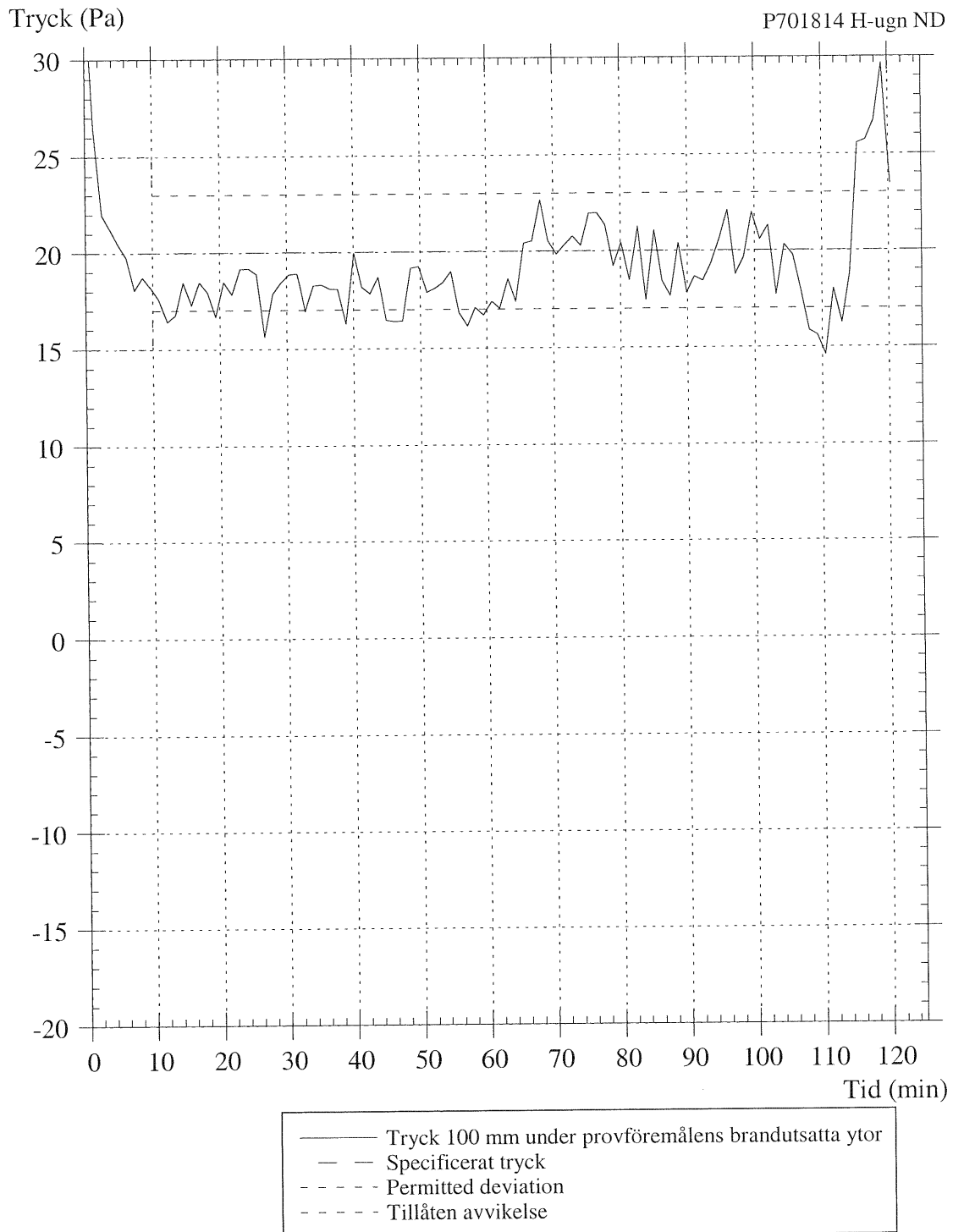
Temperatur i ugnen



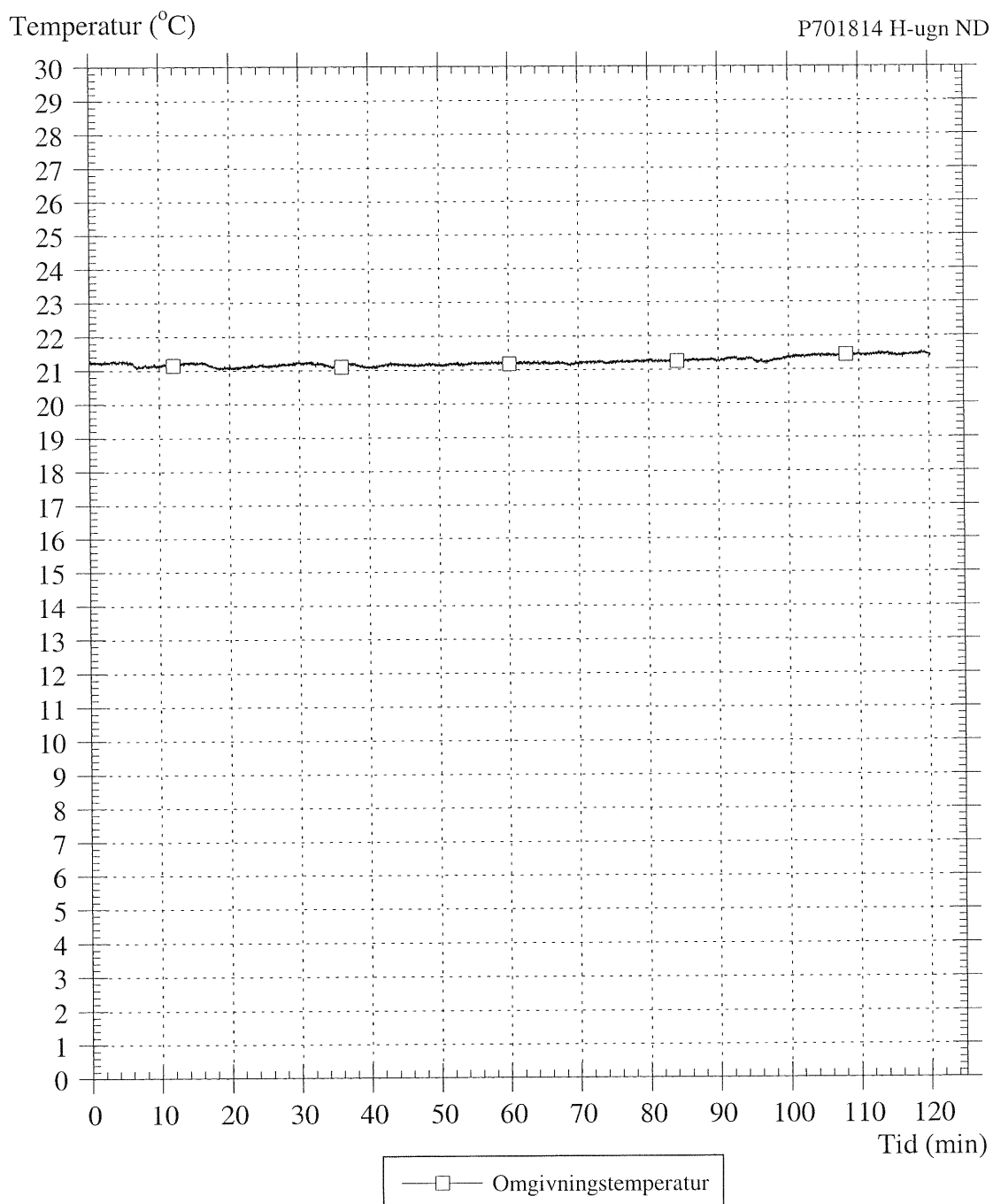
Procentuell avvikelse från brandkurvan

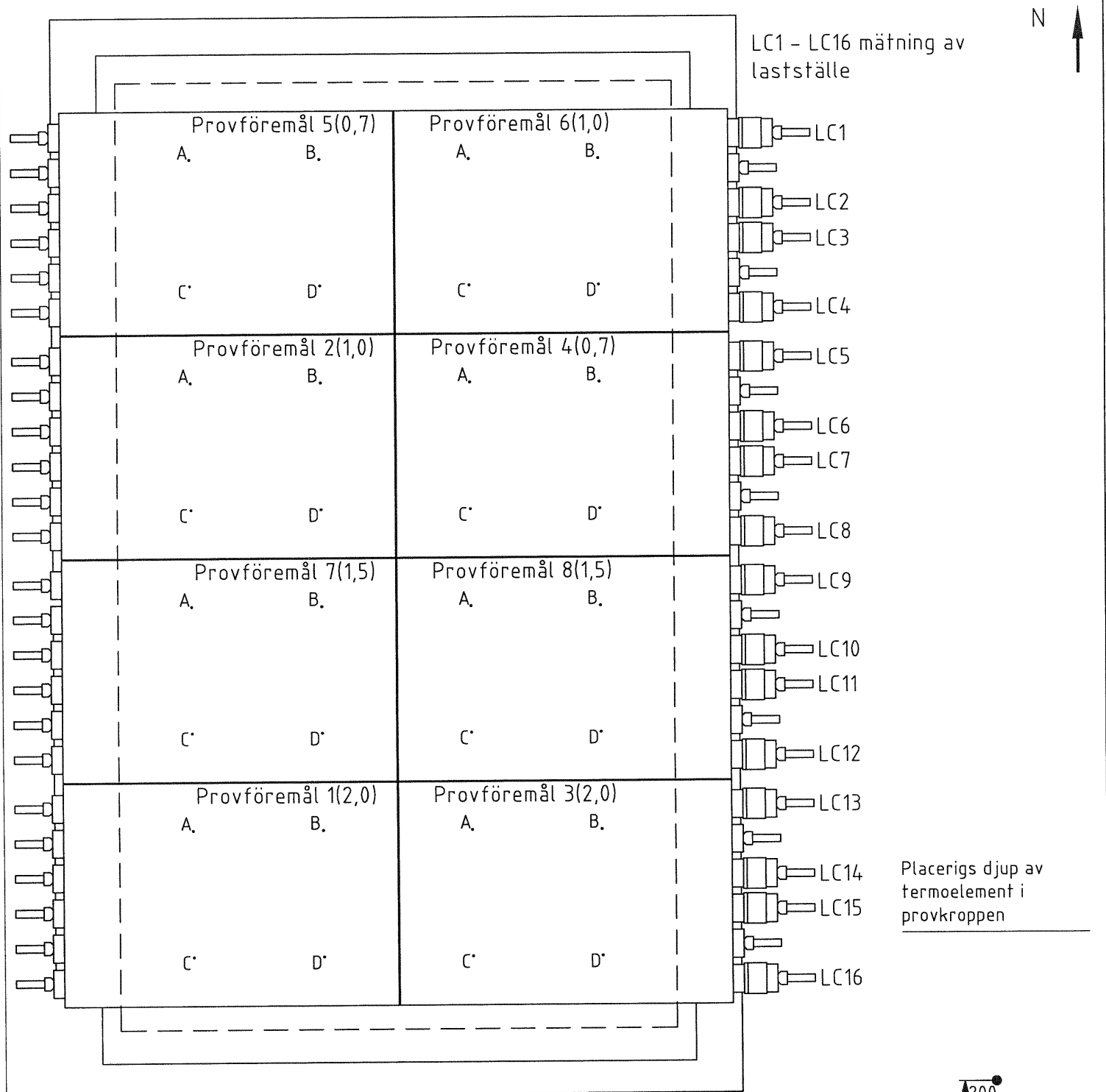


Tryck i ugnen i relation till omgivande tryck i laboratoriet

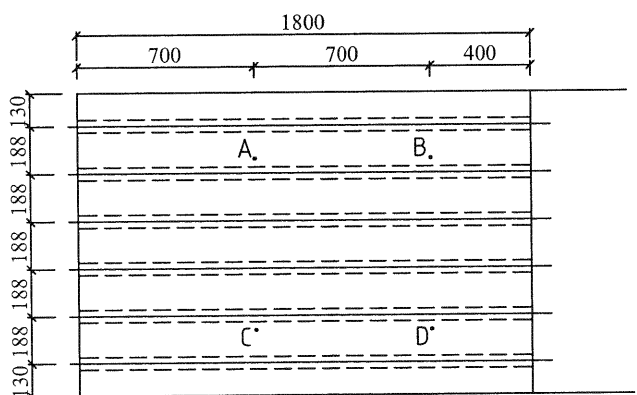


Omgivande temperatur i laboratoriet

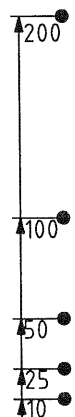
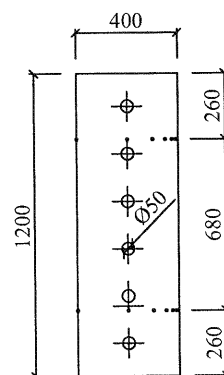




