



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R65:1979

**Brandtekniska egen-
skaper hos betongtak**

**Barbro Ahlén
Kai Ödeen m.fl.**

Byggforskningen

**TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET**

R65:1979

BRANDTEKNISKA EGENSKAPER HOS BETONGTAK

Barbro Ahlén
Lars-Erik Dahlman
Håkan Djurberg
Kai Ödeen

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770829-3 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Strängbetong, Stockholm

I Byggforskningsrådet rapportserie redovisar forskaren sitt
anslagsprojekt. Publicering innebär inte att rådet tagit
ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R65:1979

ISBN 91-540-3025-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 954651

FÖRORD

Svenska Brandförsvarsföreningen bedriver sedan ett antal år tillbaka undersökningar med målsättning att belysa de brandtekniska egenskaperna hos olika takkonstruktioner. I en serie rapporter har redovisats experimentella studier av s k lätta takkonstruktioners egenskaper med särskild hänsyn till den försäkringstekniska klassindelningen.

Under arbetets gång har intresset vidgats till att omfatta även andra typer av konstruktioner. I denna rapport redovisas sålunda motsvarande studier av de brandtekniska egenskaperna hos takkonstruktioner uppbyggda av s k TT-element av spännbetong med ovanpåliggande isolering och tätskikt.

Huvudparten av rapporten utgör examensarbete i ämnet byggnadsmateriallära vid KTH av Lars-Erik Dahlman och Håkan Djurberg. Från SBF har - förutom undertecknad - Barbro Ahlén medverkat dels vid försökens planering och genomförande, dels vid den slutliga utformningen av rapporten. I denna har även inkluderats ett avsnitt med diskussion av olika takkonstruktioners egenskaper mot bakgrund av de framkomna resultaten.

Undersökningarna har finansierats genom ekonomiska bidrag från statens råd för byggnadsforskning och AB Strängbetong.

Till huvudrapporten har som bilaga fogats en redovisning av ett i sammanhanget intressant försök där en takkonstruktion uppbyggd av utvändigt isolerat TT-element utsatts underifrån för upphettning enligt standardiserat provningsförfarande. Resultaten har betydelse för bedömning av konstruktionens funktion som avskiljande byggnadsdel. Detta försök utfördes under våren 1978 vid statens provningsanstalt i Borås på uppdrag av AB Strängbetong.

Som ytterligare bilaga har inlagts en redogörelse för en brandskada som inträffade i oktober 1977 i en industribyggnad (bandväveri) i Göteborg med tak av här aktuell utformning.

Stockholm i september 1978

Kai Ödeen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING.....	6
2.	FÖRSÄKRINGSTEKNISK KLASSINDELNING AV TAK.....	8
3.	TIDIGARE UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....	10
3.1	Svenska Brandförsvarsföreningens försöks- serie 1976.....	10
3.11	Allmänt.....	10
3.12	Beskrivning av provtaken.....	12
3.13	Undersökningsresultat.....	13
3.2	Brandprovning av betongtak vid A/S Rockwool, Köpenhamn.....	14
3.3	Brandprovning av betongtak i Holland.....	20
4.	REDOGÖRELSE FÖR EGNA UNDERSÖKNINGAR AV BETONGTAK.....	22
4.1	Syfte.....	22
4.2	Försöksuppläggning.....	22
4.21	Beskrivning av försöksugnen.....	22
4.211	Placering av termoelementen.....	23
4.22	Brandförlopp.....	23
4.23	Utformning av provkroppar.....	23
4.24	Skarvtäckning.....	24
4.25	Isolering.....	24
4.26	Tätskikt.....	24
4.3	Utförda försök.....	24
4.31	Försök 1, cellplast med mineralulltäckt skarv.....	28
4.32	Försök 2, kombiplatta perlit/cellplast.....	37
4.33	Försök 3, cellplast, mineralull.....	43
4.34	Försök 4, mineralull.....	50
4.4	Sammanställning av resultat från betong- taksförsöken.....	55
5.	KOMMENTARER OCH SYNPKTER BETRÄFFANDE UNDERSÖKNINGENS RESULTAT.....	56
5.1	Felkällor.....	56
5.2	Några slutsatser.....	57
5.3	Diskussion och jämförelse.....	57
6.	DISKUSSIONS AV OLIKA TAKKONSTRUKTIONERS BRANDTEKNISKA EGENSKAPER.....	60
7.	REFERENSER.....	68

BILAGOR

Bilaga 1

Brandprovning av strängbetongtak.....62

Bilaga 2.

Redogörelse för inträffad brand i byggnad med tak
av betongelement.....67

1. INLEDNING

Vid bränder i industri- och lagerbyggnader visar erfarenheten att takkonstruktionens uppbyggnad och egenskaper har stor betydelse för brandens utveckling och förlopp samt för skadans omfattning. Som följd av den snabba utvecklingen under senare år vad gäller nya material och konstruktioner är emellertid kunskaperna om de brandtekniska egenskaperna hos olika takkonstruktioner tämligen bristfälliga. Situationen karakteriseras i nuläget av att man i olika avseenden - från t ex myndigheter och försäkringsgivares sida - tvingas bedöma olika takkonstruktioners brandtekniska egenskaper mot bakgrund av redovisade försök vilka dock ofta utförts under olika betingelser och med varierande målsättning, d v s utan tillämpning av gemensamma normer för genomförande och utvärdering.

De anförda förhållandena har inneburit betydande osäkerhet bl a då det gäller att inordna olika typer av tak i det klassificeringssystem för byggnadsdelar som utvecklats inom försäkringsbranschen och som används som underlag vid bestämning av premier och andra villkor för försäkring.

Svenska Brandförsvarsföreningen (SBF) har under de senaste åren genomfört ett flertal undersökningar av de brandtekniska egenskaperna hos olika takkonstruktioner. Avsikten med dessa undersökningar har varit dels att ge underlag för en nyanserad bedömning av dessa konstruktioner från brandteknisk synpunkt, dels att utveckla ett provnings- och bedömningsförfarande som kan användas vid försäkringsteknisk klassificering. Undersökningen - som utförs i samarbete med statens provningsanstalts laboratorium för brandteknik i Borås - har i första hand inriktats på s k lätta takkonstruktioner med korrugerad stål- eller aluminiumplåt som bärande element samt med ovanpåliggande värmeisolering och tätskikt. Undersökningarna är ännu inte helt slutförda men beräknas vara avslutade under 1978.

Under arbetets gång har man ansett det önskvärt att om möjligt generalisera de framkomna resultaten även till andra typer av industritak än de lätta konstruktionerna. I första hand har därvid intresset riktats mot betongkonstruktioner av den typ som numera används för industritak.

Som ett led härvid genomfördes under hösten 1977 en serie brandprovningar med tak uppbyggda av s k TT-element av spännbetong. Undersökningen utfördes i likhet med de tidigare vid statens provningsanstalt i Borås och bekostades genom anslag dels från statens råd för byggnadsforskning, dels från AB Strängbetong som även tillverkat provningselementen.

I här föreliggande rapport redovisas de genomförda försöken i detalj. Som en bakgrund härtill beskrivs inledningsvis den klassindelning av takkonstruktioner som för närvarande tillämpas inom försäkringsbranschen. Därefter ges ett kortfattat sammandrag av de väsentligaste inslagen i de tidigare av SBF genomförda försöken med lätta takkonstruktioner. I avslutning härtill lämnas även som jämförelse summariska redogörelser för två tidigare utförda brandprovningar av betongtak, det ena vid AB Rockwool i Köpenhamn och det andra vid Centrum voor Brandveiligheid i Delft, Holland. Dessa prov är såvitt känt de enda som med likartad målsättning tidigare utförts med betongelementtak.

I ett särskilt avsnitt diskuteras därefter olika takkonstruktioners brandtekniska egenskaper från skilda utgångspunkter mot bakgrund av dagens samlade kunskapsunderlag.

Avslutningsvis ges i bilagor dels en redovisning av ett nyligen genomfört brandprov av en TT-konstruktion utsatt för normenligt brandprov, dels en redovisning av en i sammanhanget intressant brandskada i en byggnad med takkonstruktion av aktuell typ.