Placerigs djup av termoelement i provkroppen

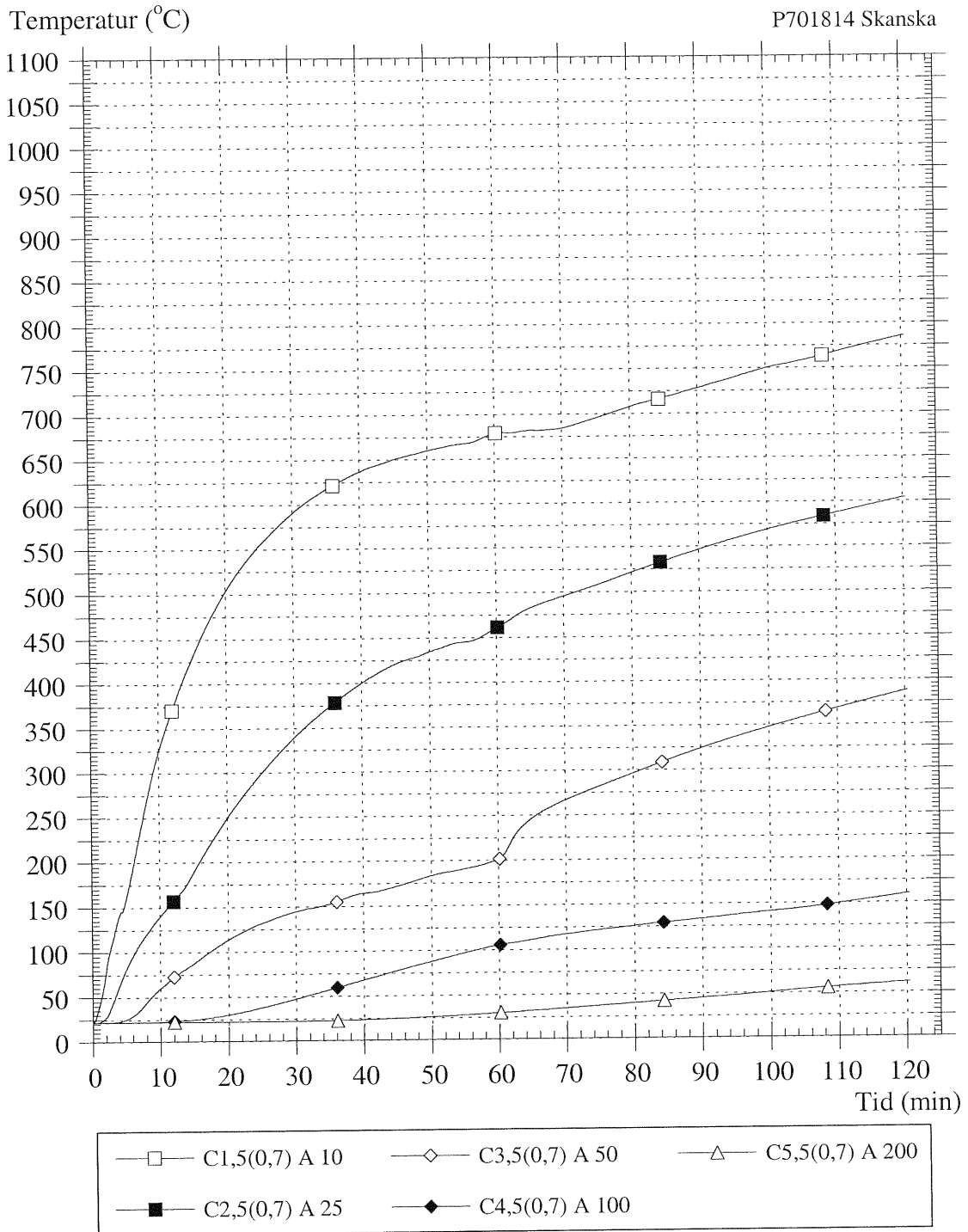


Provföremålsöte

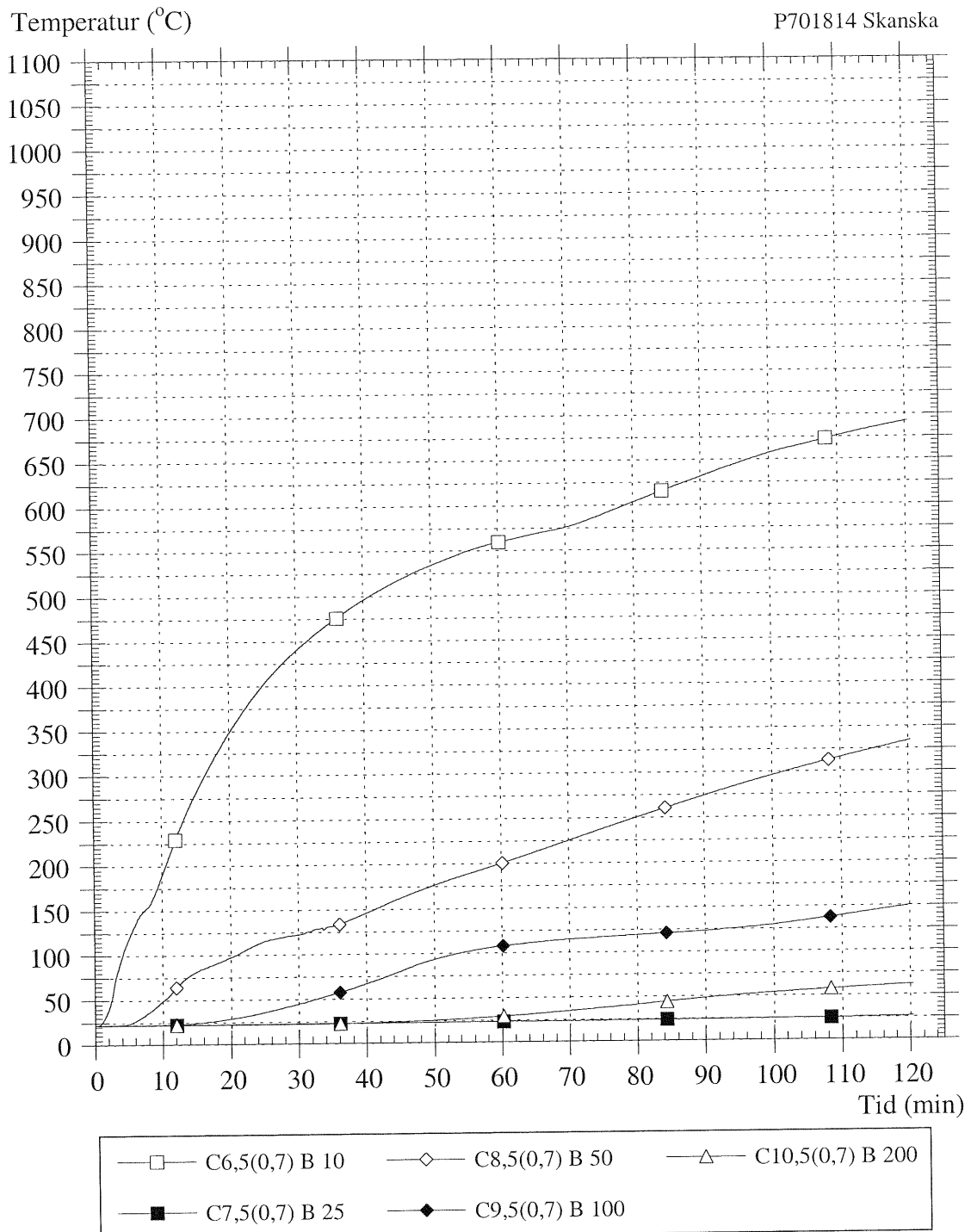


Eld sida

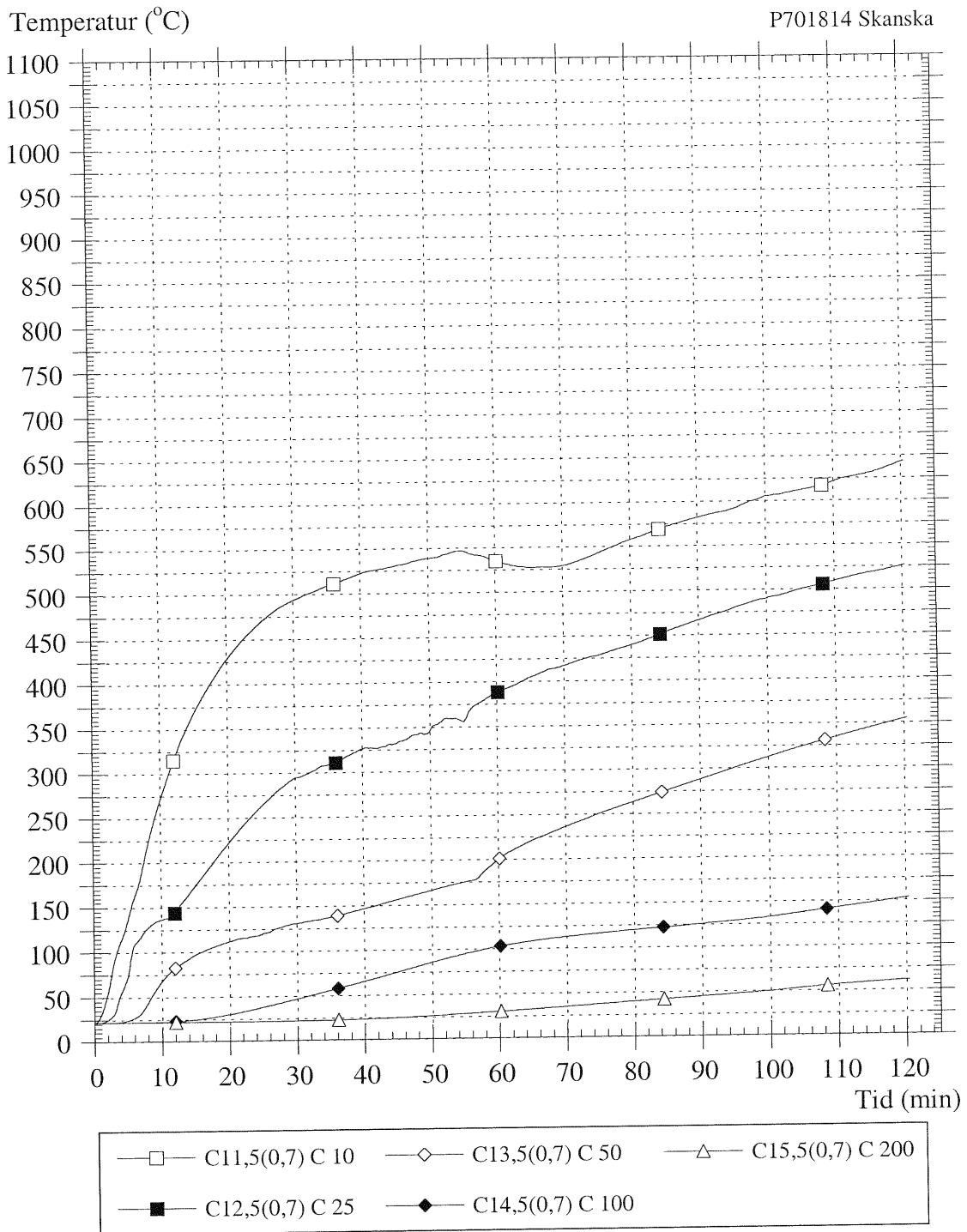
Provföremålets temperatur 5(0,7) position A



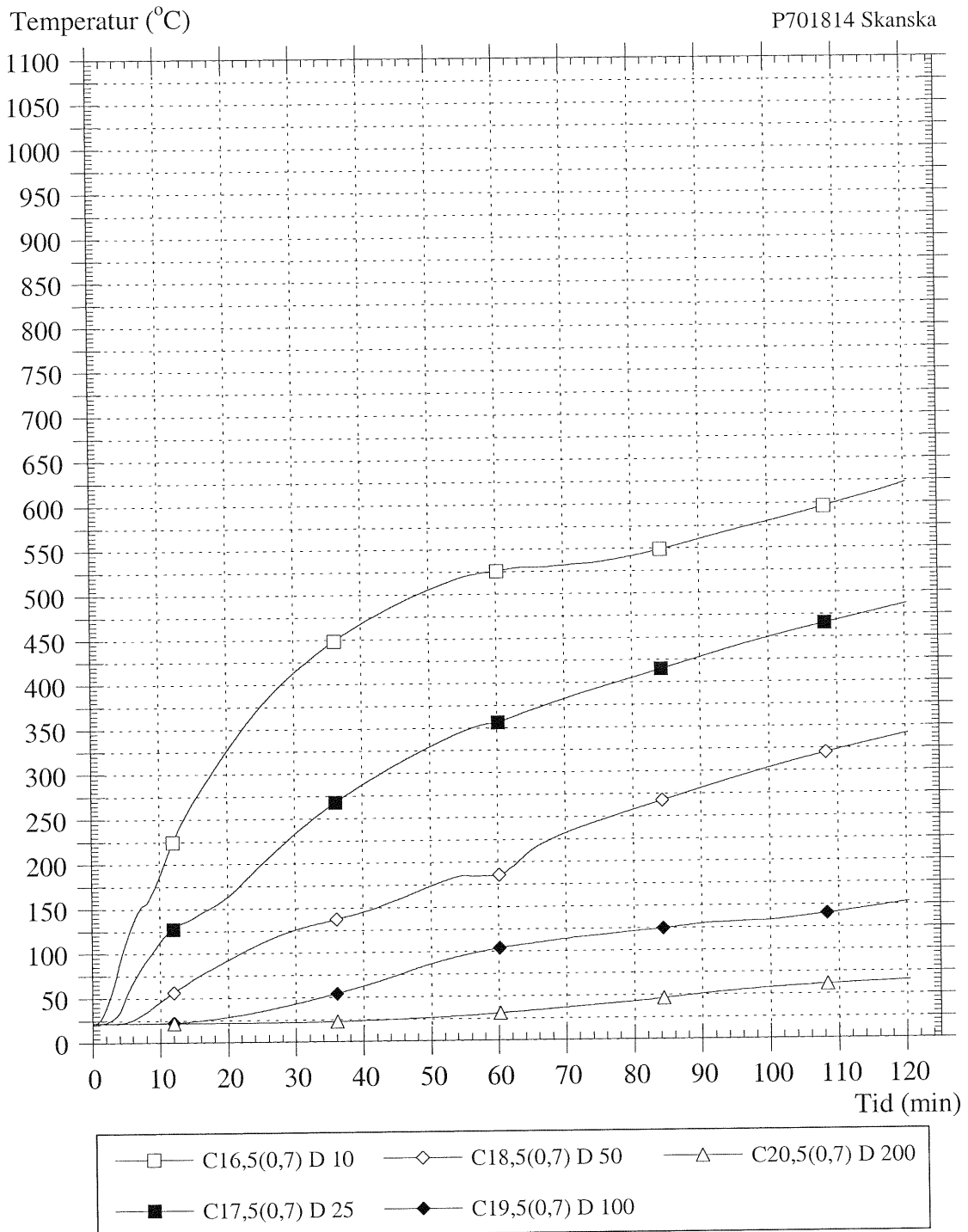
Provföremålets temperatur 5(0,7) position B



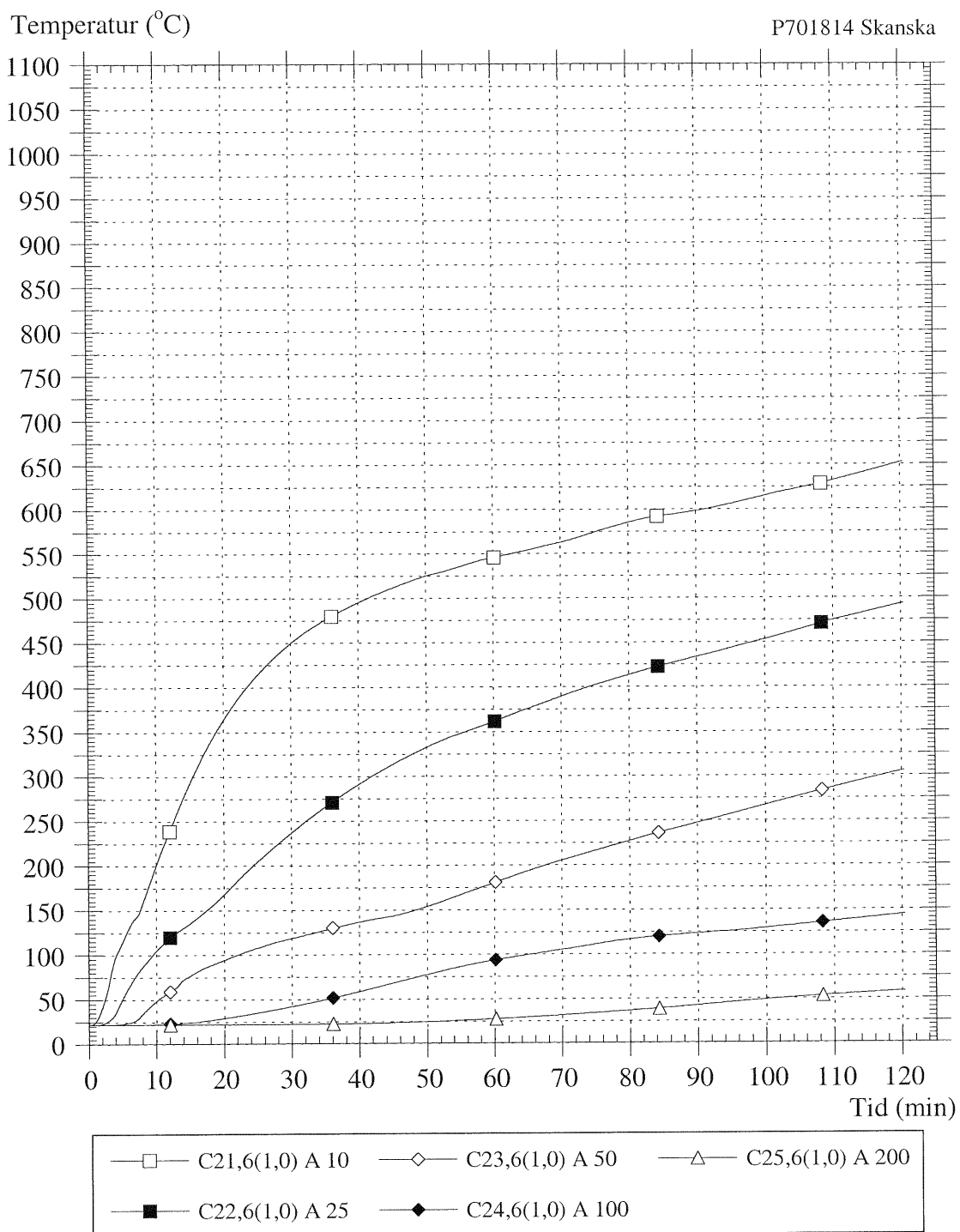
Provföremålets temperatur 5(0,7) position C



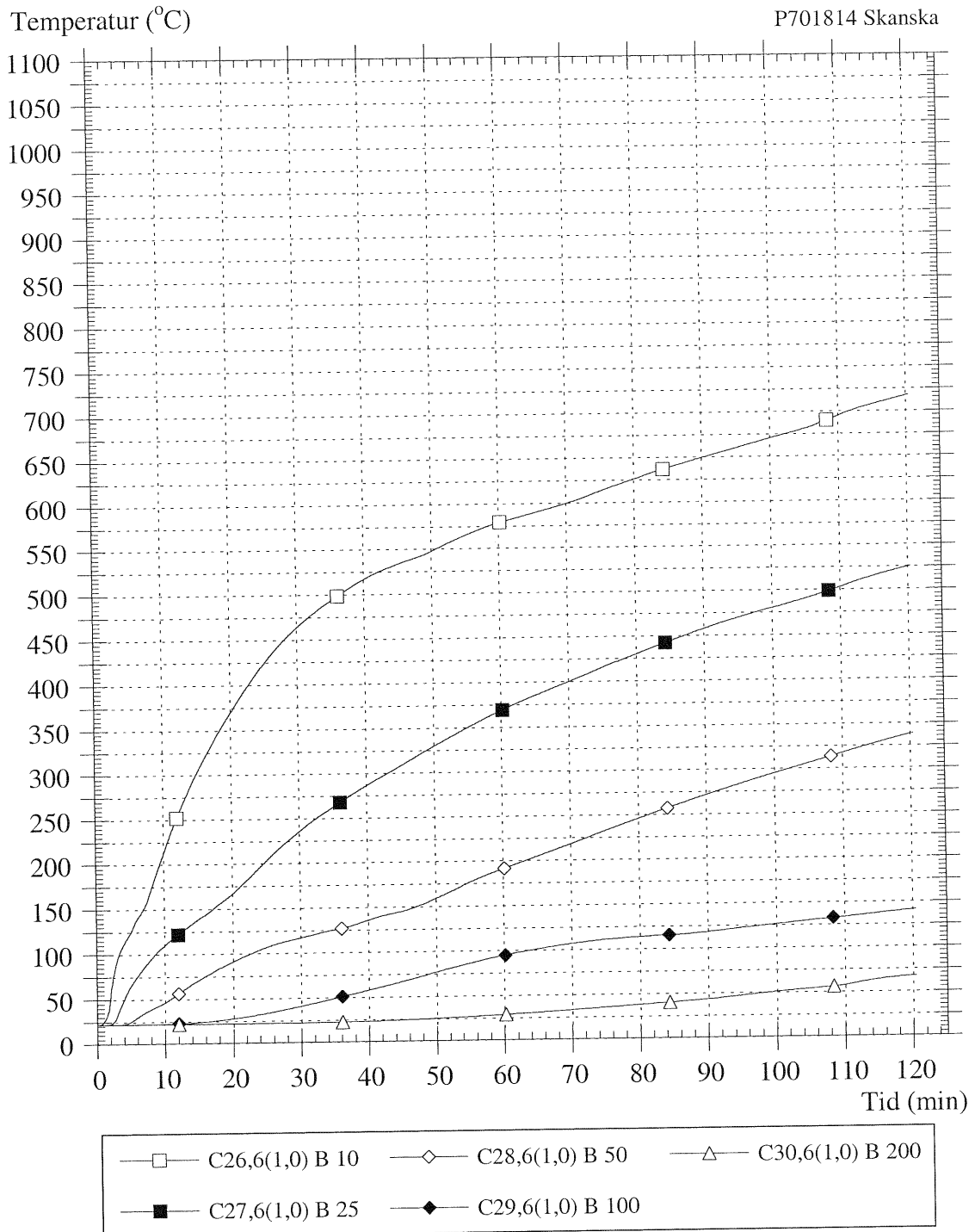
Provföremålets temperatur 5(0,7) position D



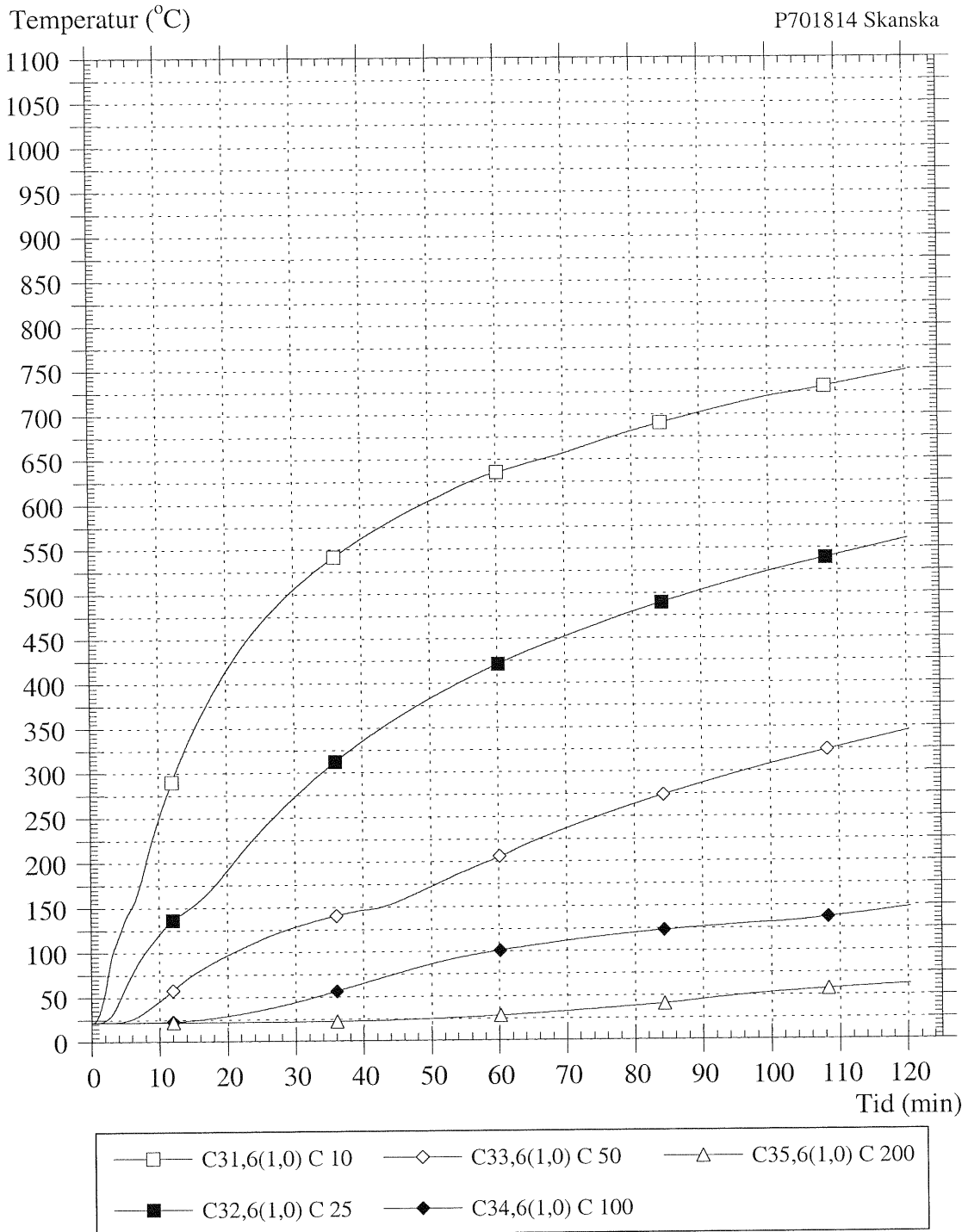
Provföremålets temperatur 6(1,0) position A



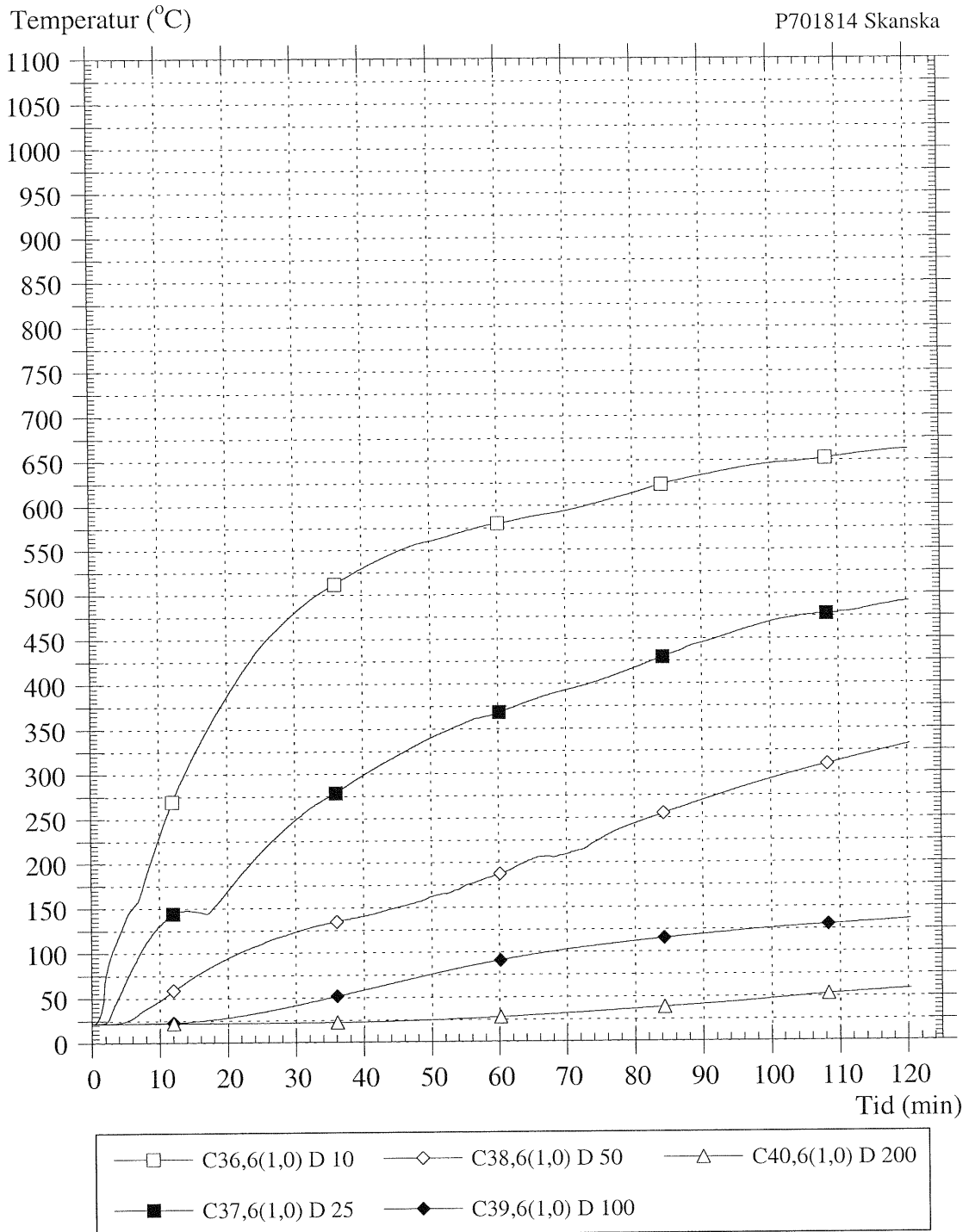
Provföremålets temperatur 6(1,0) position B