2. FÖRSÄKRINGSTEKNISK KLASSINDELNING AV TAK

Det system för klassificering av byggnadsdelar, som utnyttjas av försäkringsbolagen, är utarbetat av Försäkringsbranschens Service AB (FSAB). Ändring och revidering av gjord klassificering sker kontinuerligt allteftersom kunskaperna om de brandtekniska egenskaperna hos klassningsobjekten ökar.

Enligt "Regler för byggnadsklassificering, avsnitt 23; Förteckning över klassificerade byggnadsdelar - Tak" gäller ifråga om takkonstruktioner för närvarande följande klassindelning:

Taken är beskrivna utifrån

- T1 :1 Takpapp/sten eller betong
Anm. Vid betongskiva tunnare än 80 mm erfordras särskild klassificering
- :2 Plåt
- :3 Glas
- :4 Plåt/obrännbar mineralull utan brännbart klister
- :5 Plåt/obrännbar mineralull utan brännbart klister/plåt
- T3 :1 Takpapp/obrännbar mineralull/plåt
- :2 Takpapp/kork minst 30 mm/stålplåt
- :3 Takpapp/trällsplatta minst 30 mm/stålplåt
- :4 Takpapp/trällsplatta klass B 60
- :5 Takpapp/trällsplatta minst 15 mm/cellplast/trällsplatta klass B 60
- :6 Plåt/obrännbar mineralull med papper/plåt eller tändskyddande beklädnad
- T4 :1 Takpapp/cellplast i kombination med kork minst 30 mm/stålplåt
- :2 Takpapp/cellplast i kombination med trällsplatta minst 15 mm/stålplåt
- :3 Takpapp/cellplast i kombination med trällsplatta/obrännbar mineralull/stålplåt
- :4 Takpapp/cellplast i kombination med perlitskiva minst 15 mm /stålplåt
- 5 Plåt/obrännbar mineralull med papper

- T5 :1 Takpapp/trä
- :2 Takpapp/cellplast/plåt
- :3 Takpapp/cellplast/kork 20 mm/plåt
- :4 Takpapp/cellplast/asfaltimpregnerad träfiberskiva/
plåt
- :5 Plåt/trä
- :6 Plåt/cellplast/plåt
- :7 Tegel/trä
- :8 Plast
- :9 Plastduk (t ex plasthall)

Som synes finns för närvarande fyra klasser: T1, T3, T4 och T5. (Klassen T2, som fanns med från början, har senare slagits ihop med klass T1.)

För klasserna T1, T3 och T4 gäller, att plåttak med ovanpåliggande isolering måste vara försett med ett flamsäkert ytskikt på undersidan.

Det är att märka att klassificeringen inte innefattar några normer eller krav beträffande dimensioneringen av takkonstruktionerna. Sådana normer skulle ge underlag för en nyanserad brandteknisk dimensionering av konstruktionen från försäkringssynpunkt, analogt med den hållfasthets- och deformations-tekniska dimensionering som genomförs. Tillämpat på den aktuella konstruktionen skulle detta medföra möjligheter att genom förändringar ifråga om dimensionen hos exempelvis betongskiktet i en takkonstruktion förhindra eller fördröja en eventuell brandspridning vare sig denna sker till följd av bristande avskiljande funktion eller genom "lokala" brott i takkonstruktionen.

Kunskapsunderlaget är dock i dagens läge ofullständigt. En betydande del av fortsatt utvecklingsarbete inom området bör dock ges denna inriktning.

3. TIDIGARE UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

3.1 Svenska Brandförsvarsföreningens försöksserie 1976

Den av Svenska Brandförsvarsföreningen genomförda undersökningen, som ägde rum år 1976, finns redovisad i en rapport av Barbro Ahlén och Kai Ödeen (1). Vissa huvuddrag av denna återges i det följande.

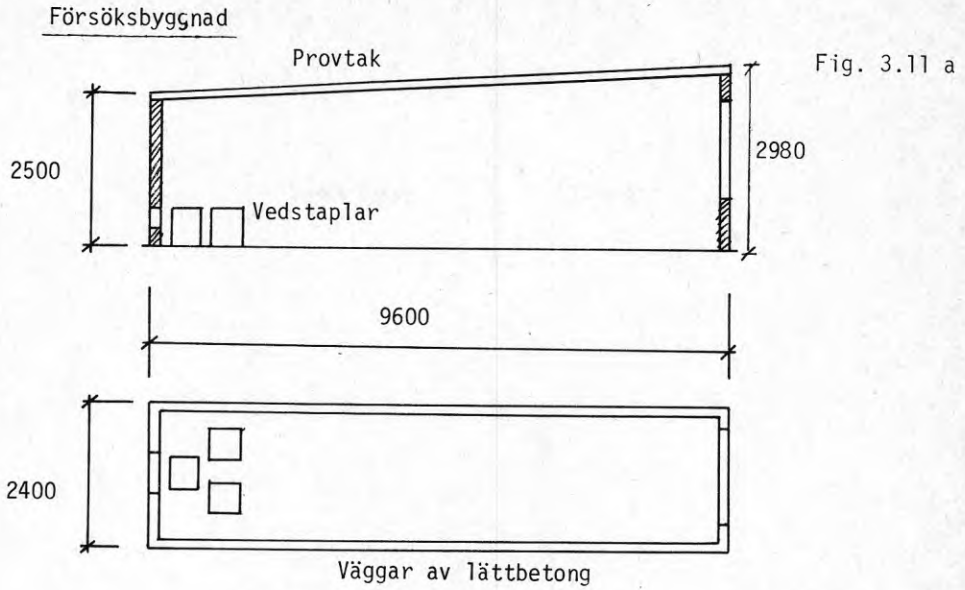
3.11 Allmänt

Såsom tidigare berörts var målsättningen för undersökningen att "i första hand ge underlag för en nyanserad bedömning av takkonstruktioner från brandteknisk synpunkt samt att utveckla ett provningsförfarande, som på ett bättre sätt än vad som för närvarande är möjligt belyser de brandtekniska egenskaperna i olika avseenden".

Särskilt ville man med försöken vidga kunskapsunderlaget, där det ansågs som klenast, nämligen beträffande "måttliga men ej fullt utvecklade" bränder. En sådan inriktning var motiverad även av att dylika bränder enligt rimlig bedömning svarade för en betydande kostnadsmässig del av brandskador på lätta takkonstruktioner. Det ansåg vidare lämpligt att utföra försöken i vad som betraktades som "halvstor skala".

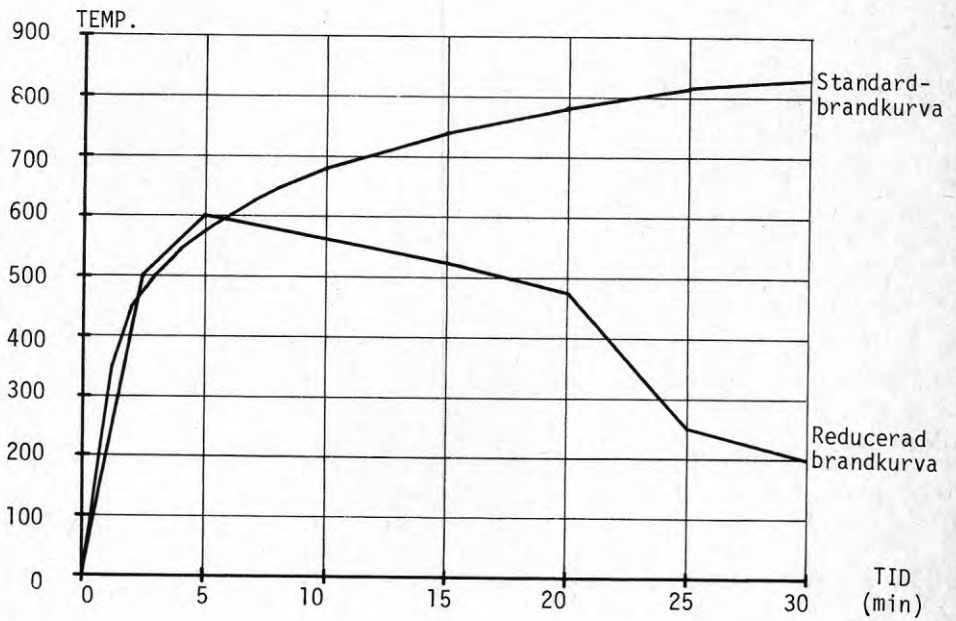
Mot denna bakgrund valde man att utföra försöken på ett "hus" av storleken 9.6 x 2.4 m (se fig 3.11 a). Försökstaken monterades med en lutning av 1:16. Som eldkälla användes tre staplar av torkade träribbor.