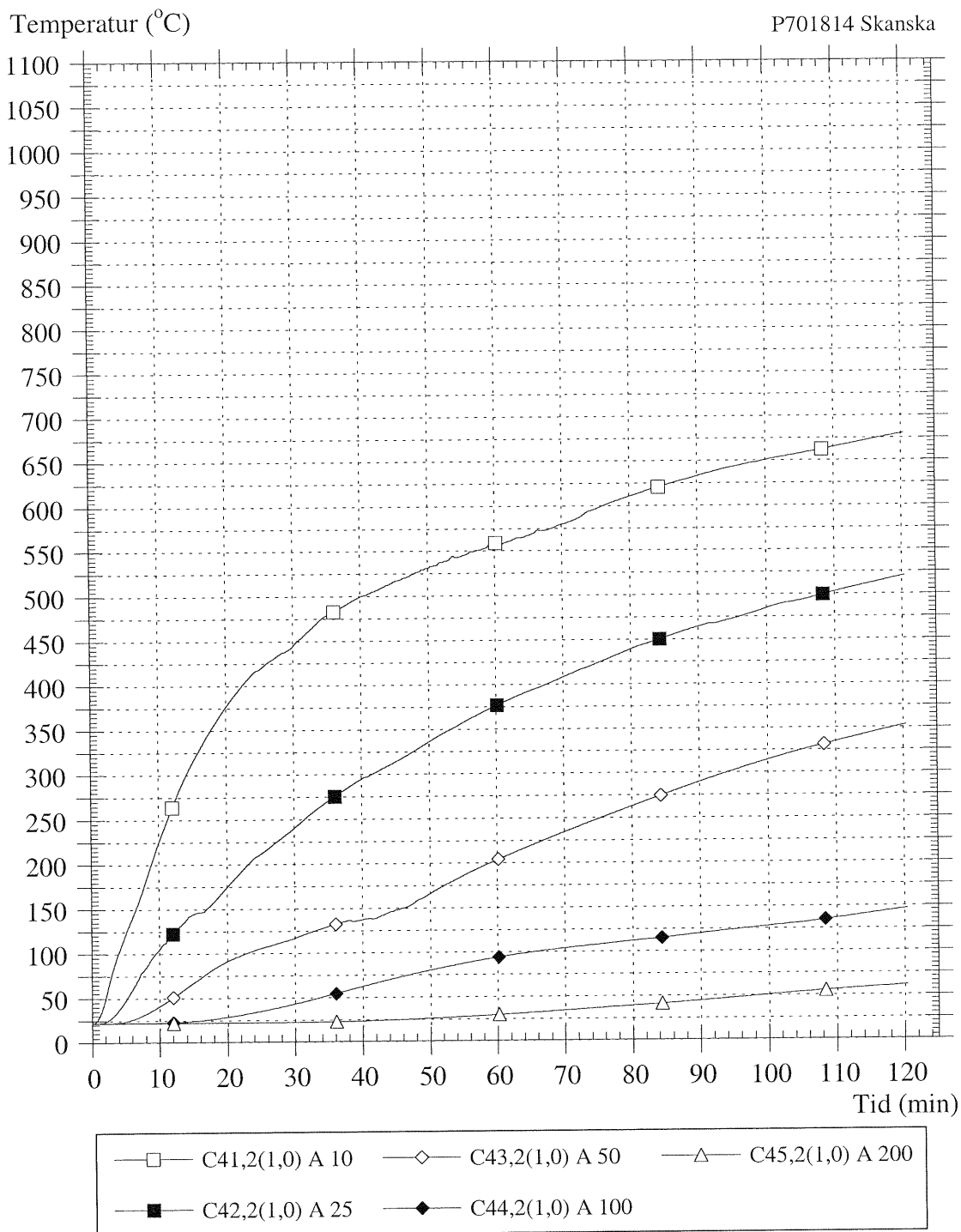
Provföremålets temperatur 6(1,0) position C



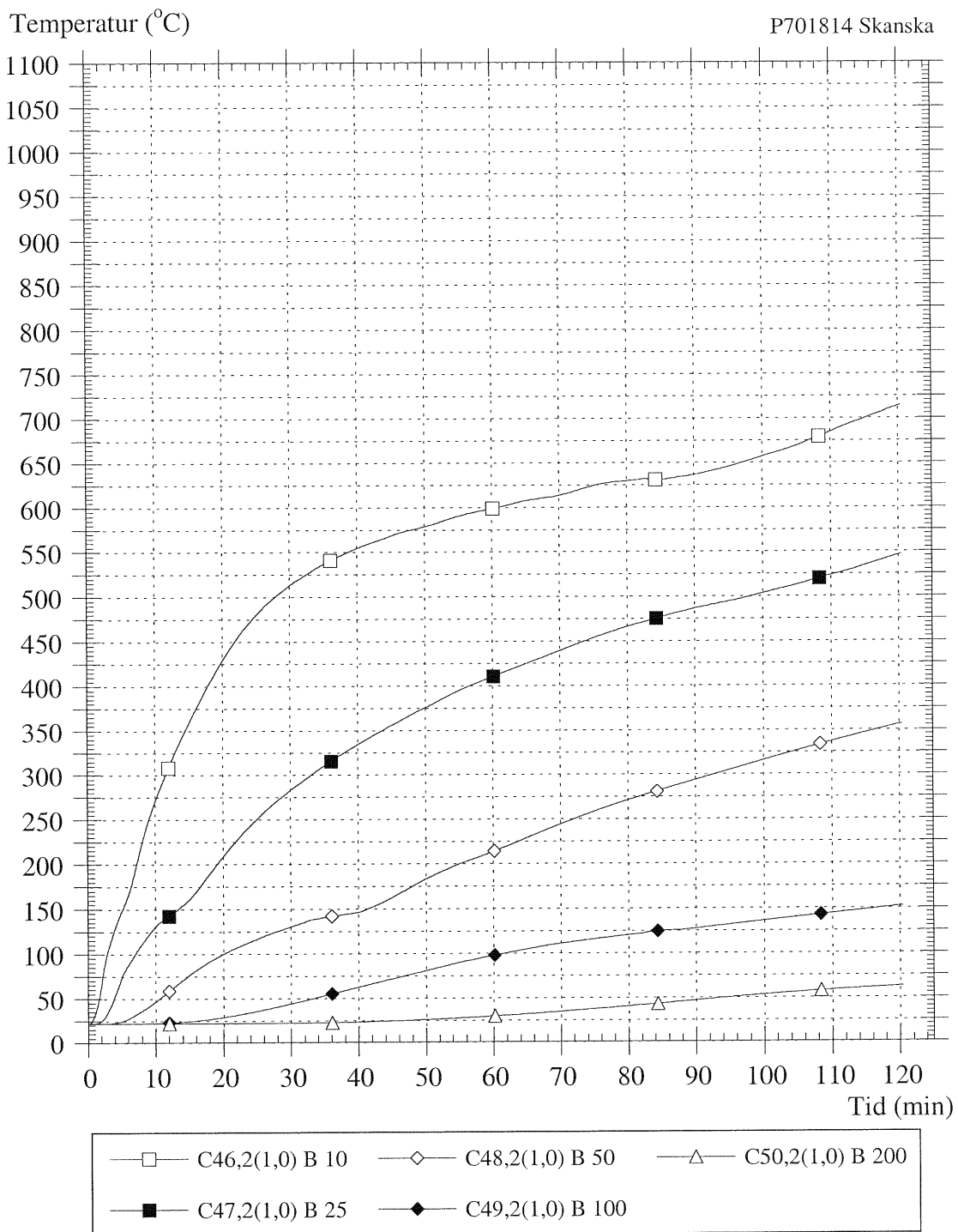
Provföremålets temperatur 6(1,0) position D



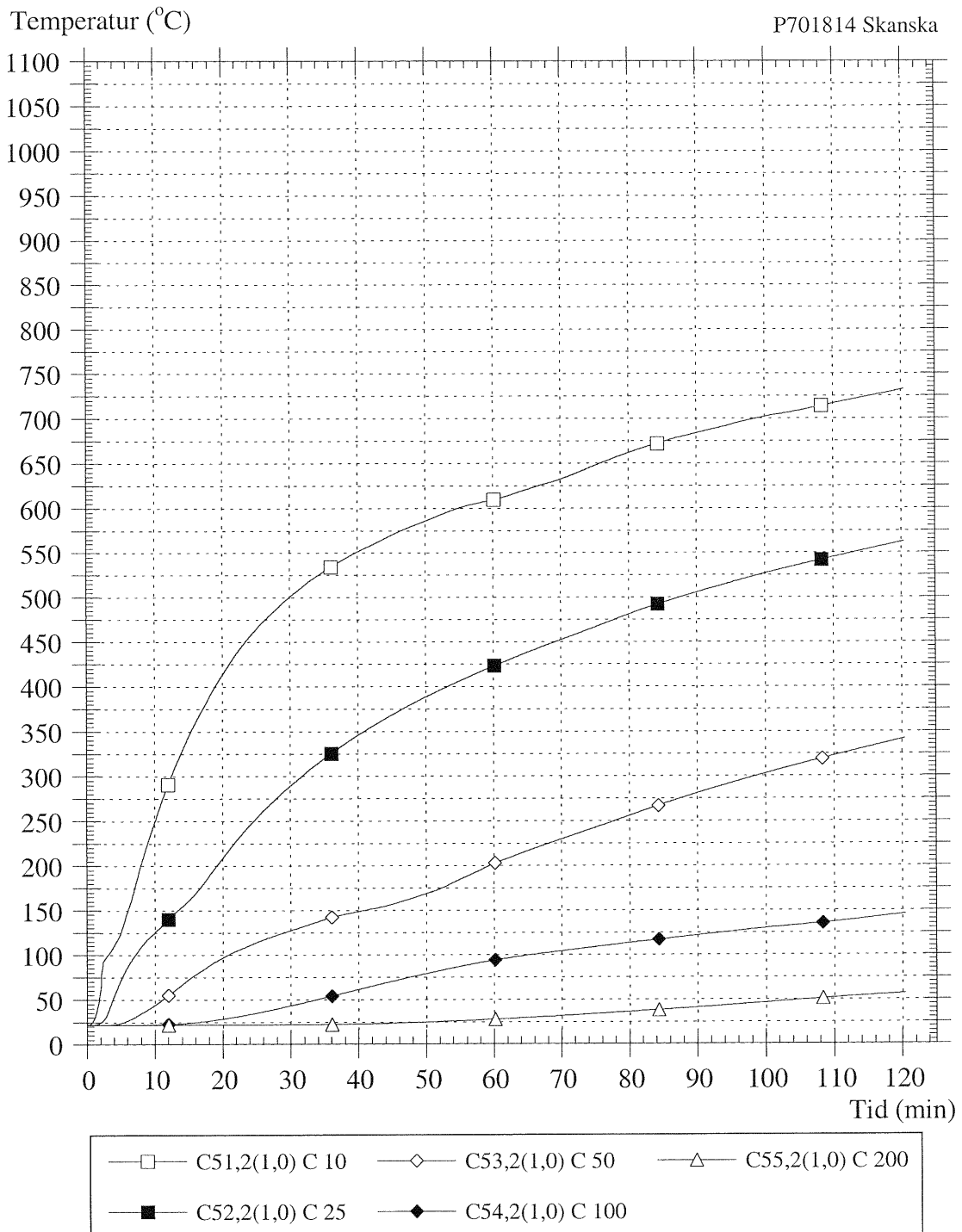
Provföremålets temperatur 2(1,0) position A



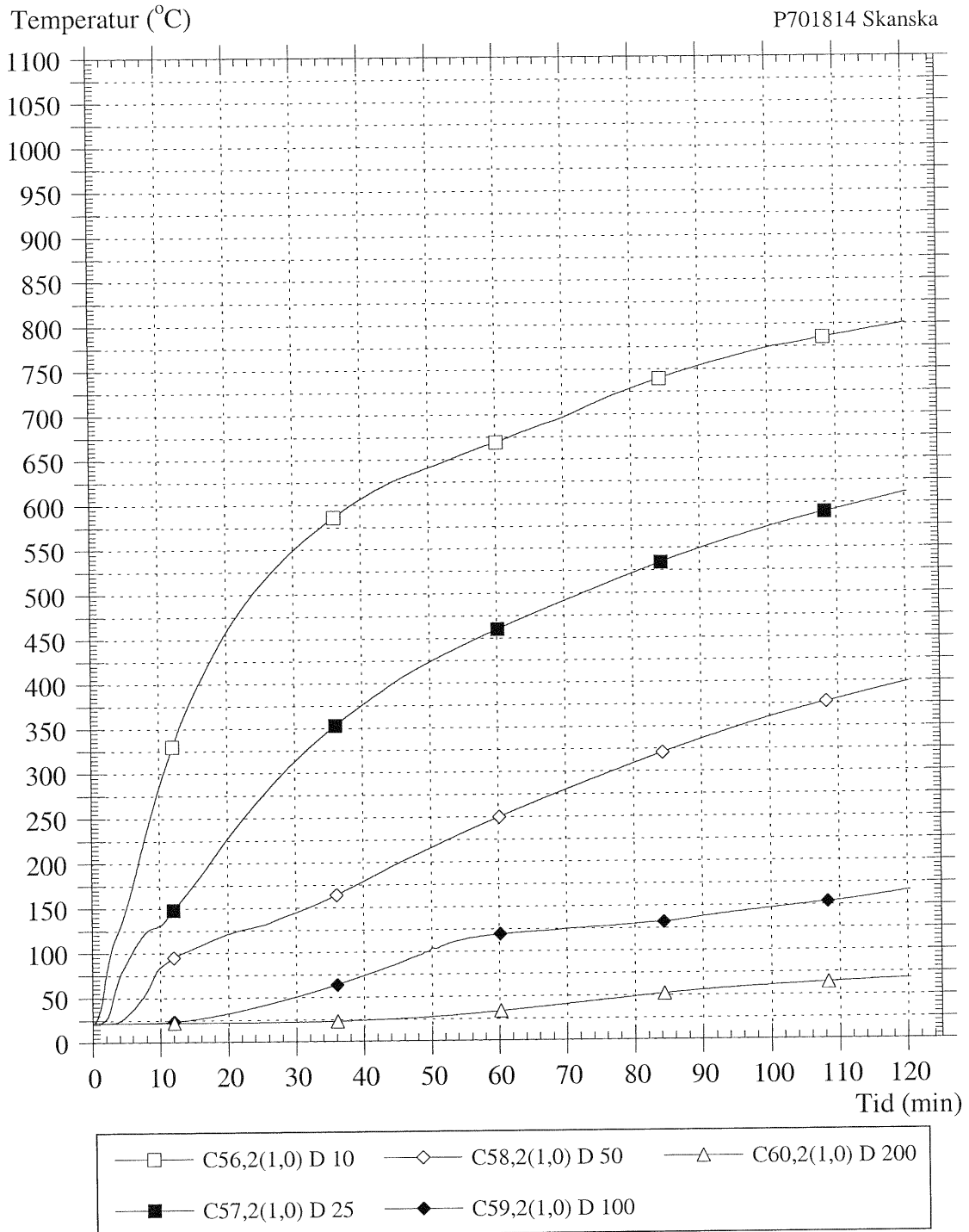
Provföremålets temperatur 2(1,0) position B



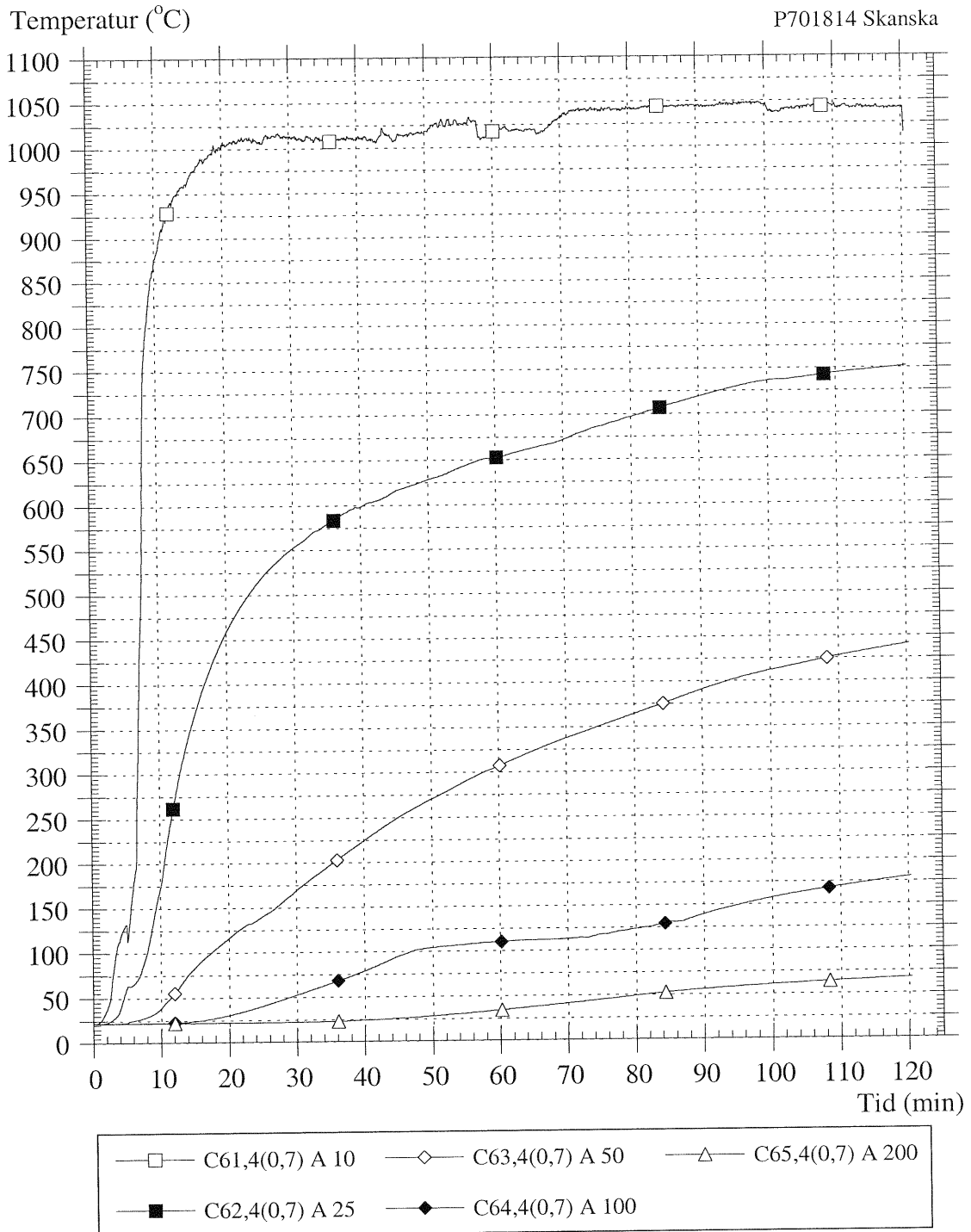
Provföremålets temperatur 2(1,0) position C