Efter antändningen av trästaplarna utvecklades en brand som registrerades med hjälp av ett antal termoelement. Det erhållna brandförloppet har för åstadkommande av likvärdighet fått utgöra mall för de nu aktuella försöken. En analys av brandförloppet visar att "brandklimatet" i byggnaden kan indelas i två relativt väl avgränsade delar. I det område där vedstaplarna placerats kan branden karaktäriseras som i det närmaste fullt utvecklad med en brandpåverkan på taket ungefär motsvarande standardiserat brandprov enligt ISO 834 under ca 1/2 timme. I byggnadens andra ände är brandpåverkan lägre och på grundval av de vid försöken gjorda iakttagelserna i denna del har en representativ "reducerad brandkurva" konstruerats.



Standardbrandkurvan och den vid Brandförsvärsföreningens försök erhållna reducerade brandkurvan.

Fig. 3.11 b



3.12 Beskrivning av provtaken

Försöksserien omfattade brandprov av åtta takkonstruktioner med korrugerad plåt som bärande element men med vissa variationer beträffande isoleringen. De åtta prov taken hade följande uppbyggnad:

	PROVTAK							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Bärande element</u>								
Trapetskorrugerad stålplåt 0.8 mm	x	x	x	x	x	x	x	
Trapetskorrugerad stålplåt 0.6 mm								x
<u>Klistring</u>								
Varmasfalt kg/m ² , inkl takpapp	-	7	9	8.5	8	6.5	8	-
<u>Isolering</u>								
Gullfiber, takskiva 3094, 70 mm	x	x					x	
Rockwool, takskiva 341 70 mm			x					
Kombiplatta ts 15 (cellplast/ träullcement) 70 mm				x	x			
Cellplast 70 mm						x		
Isocyanurat/uretanskum 60 mm								x
<u>Taktäckning</u>								
Underlagspapp (1) YAM 1200/50		x	x	x	x	x	x	
Underlagspapp (2) YAM 1200/50		x	x				x	
Luftspaltsbildande papp YAM 1200/50-Sp				x	x	x		
Skyddsbelagd ytpapp SAL 1800/600		x	x	x	x	x	x	
Profilerad aluminiumplåt 0.8 mm								x
<u>Tätning av takplåtens profiländar</u>								
Lös mineralull 5-8 cm in i profilerna			x	x	x	x	x	
Tätplåt längs profiländarna				x	x	x	x	

3.13 Undersökningsresultat

En sammanställning av resultaten för de åtta plåttaksförsöken ger följande resultat (siffrorna anger antalet minuter från försöksstarten till inträffad händelse):

	Takförsök nr							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Brand ovansida tak		5				12		
Brand vid kanterna		4				12		
Brand undersida tak								4
Brand i skarv, undersida			7			6	5	4
Droppl från skarv			x10	11	7	10	16	
Taket helt utbränt						35		
	Isolering räknat underifrån av konstruktionen							
	Gullfiber, kalibreringsförsök utan asfalt							
	Gullfiber							
	Rockwool							
	Kombiplatta (cellplast/träullcement)							
	Kombiplatta (träullcement/cellplast)							
	Cellplast							
	Gullfiber							
	Isocyanurat/uretanskum							

x Längs husets ytterväggar.

3.2 Brandprov av betongtak vid A/S Rockwool, Köpenhamn

En av de få brandtekniska undersökningar av betongtak som hittills redovisats, företogs i augusti 1975 vid A/S Rockwool i Köpenhamn. Undersökningen, som hade beställts av Svenska Rockwool AB, utfördes med AB Strängbetongs sk TT-element och omfattade två prov. För fogtätning mellan betongelementen svarade AB Svenska Icopalfabriken.