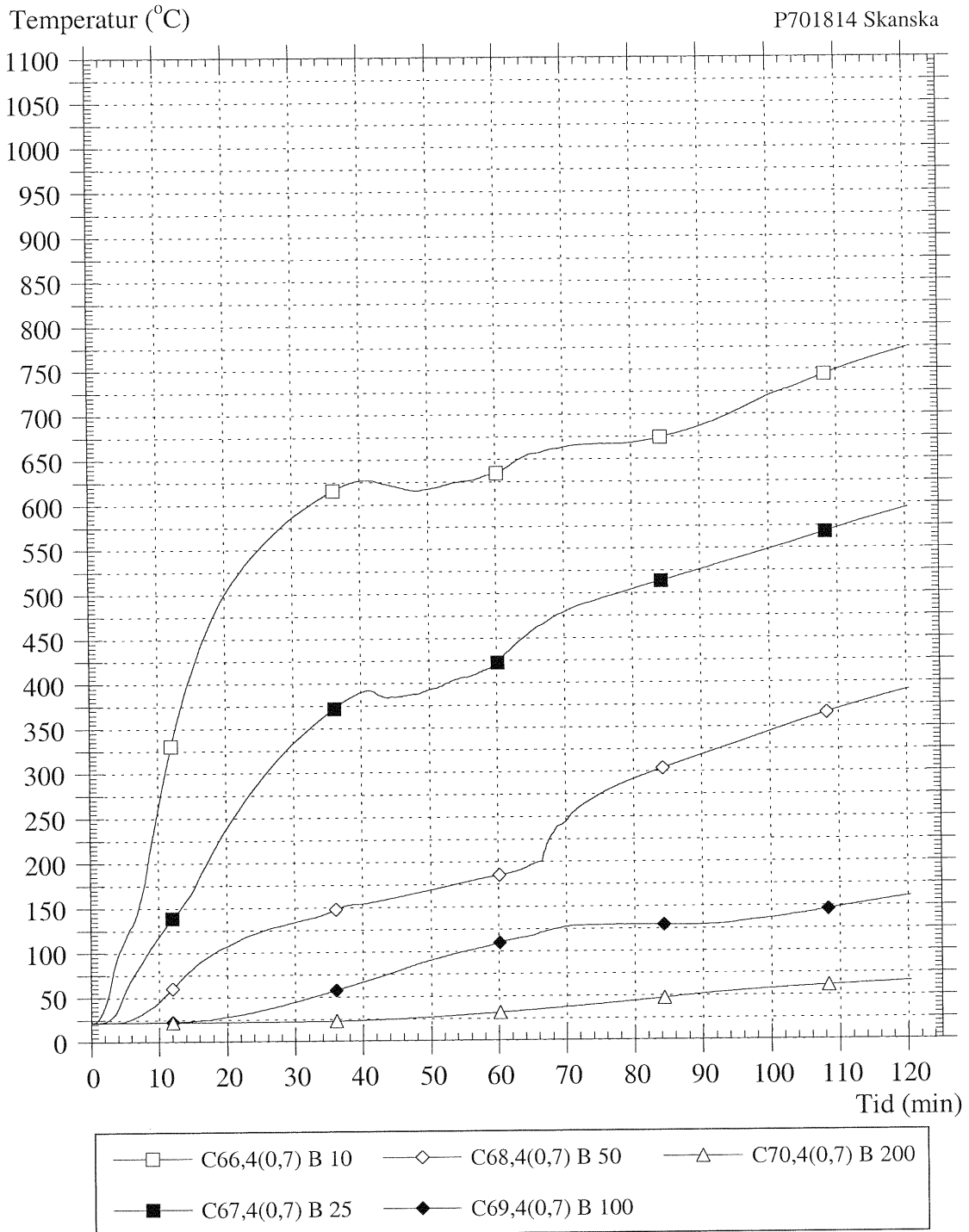
Provföremålets temperatur 2(1,0) position D



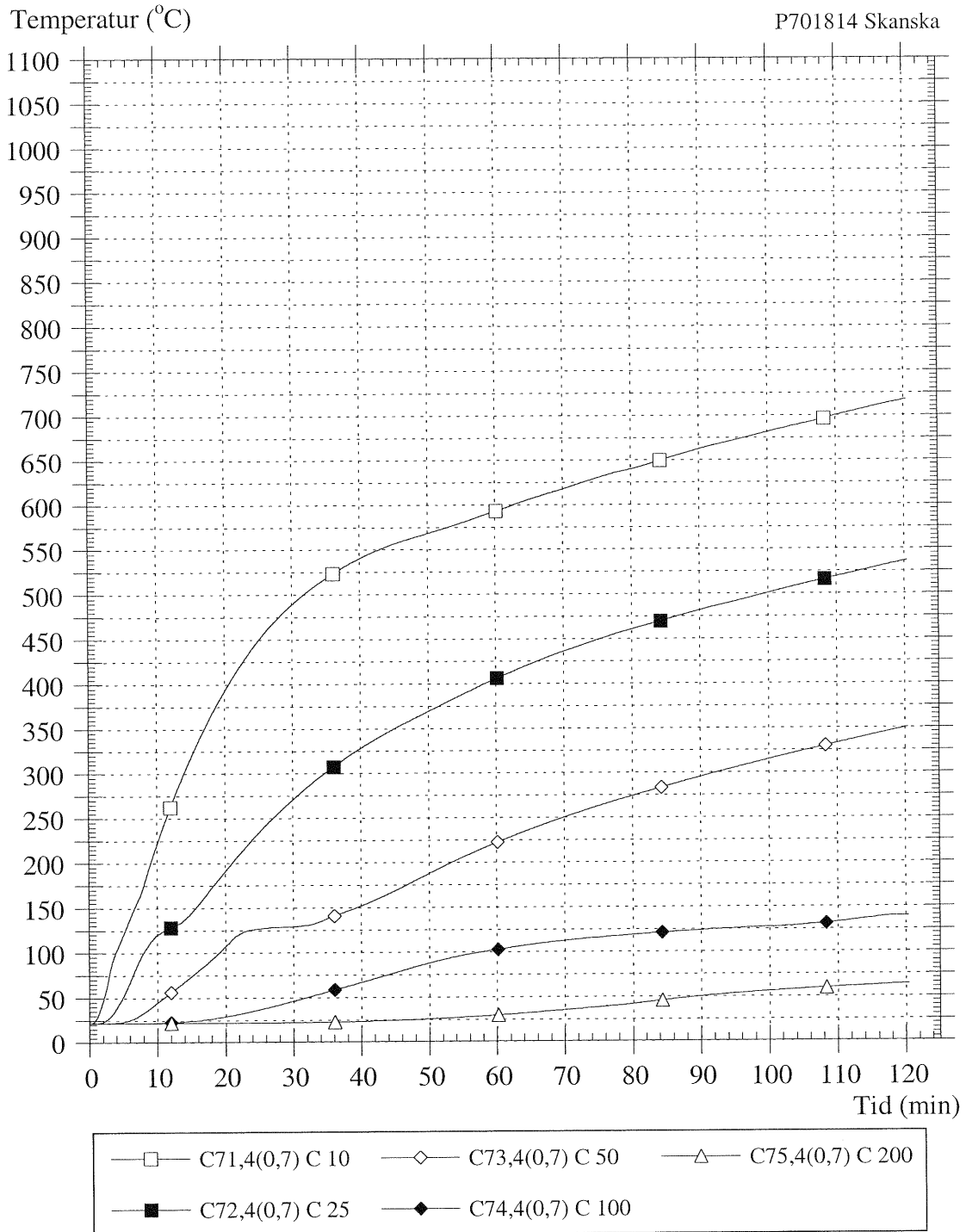
Provföremålets temperatur 4(0,7) position A



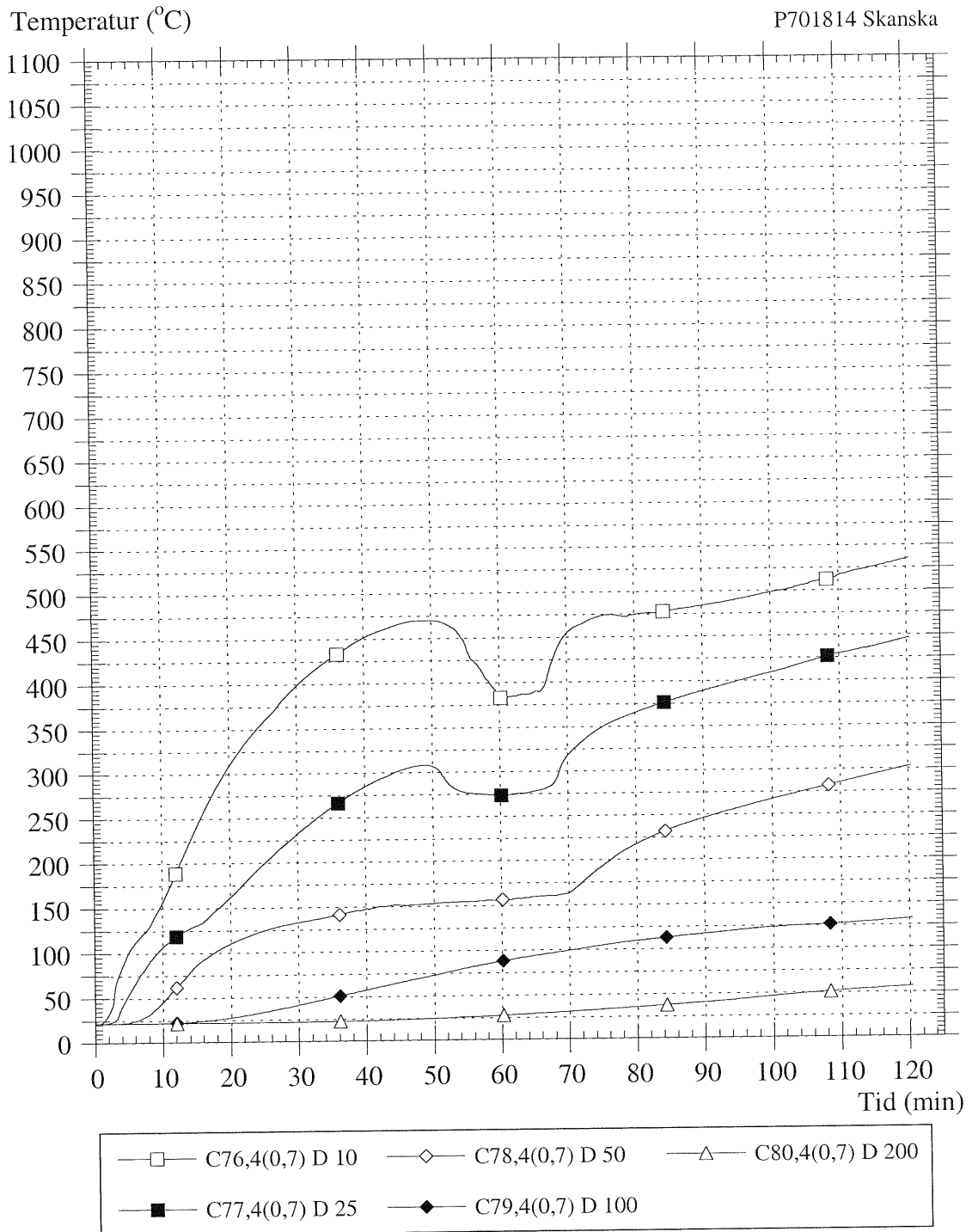
Provföremålets temperatur 4(0,7) position B



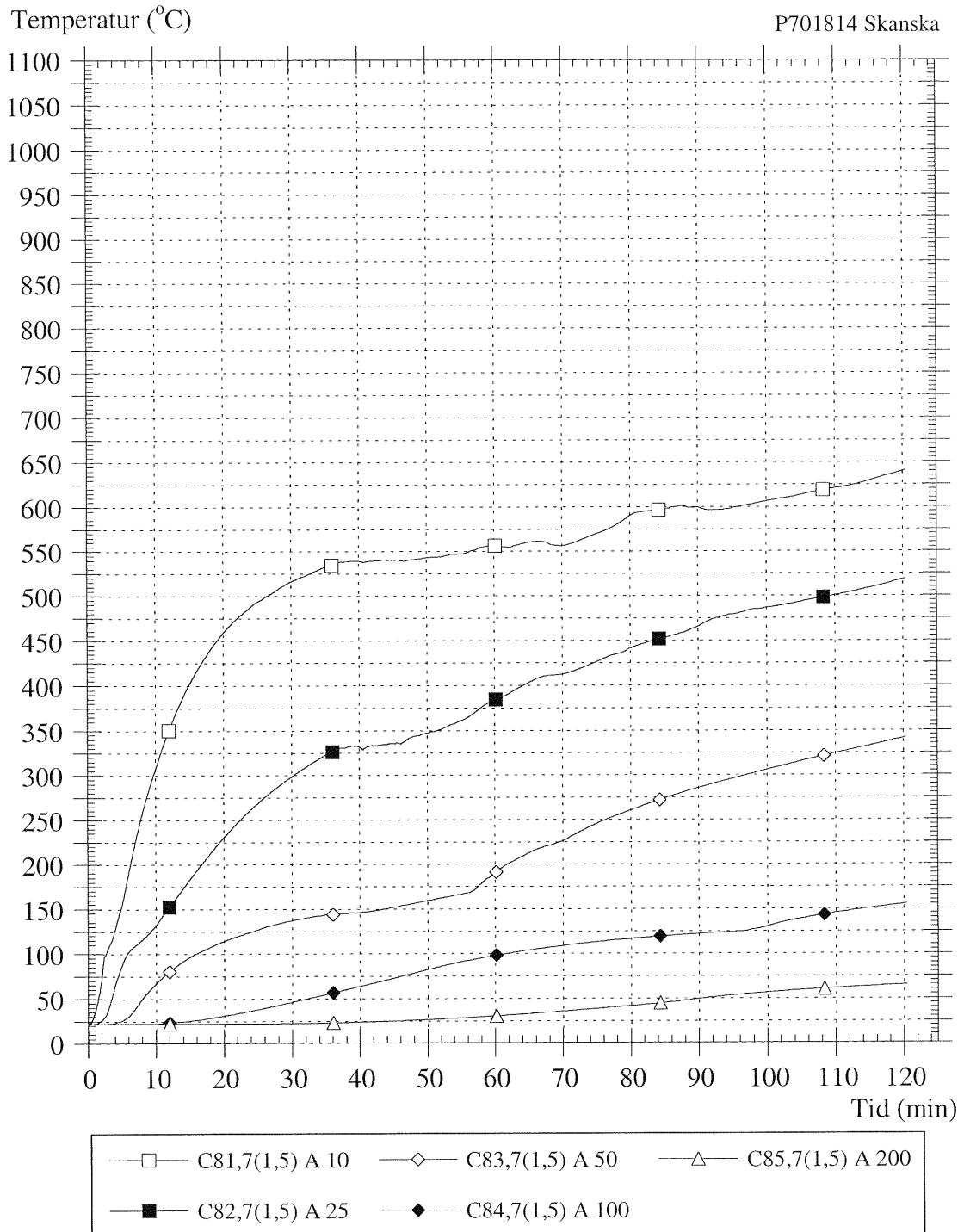
Provföremålets temperatur 4(0,7) position C



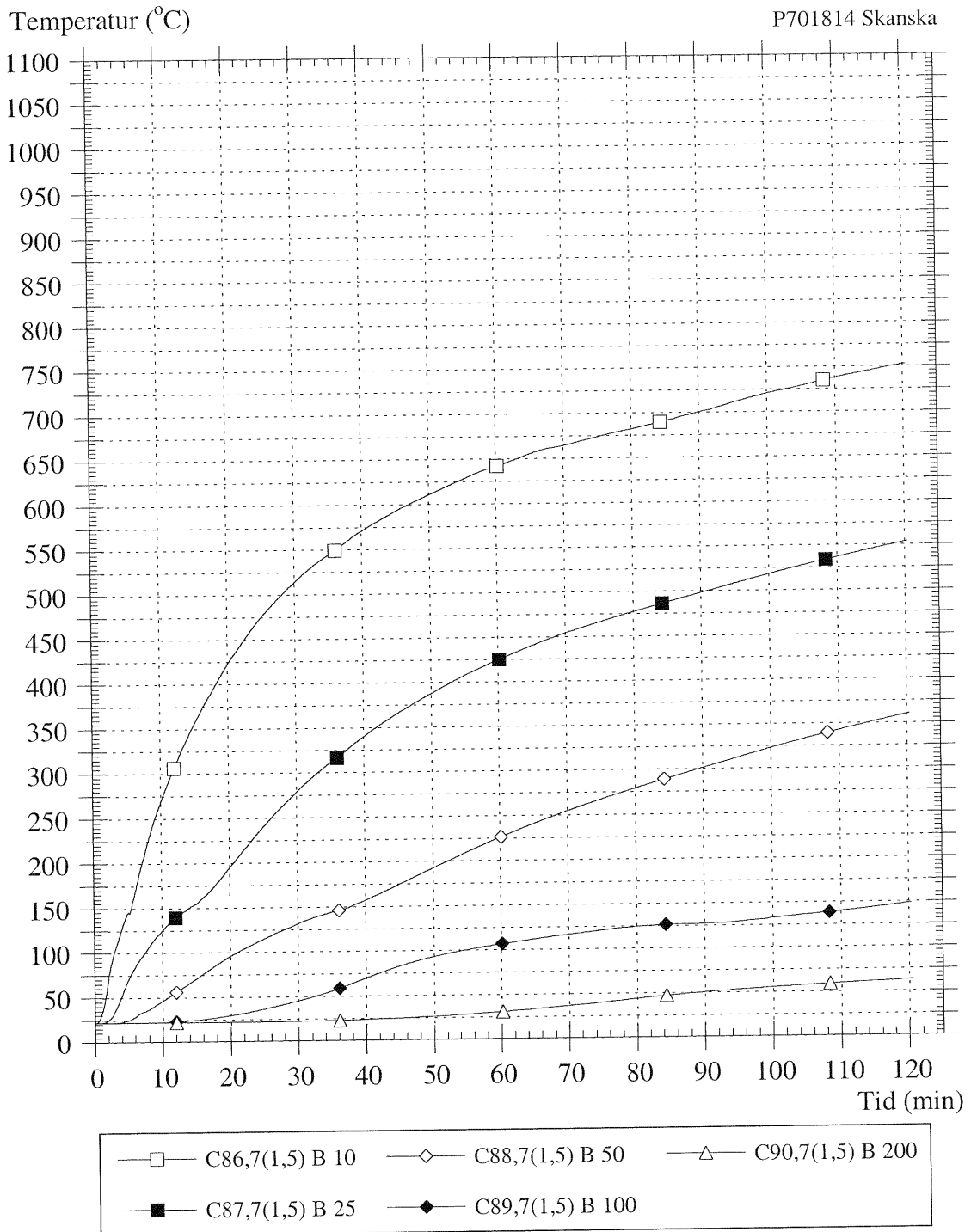
Provföremålets temperatur 4(0,7) position D