Målsättningen med de båda proven var att bestämma konstruktionens brandavskiljande förmåga vid upphettning enligt standardbrandkurvan.

Vid det första provet utgjordes isoleringen av mineralull utom vid skarven mellan elementen, där man i stället placerade en 20 cm bred polystyrenstrimla (fig 3.2 a). Provet gav dessvärre missvisande resultat på grund av att det över skarven placerade termoelementet, som bars av asfaltappen, kom att hänga fritt mellan de båda TT-elementens mineralull-isolering efter det att polystyrencellplasten hade smält.

Observationer försök 1:

0 min	Start
30	Cellplasten smälter vid kortsidan av skarven.
40	Cellplasten smälter ner över större del av skarvytan.
50	Cellplasten smälter ner över hela skarvytan, men asfaltappen når inte betongelementet utan den hänger mellan mineralullen.
60	Slut

Vid det andra provet användes polystyrencellplast som isolering över hela taket. Efter 31 minuters brandpåverkan översteg temperaturen hos ett av termoelementen den med tillgänglig utrustning maximalt registrerbara temperaturen. Efter ytterligare 17 minuter började smält cellplast och asfalt att rinna genom skarven ned i ugnen.

Observationer försök 2:

0 min	Start
30	På ett område av cirka 500 cm ² har cellplasten helt smält bort.
36	Asfaltpappen smälter på ett område av cirka 200 cm ² .
40	Asfaltpappen ligger på betongelementet från balk till balk, över balkarna har inte cellplasten helt smält bort.
45	Sticklågor från skarven, men inget asfaltdropp.
47	Asfaltpappen kokar.
48	Asfalt och cellplast droppar från skarven. Kraftig sticklåga från skarven.
52	Slut

Rockwoolförsöken, försökselement 1

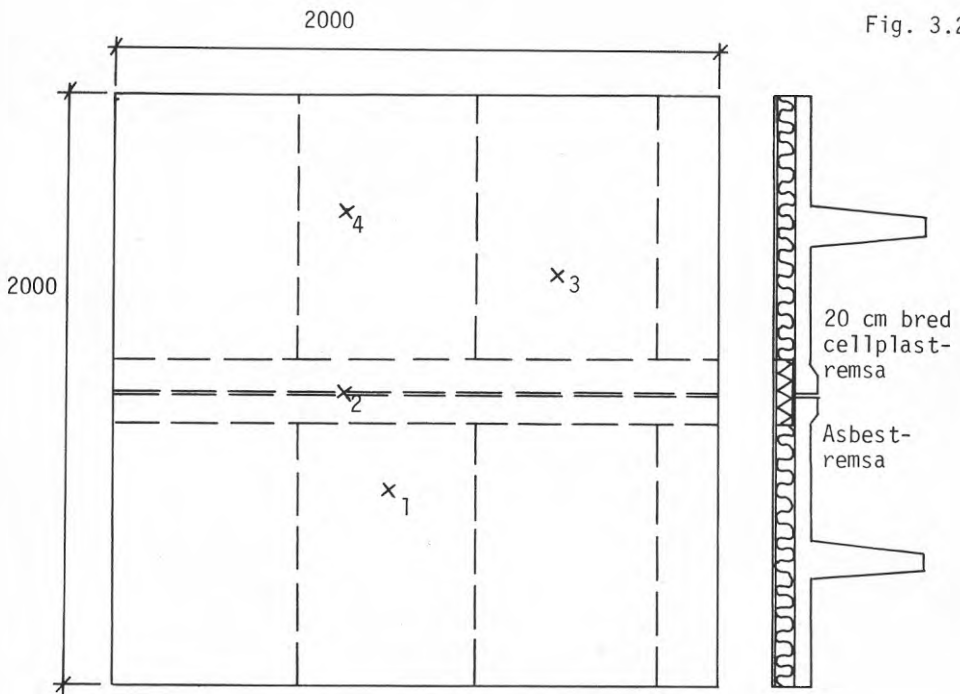
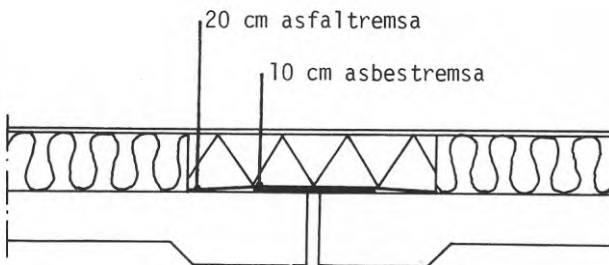
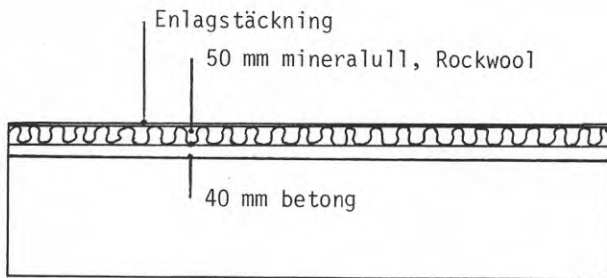