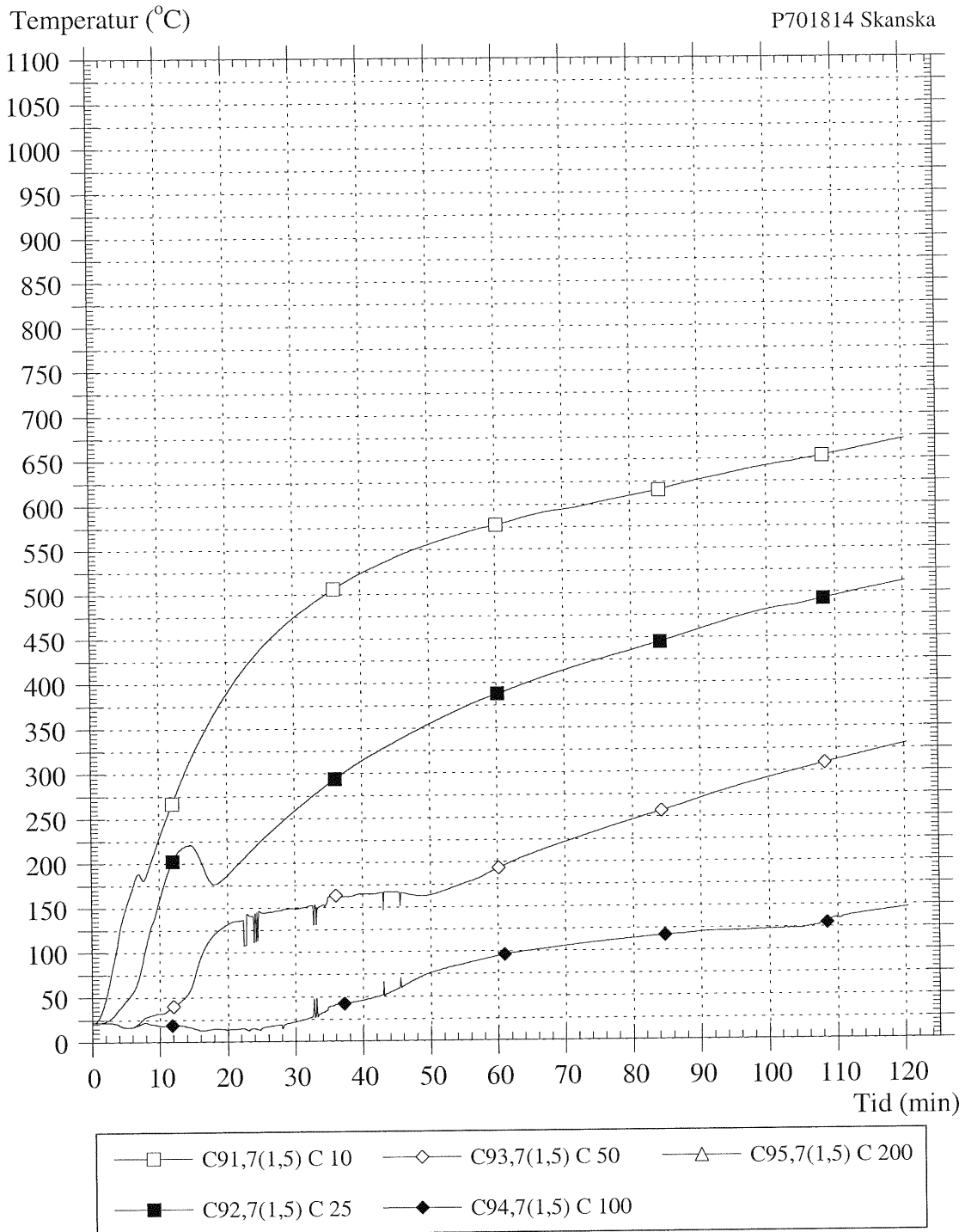
Provföremålets temperatur 7(1,5) position A



Provföremålets temperatur 7(1,5) position B

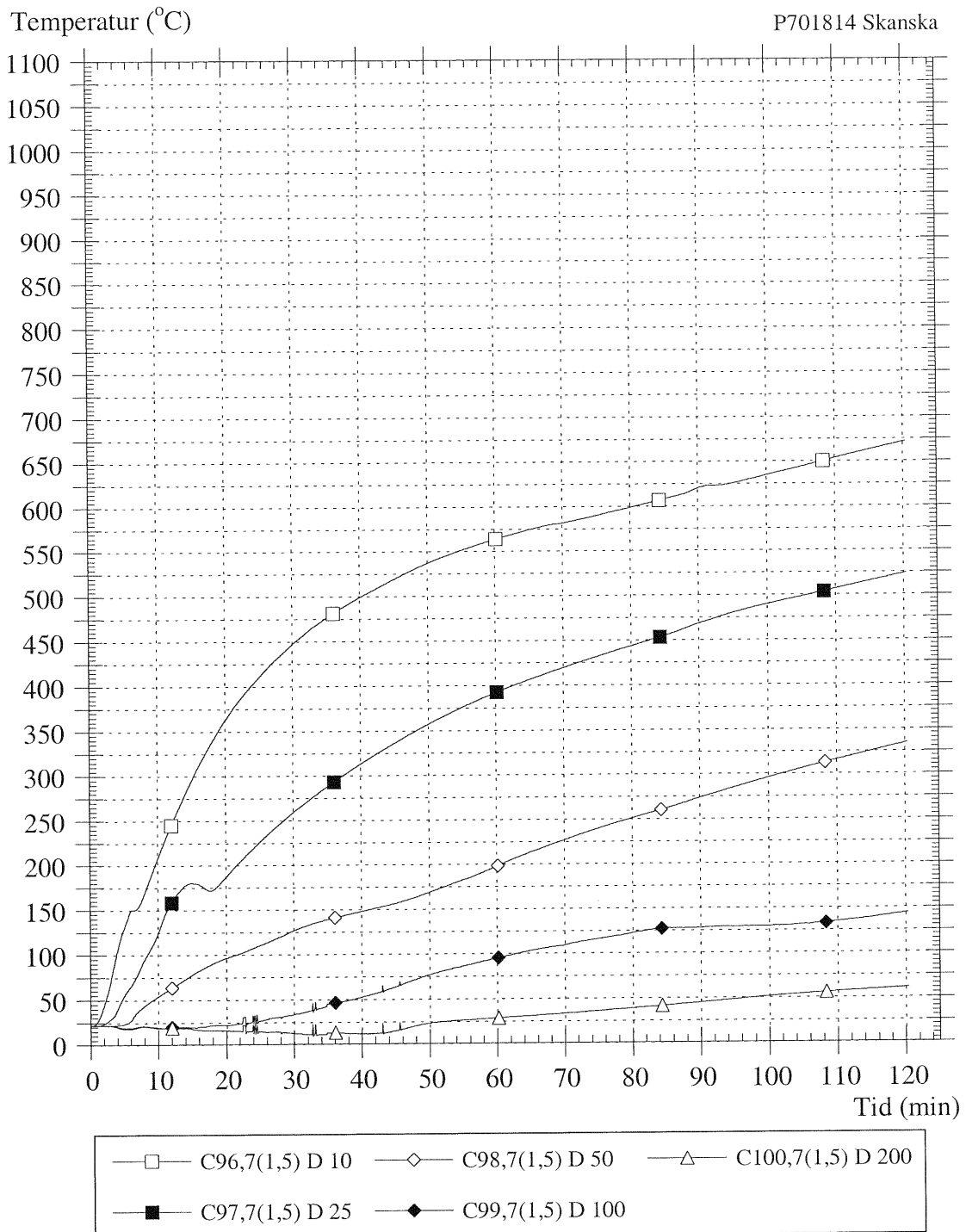


Provföremålets temperatur 7(1,5) position C

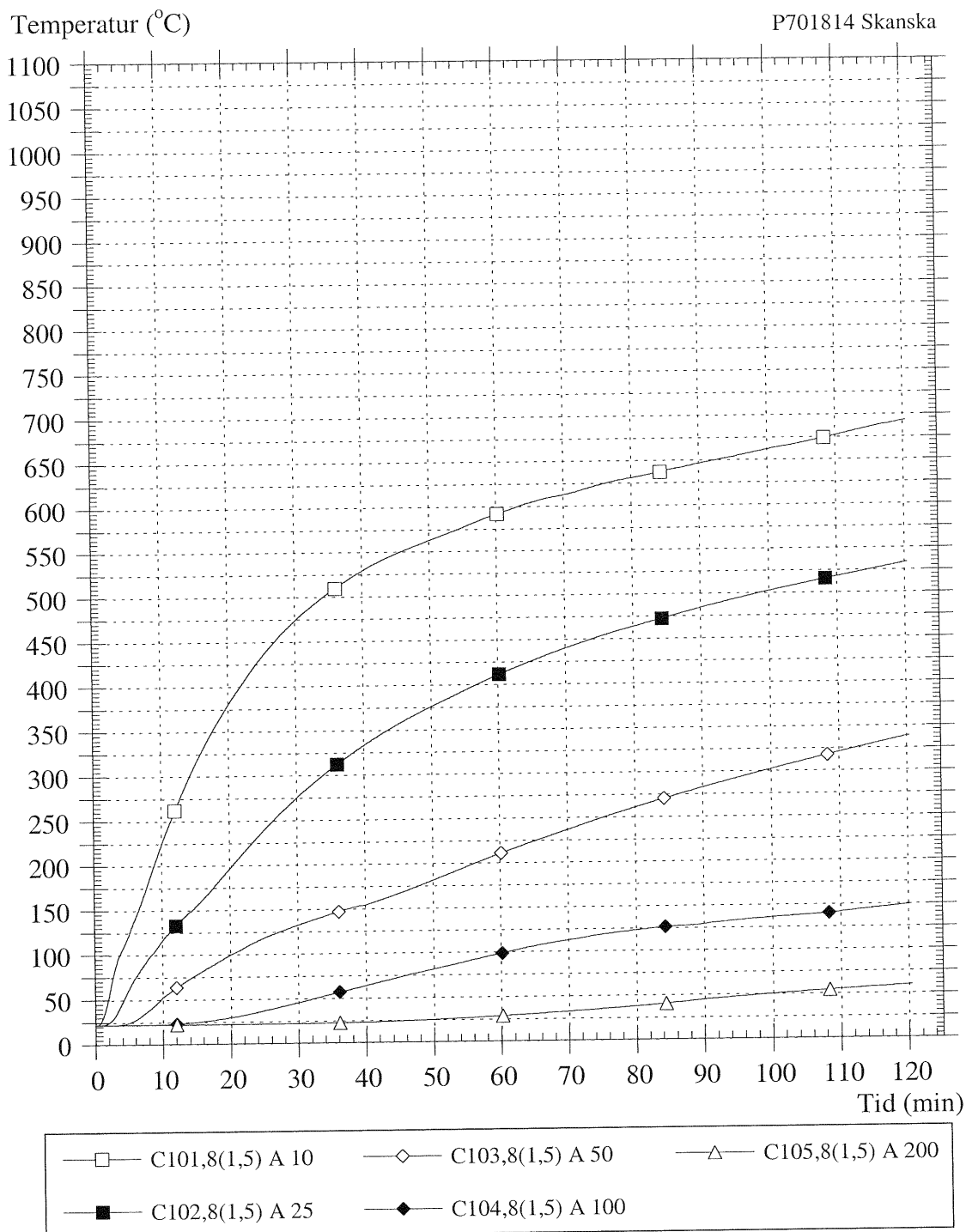


Termoelement C95,7(1,5) C 200 var ur funktion under hela provningen

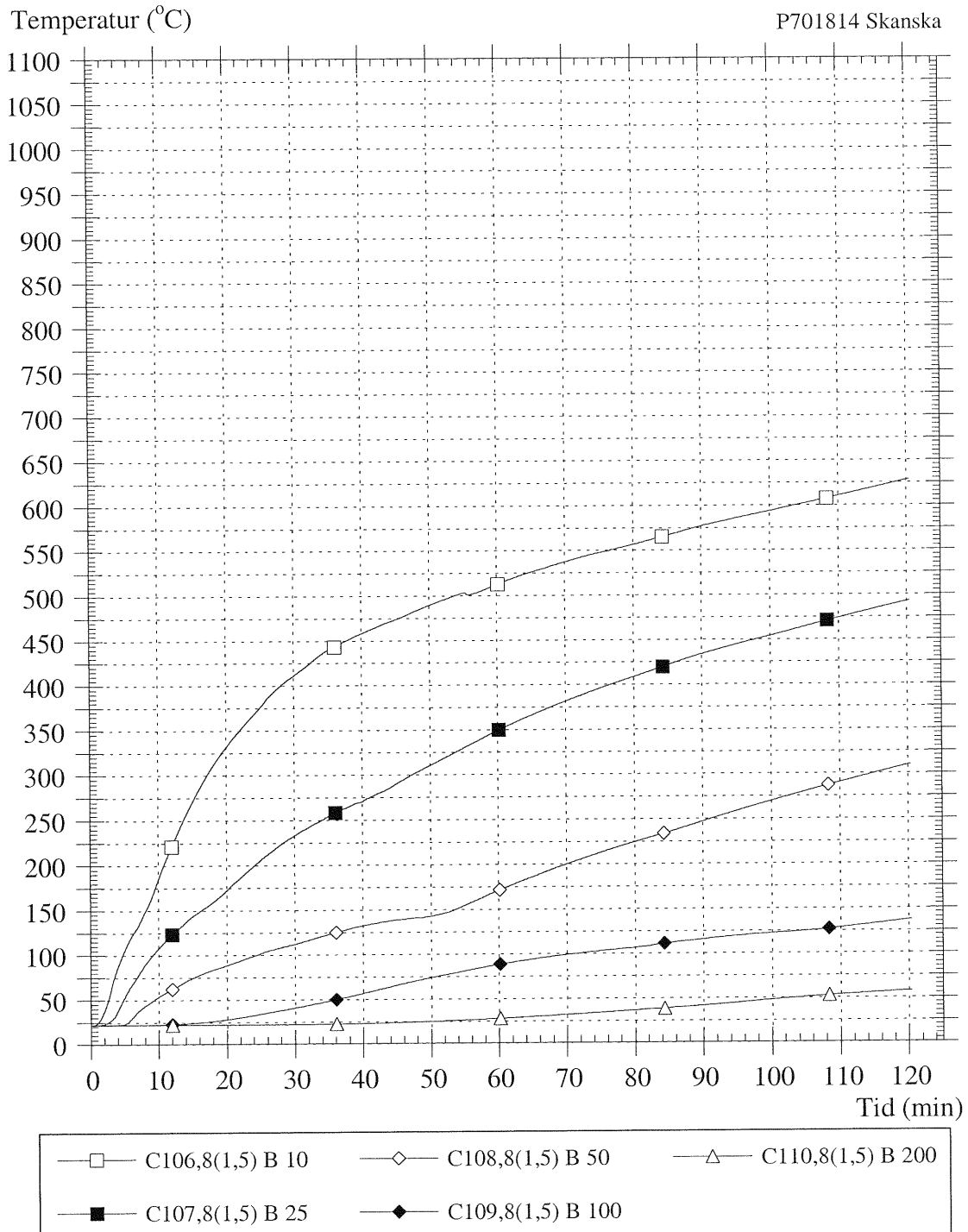
Provföremålets temperatur 7(1,5) position D



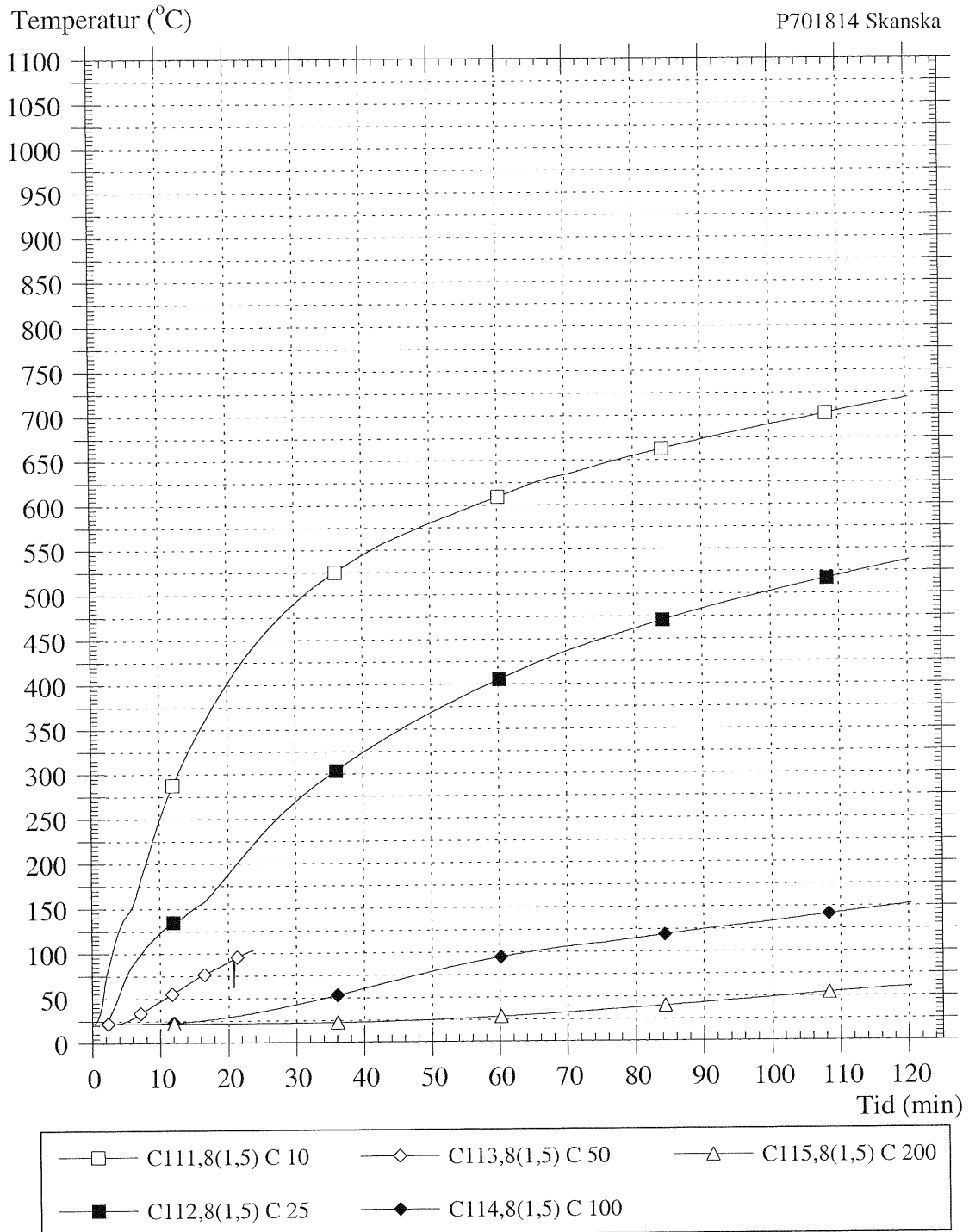
Provföremålets temperatur 8(1,5) position A



Provföremålets temperatur 8(1,5) position B

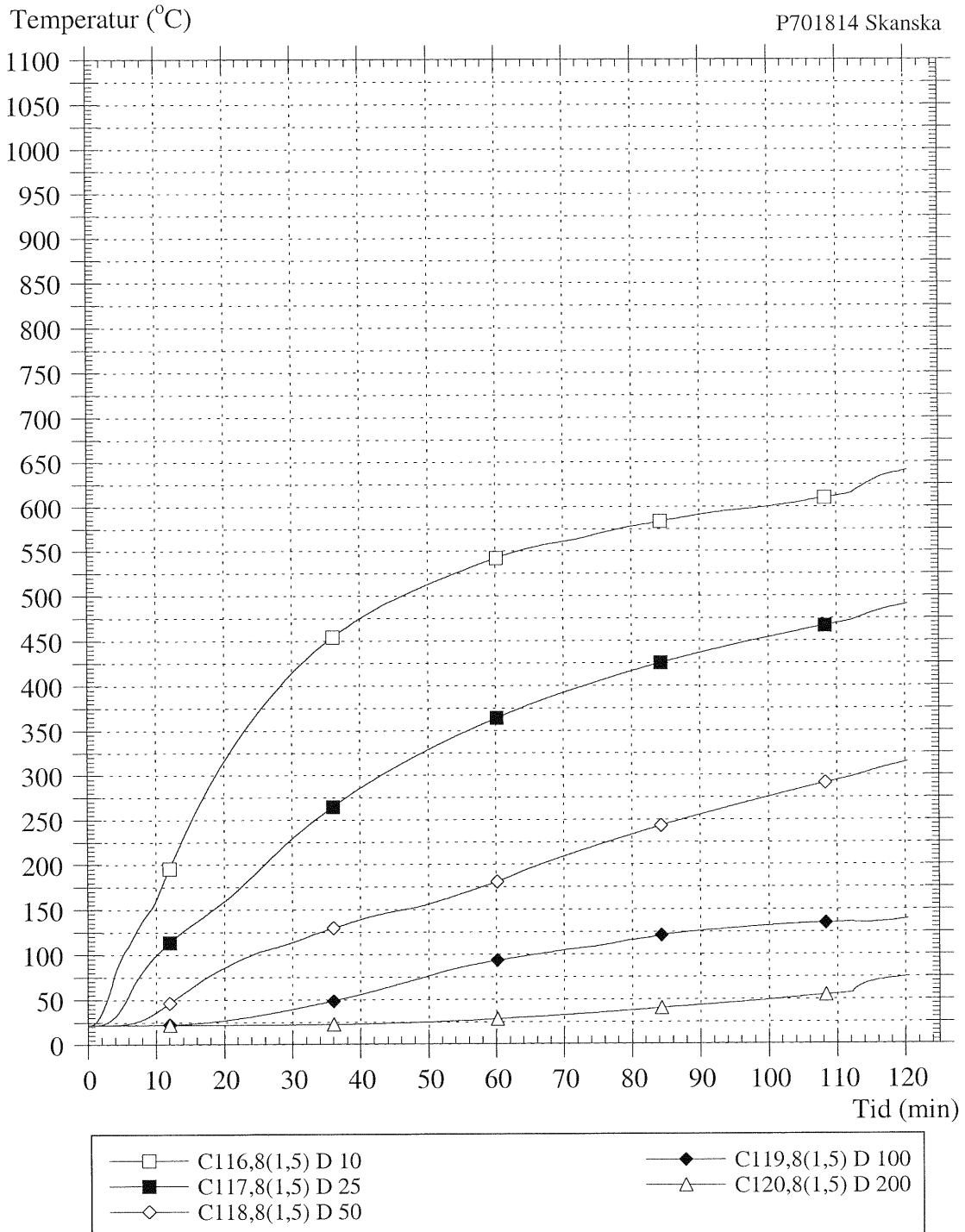


Provföremålets temperatur 8(1,5) position C

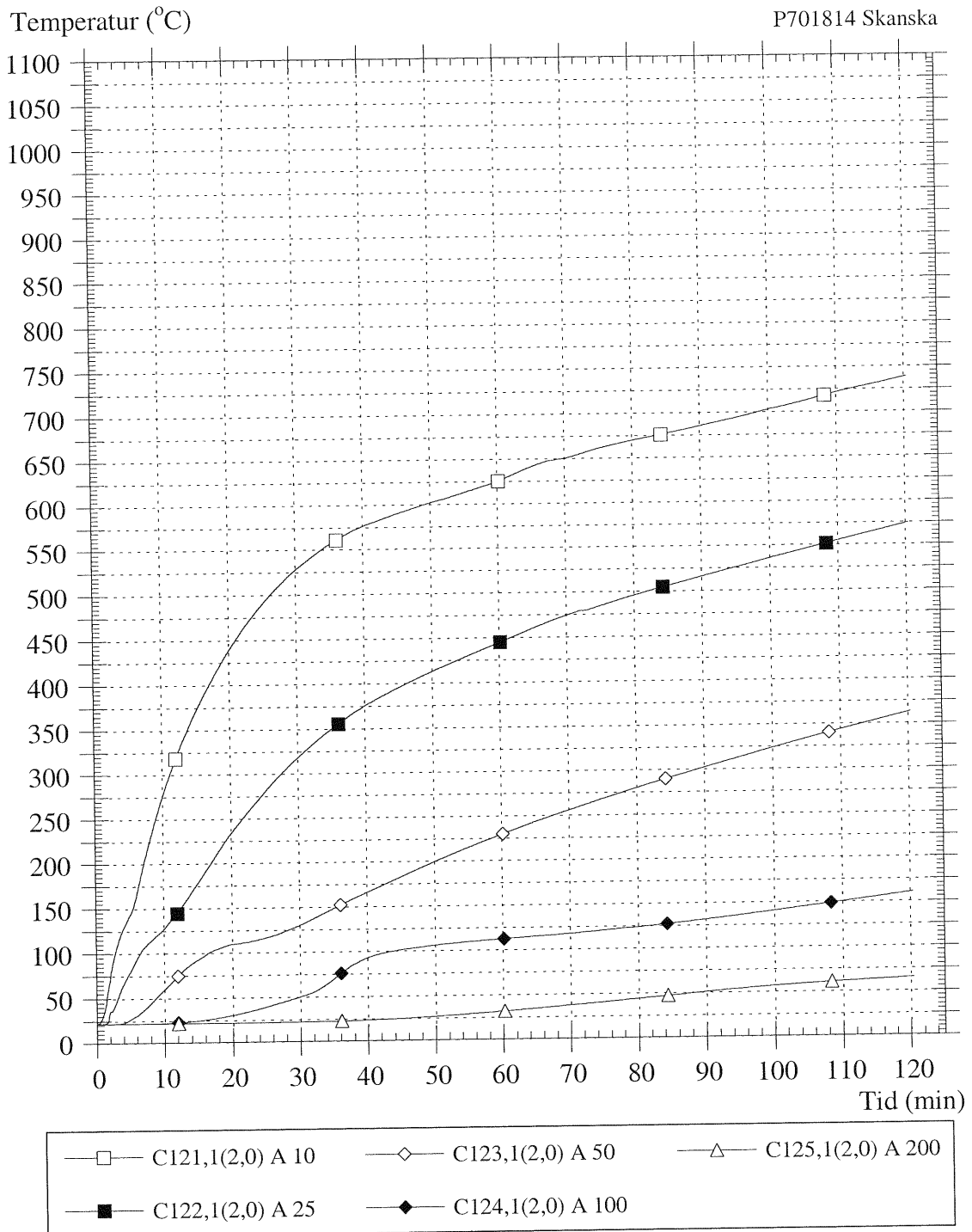


Termoelement C113,8(1,5) C 50 var ur funktion från tiden 23,8 minuter av provningen

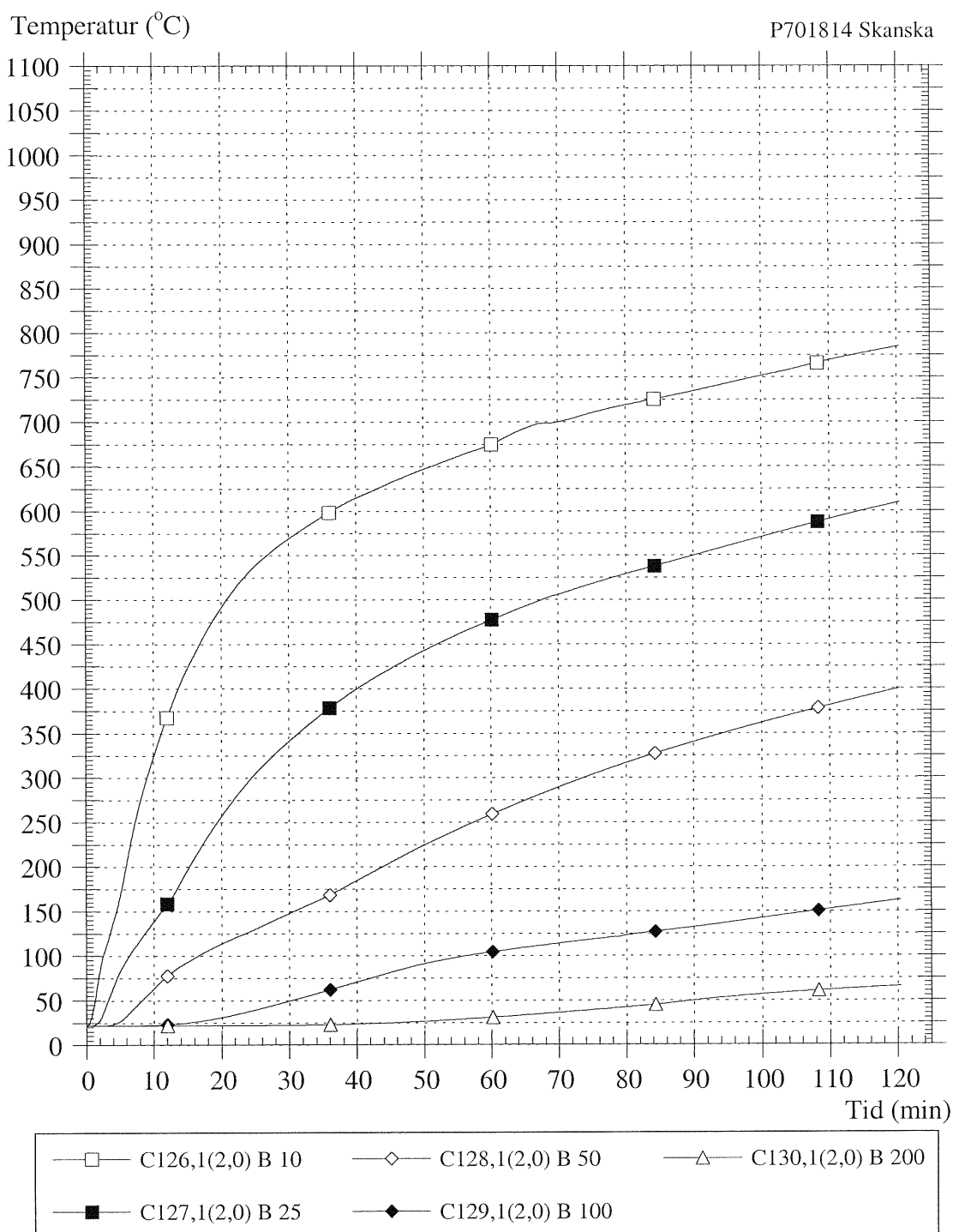
Provföremålets temperatur 8(1,5) position D



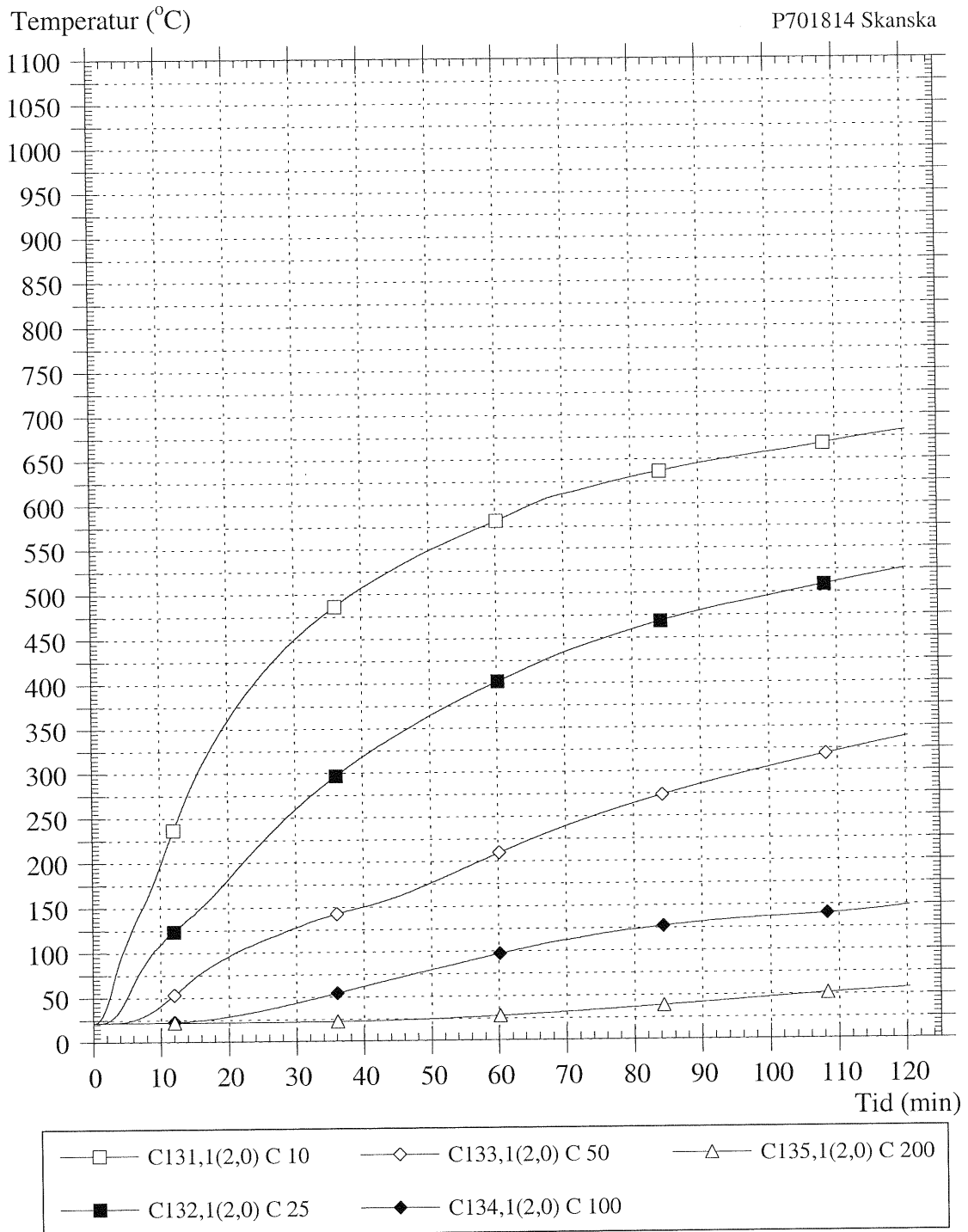
Provföremålets temperatur 1(2,0) position A



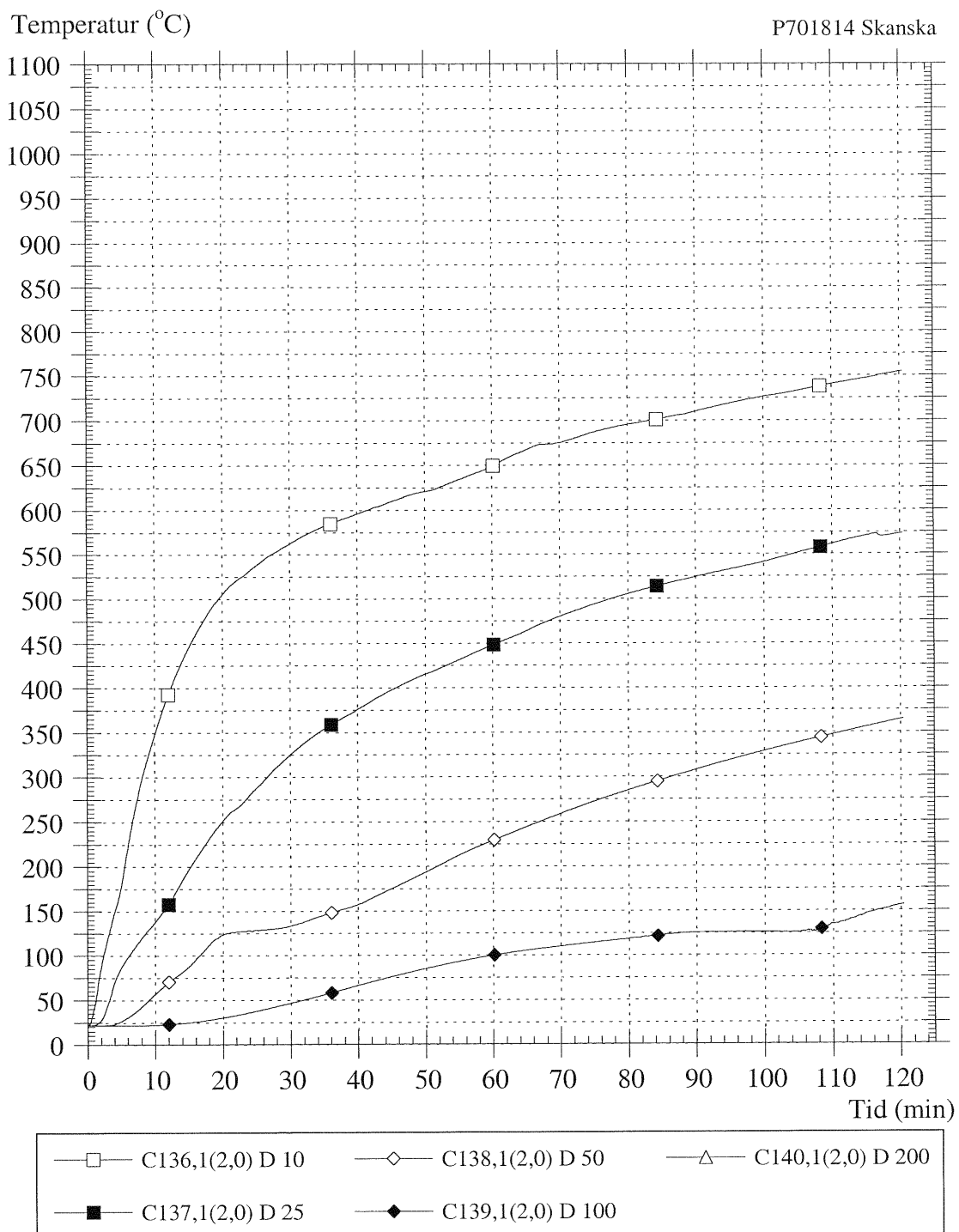
Provföremålets temperatur 1(2,0) position B



Provföremålets temperatur 1(2,0) position C

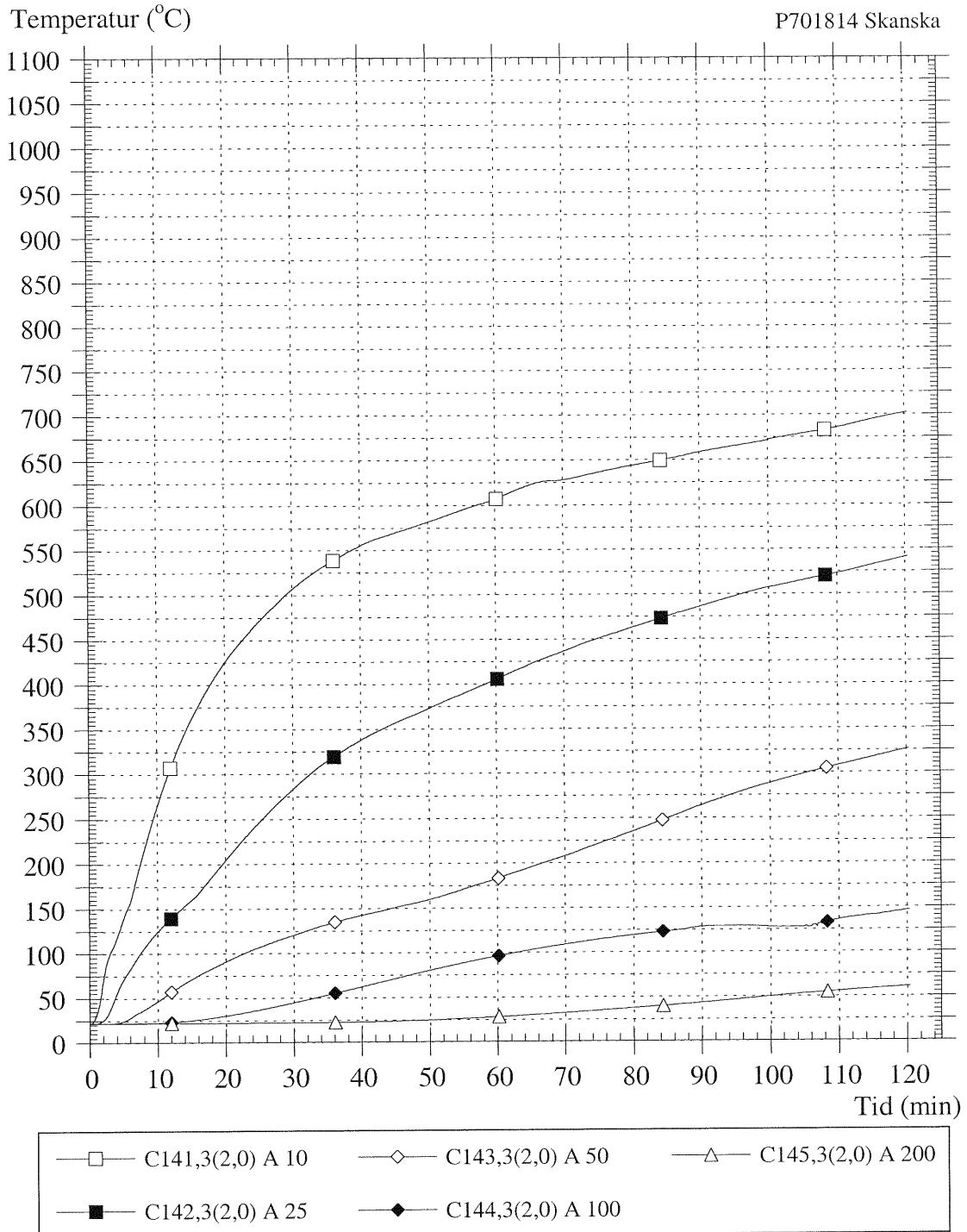


Provföremålets temperatur 1(2,0) position D

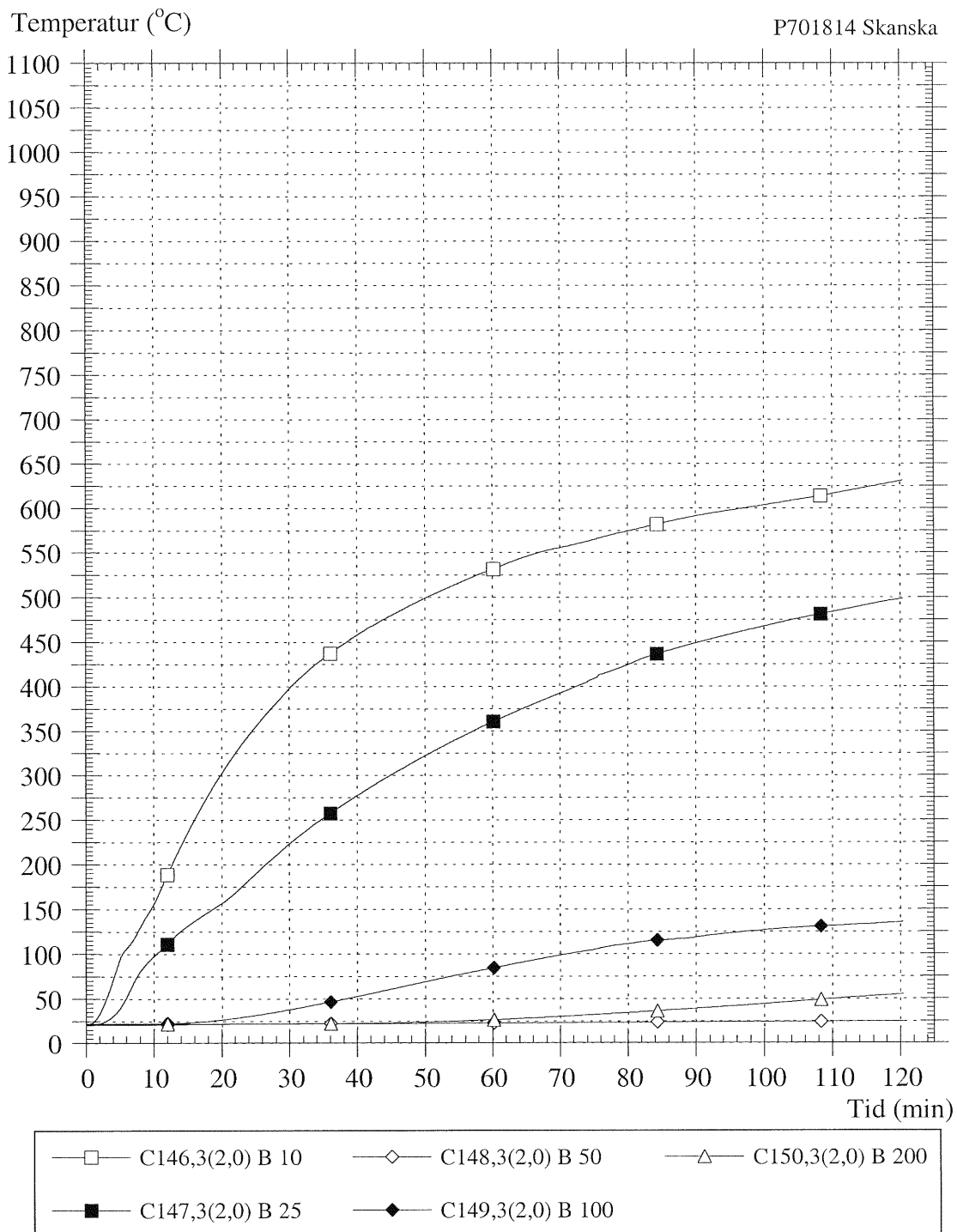


Termoelement C140,1(2,0) D 200 var ur funktion under hela provningen

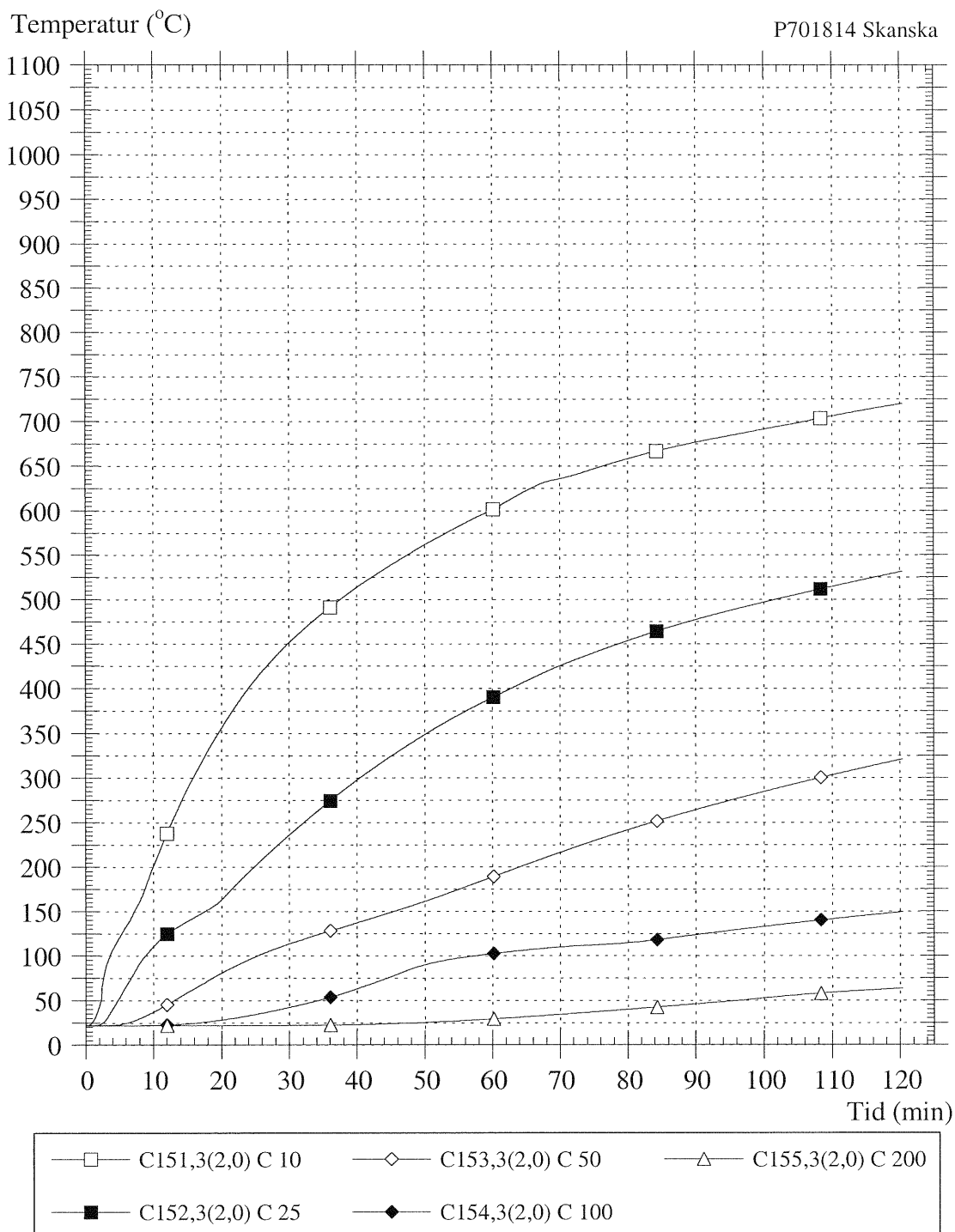
Provföremålets temperatur 3(2,0) position A



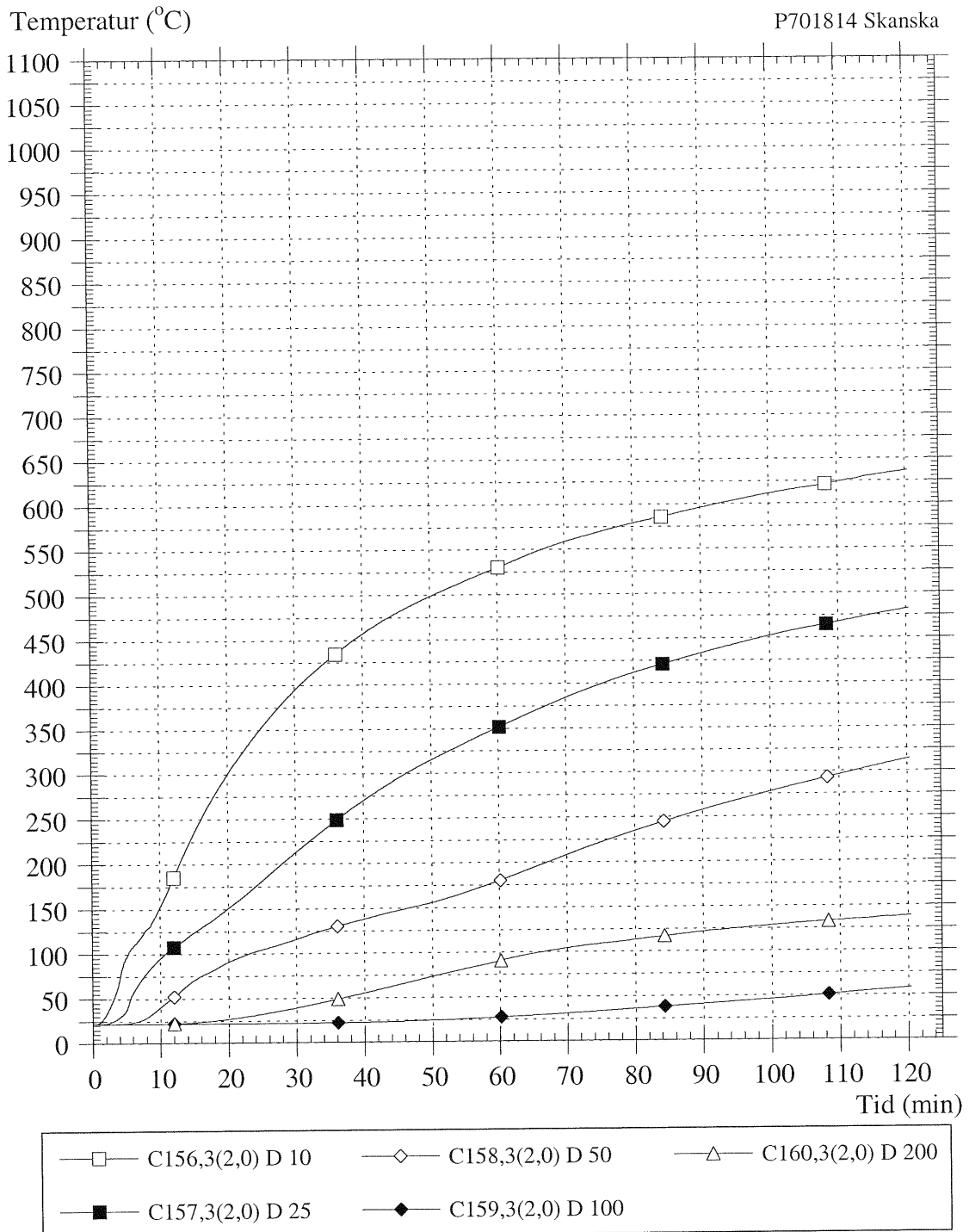
Provföremålets temperatur 3(2,0) position B



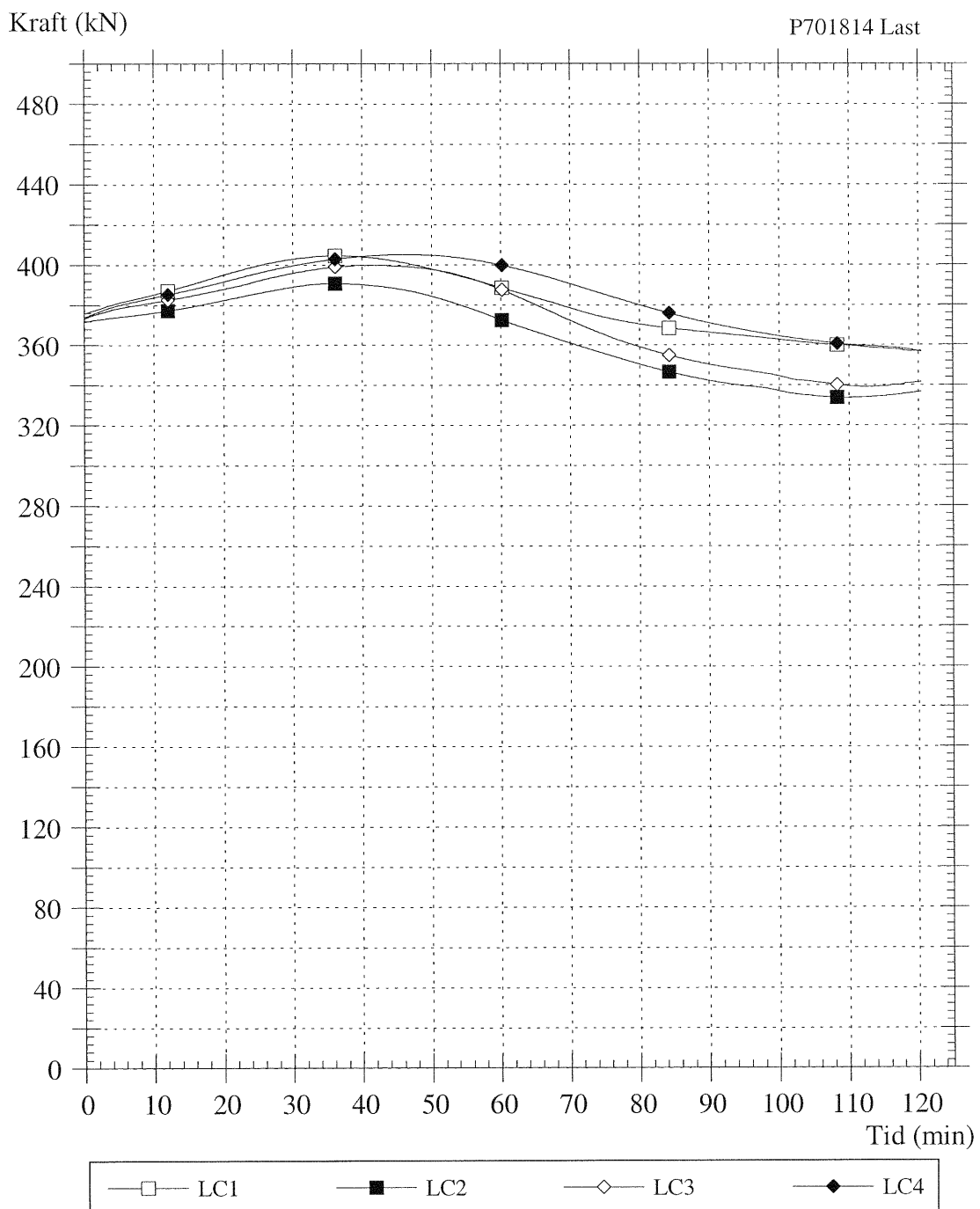
Provföremålets temperatur 3(2,0) position C



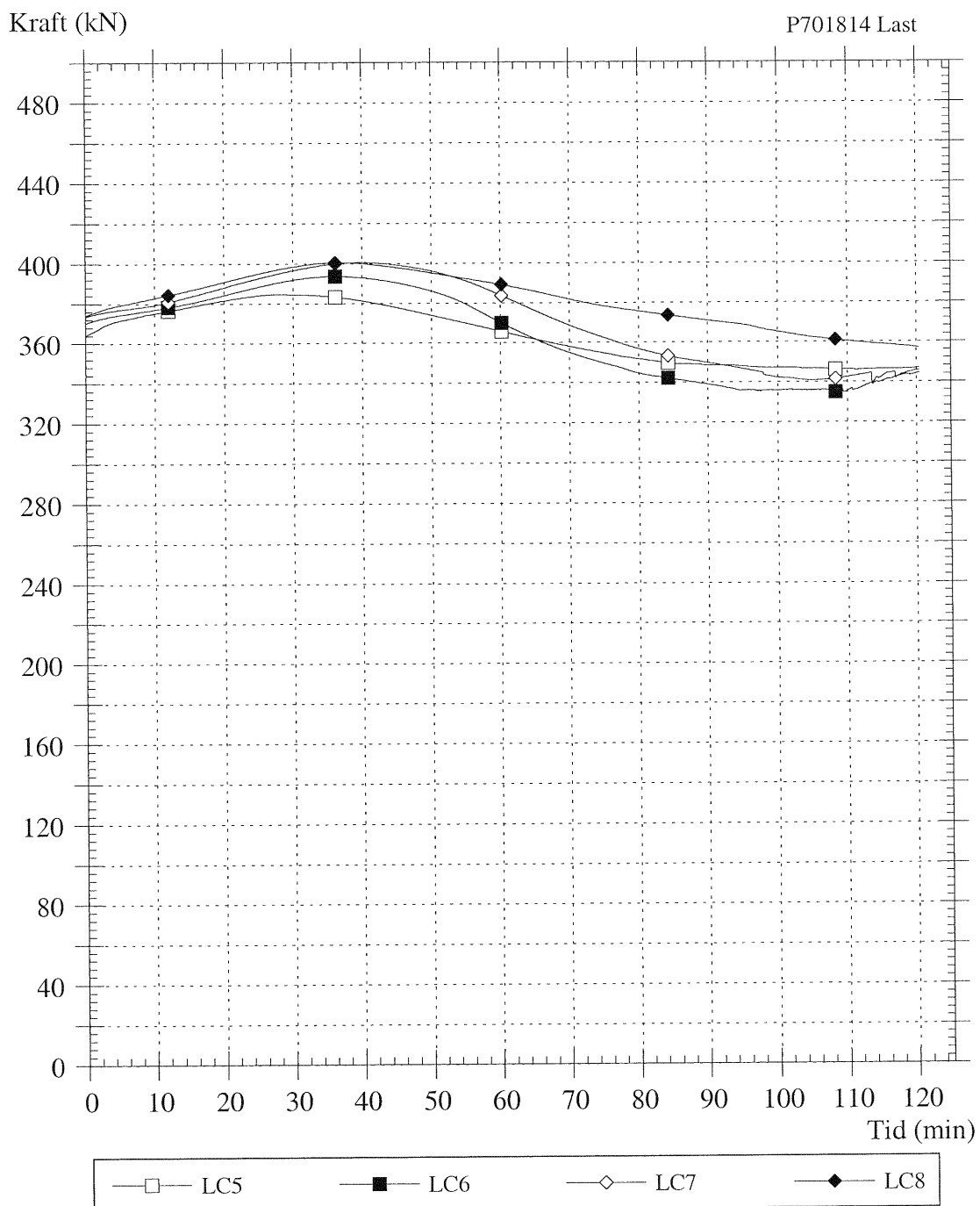
Provföremålets temperatur 3(2,0) position D



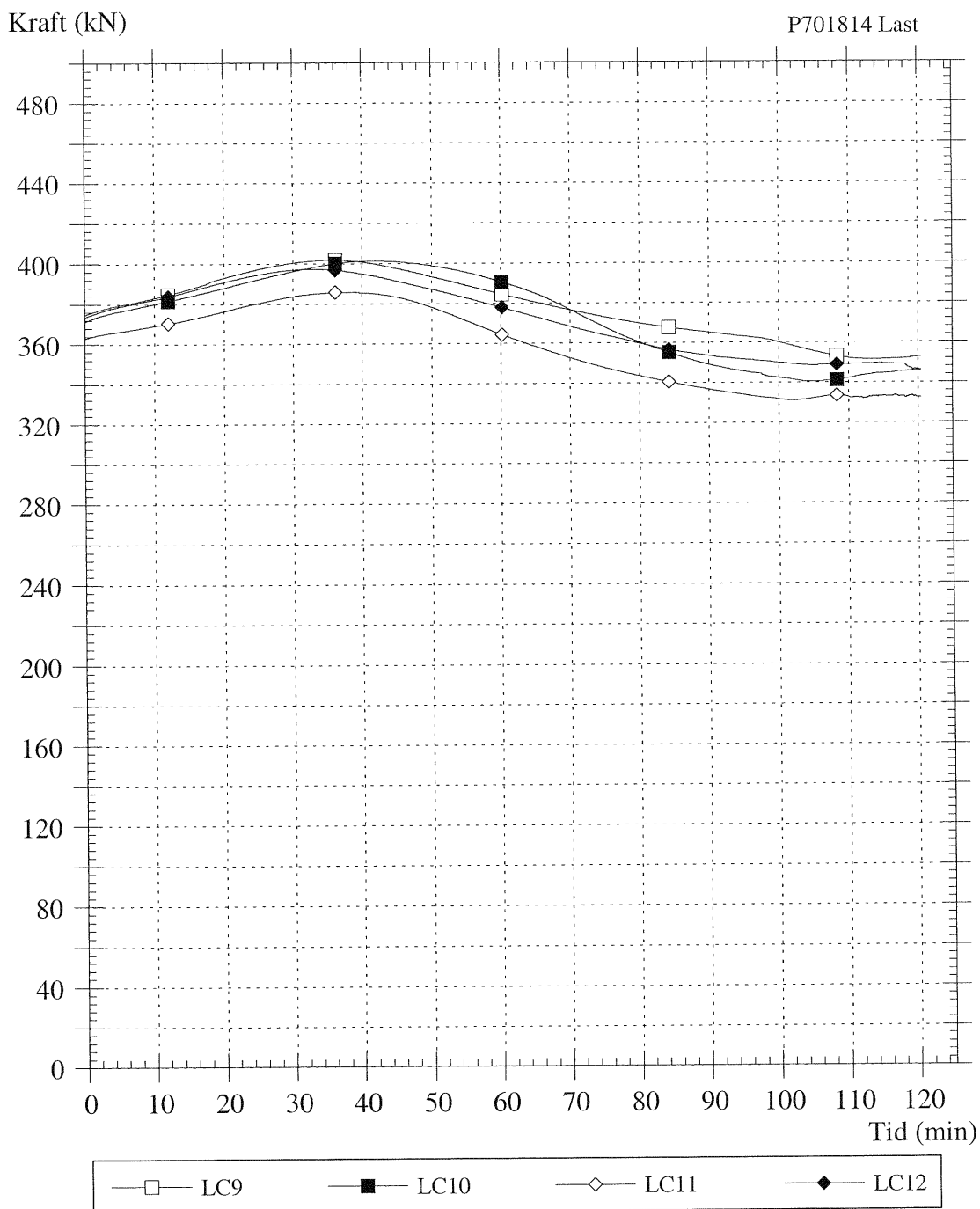
Uppmätt lastpåverkan 5(0,7) & 6(1,0)



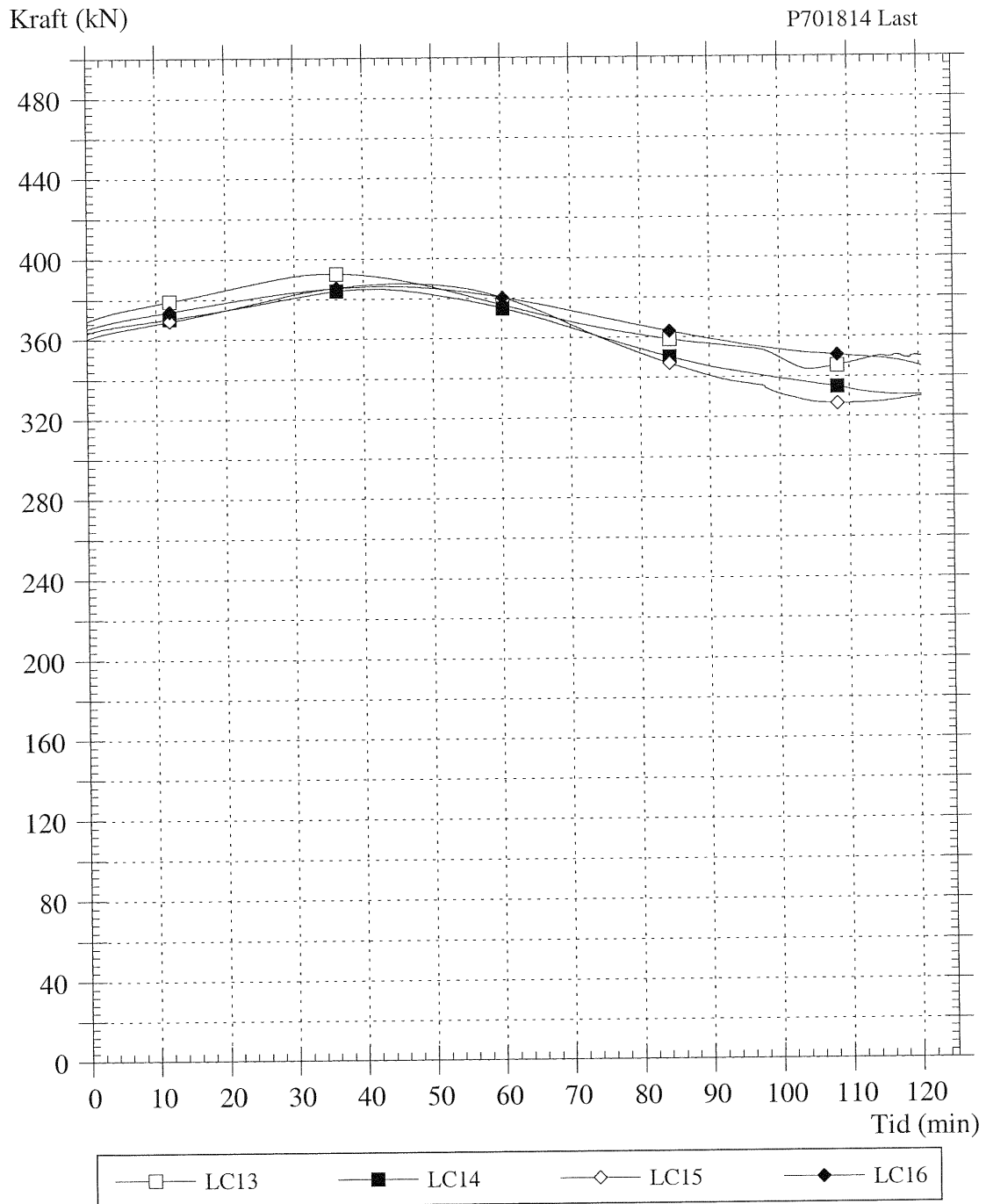
Uppmätt lastpåverkan 2(1,0) & 4(0,7)



Uppmätt lastpåverkan 7(1,5) & 8(1,5)



Uppmätt lastpåverkan 1(2,0) & 3(2,0)



Rapport nr:

P701814

Foto nr: 1

Tid: Under provningen

Provkroppen 4(0,7) har spjälkat.



Foto nr: 2

Tid: Efter provningen

Spjälkningen av provkroppen 4(0,7).

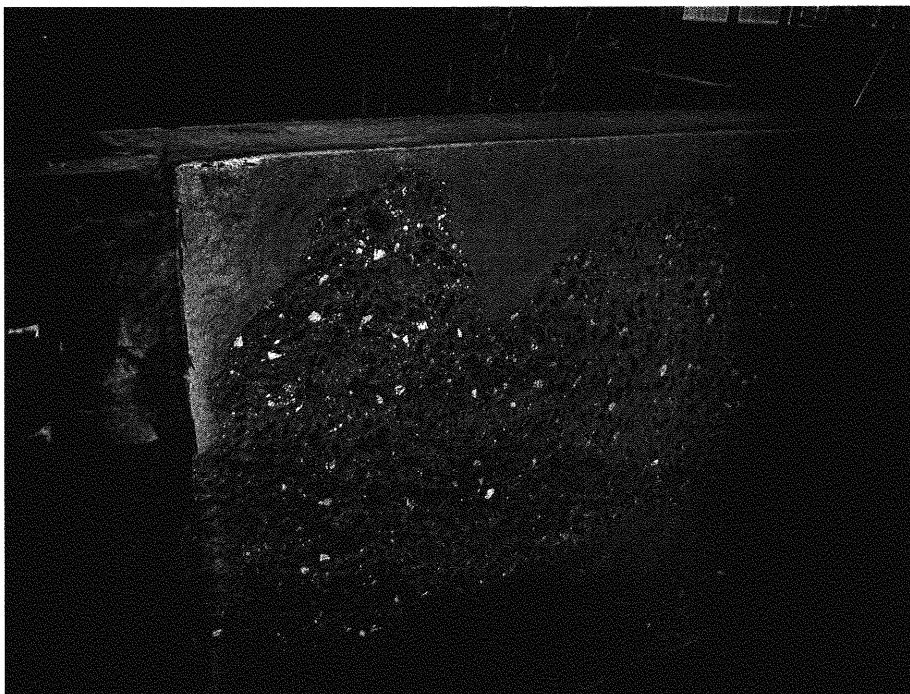


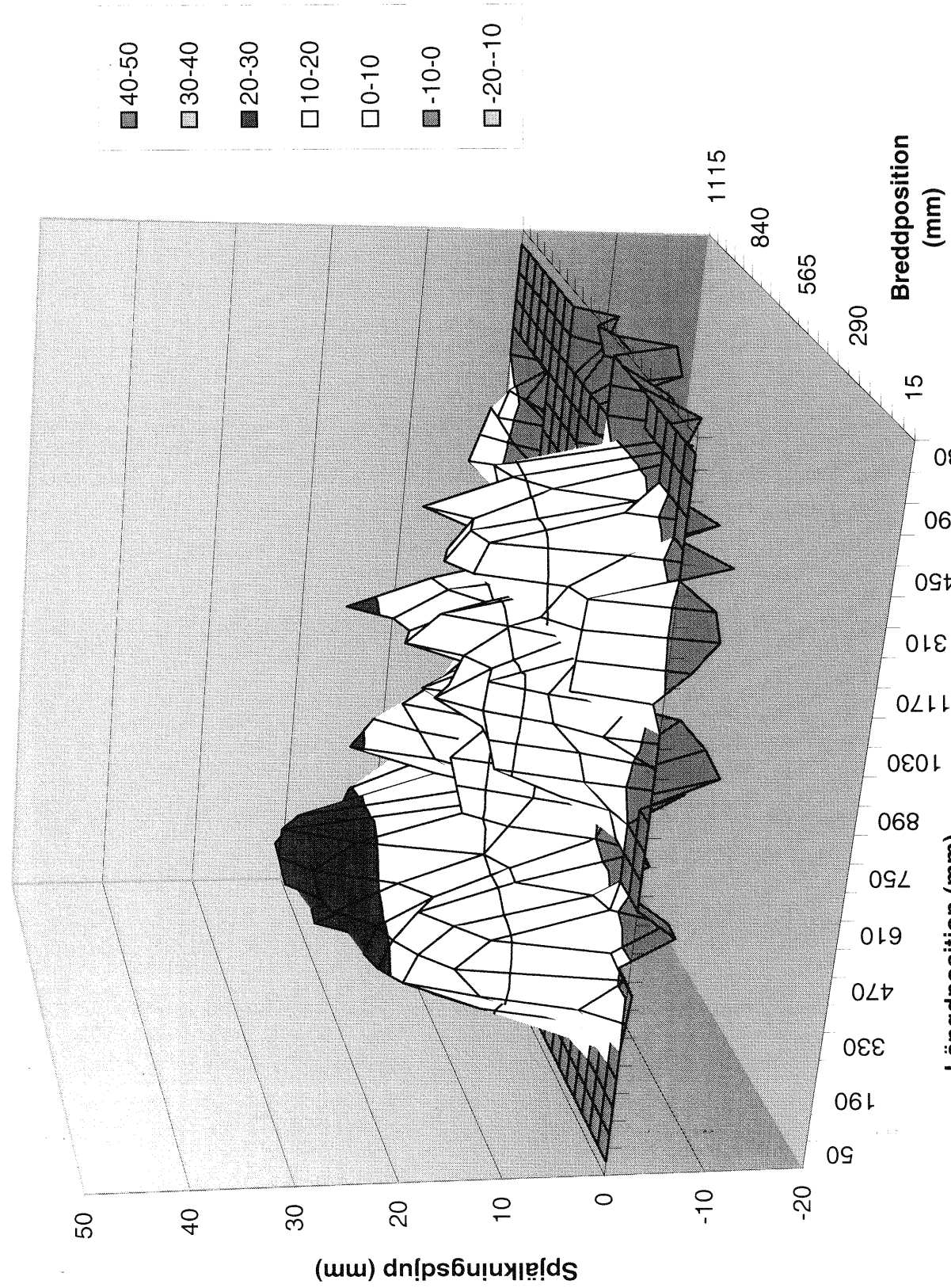
Foto nr: 3

Tid: Efter provningen

Bilden visar den brandutsatta ytan av de provföremål som inte spjälkat. Ytan är täckt med små sprickor men är ändå fast. I detta fall är det provkroppen 6(1,0) som visas.



Provkropp 4(0,7)





Cement och Betong Institutet

100 44 STOCKHOLM

Tel: 08-696 11 00 Fax: 08-24 31 37

RAPPORT

REPORT

Provningsdatum: 2007-04-04

Provföremål: Betongkub

Provningsmetod: TI-B4 (83)

sid 1 (1)

Projektnr: 550906

Mottagningsdatum: 2007-04-02

Skanska Sverige AB

att: Joakim Larsson

Järva Skjutbaneväg

170 68 Solna

Luftporanalys

Provföremål

En gjuten betongkub med kantlängd 150 mm. Kuben var märkt ”Jocce 17:10, 45 min, 5,7 %, 30/3”.

Provningsmetod

Luftporanalysen utfördes i stort enligt den danska metoden TI-B4 (83) genom bildbehandling av en planslipad yta vars porer fylls med kontrasterande titanoxid. Vid bildbehandlingen medräknas inte porer med diameter överstigande 4 mm och cementpastamängden antas till 35%.

Den planslipade ytan var belägen på 75 mm avstånd från kubens gjutyta.

Provningsresultat

Erhållna analysresultat framgår av bilaga 1.

Luftporsystemet i betongkuben är mycket stabilt med en normalfördelning kring 0,3 mm. Lufthalt och avståndsfaktor visar värden som med bred marginal uppfyller rekommenderade riktlinjer. Betongen i kuben är med stor sannolikhet frostbeständig enligt kriteriet ”mycket god”. För att med säkerhet fastställa frostbeständigheten bör betongen emellertid frysprovas.

Stockholm 2007-04-12

Cement och Betong Institutet

F & U Laboratorium

Lars Melin

Ansvarig för provningen

Jan Trägårdh

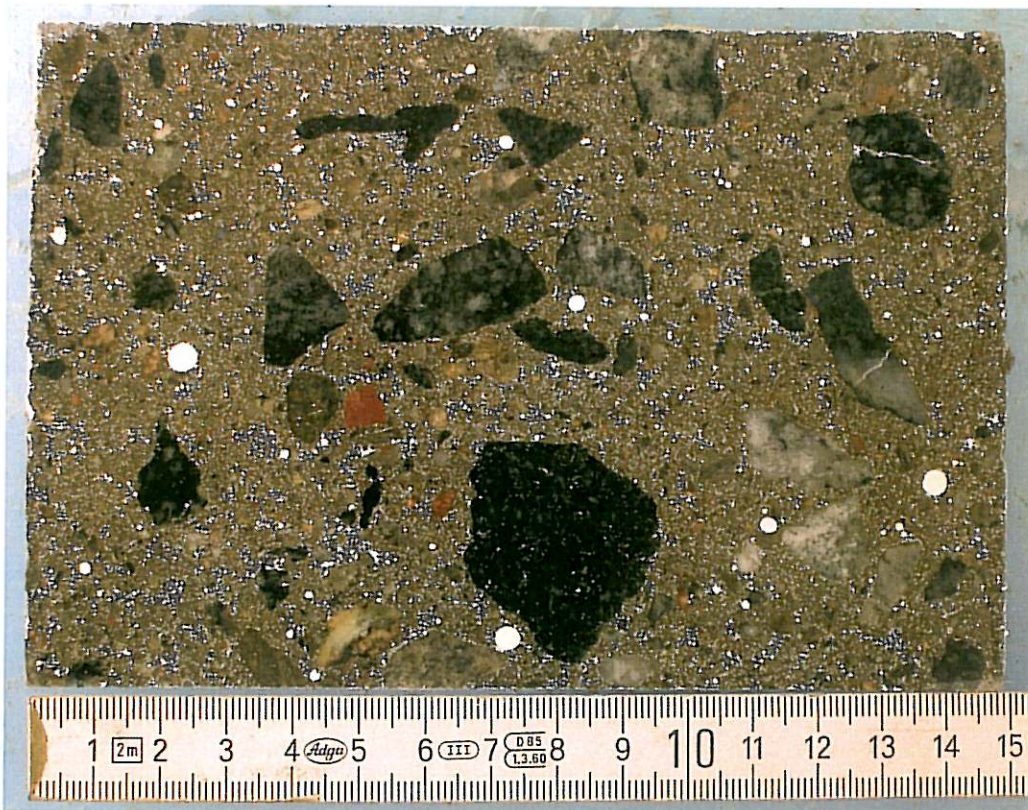
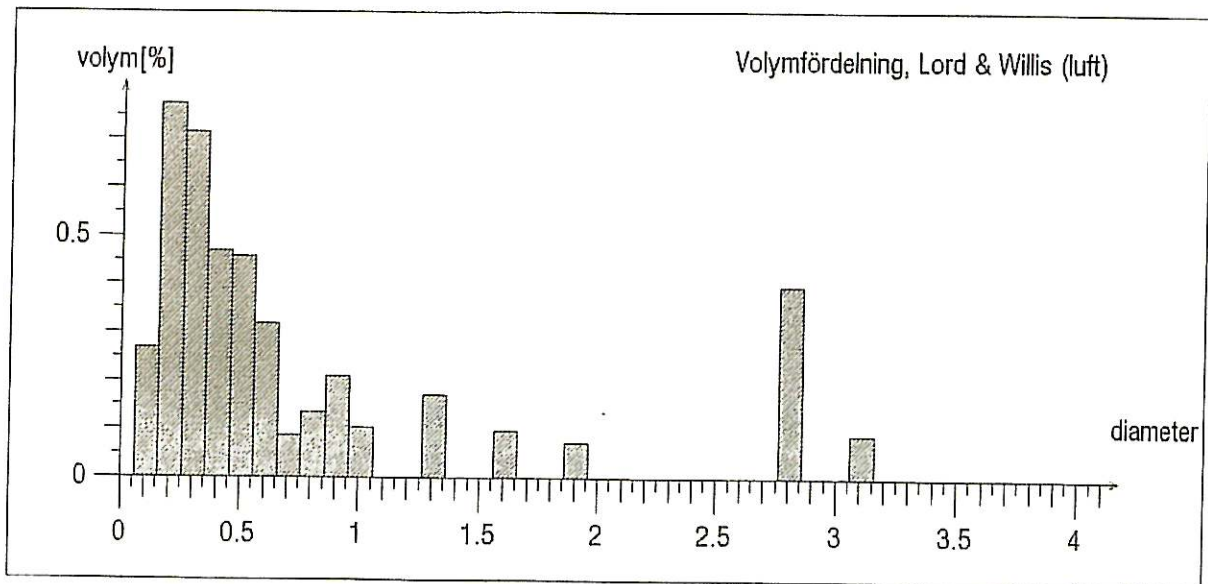
Tekniskt ansvarig



LUFTPORANALYS

Projektnummer 550906
Bilaga 1

Prov märkt	Jocce 17:10
Lufthalt	6,3 %
Avståndsfaktor	0,15
Specifik area	24,3





RAPPORT

Utfärdat av ackrediterat laboratorium
Report issued by an accredited laboratory

1620

ISO/IEC 17025

Provningsnummer **B07212**

SS137244 Utgåva 4

Provningsrapport för SS137244 - Hårdnad betong - avflagnings vid frysning

Sidan 1 av 1

Beställare Skanska Sverige AB Joakim Larsson Solna Betongfabrik Järva Skjutbaneväg 170 68 SOLNA	Gjutdatum 2007-05-21 Ankomstdatum 2007-05-28 ID-nr. B07212	Analys start 2007-06-11 Analys slut 2007-08-16 Referensenr.	Annan analys
---	--	---	---------------------

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör Skanska Betong Solna, fabrik 440 Arbetsplats Förprov Konstruktionsdel	Provtagningsplats Fabrik Provtagare Jocce Märkning Jocce 17:64-67 (EN16) Cementfabrikat				
Hållfasthetsklass C 35/45	Cementhalt (kg) 430	Fabrikat på tillsatsmedel/material Nordkalk			
Typ av tillsatsmedel/material KALKFILLER	Mängd i % / kg av cementhalt 120	Sika Aer-S 10%			
LUFTTILLSATS	0,43	Sika Evo-26			
FLYTTILLSATS	0,6	Sika Retarder			
RETARDER	0,2				
Börvärde	Uppmätt värde	Betongtemperatur	VCT / VBT, börvärde		
Konsistens (mm) S3	Lufthalt (%)	Konsistens (mm) Efter Blandning 190	Lufthalt (%) 3,0	Betongtemperatur (°C) 17,0	VCT / VBT, uppmätt värde 0,43
				max stenstorlek (mm) 22	

Provningsresultat

Tillverkningsförfarande **IA**

Märkning	Avflagnings (kg/m ²) efter X dygn				
	7	14	28	42	56
Jocce 17:64	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Jocce 17:65	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
Jocce 17:66	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
Jocce 17:67	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03

Bedömning enligt SS 137244 : **Mycket god**

Notering

Tillsatsmaterial: Polypropylenfibrer 6mm 18Mym, 1,5kg/m³.
Brandprovad.
Förprov.

Ort och datum

Solna 2008-08-28

Utfört av: **Mats Ekman, Lab.föreståndare**

*Provresultat avser endast till laboratoriet inkommet prov.
Mätosäkerheten för respektive provningsmetod redovisas ej i provningsrapporten,
men delges på begäran enligt överenskommelse i kontraktsgenomgång.*

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg godkänt annat.

Skanska Sverige AB
Betongtekniskt Centrum, Solna
Järva Skjutbaneväg
170 68 Solna

Besöksadress
Järva Skjutbaneväg
Styrelsens säte

Telefon nr
08-655 14 06
Telefax nr
08-624 07 05

Org. nr
556033-9086
SE nr

E-mail adress
Internetadress