Fig. 3.2 a



Ugns- och isoleringstemperaturer, försök 1

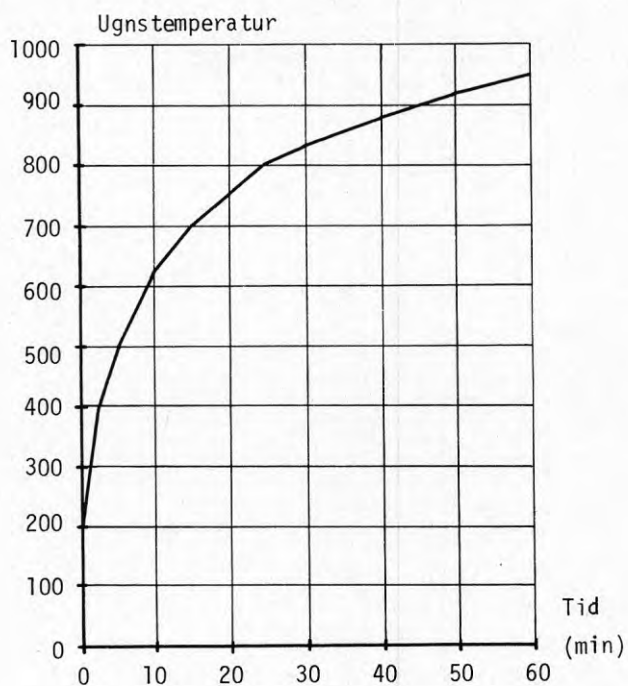
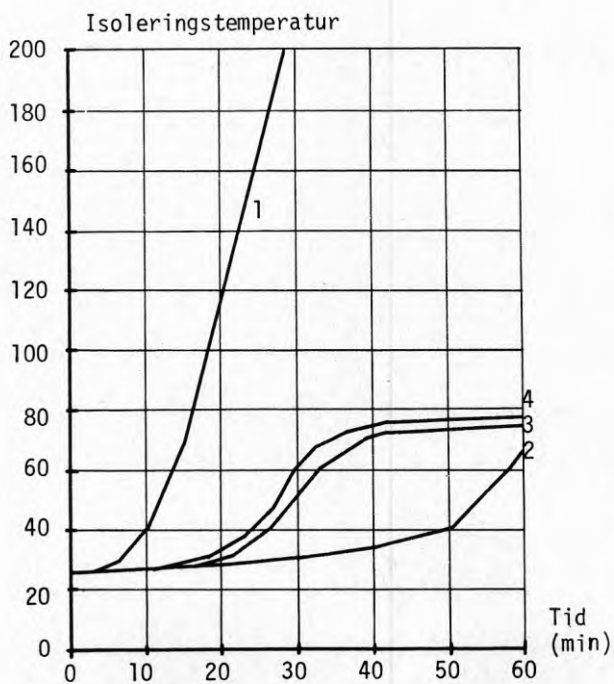


Fig. 3.2 b



Rockwoolförsöken, försökselement 2

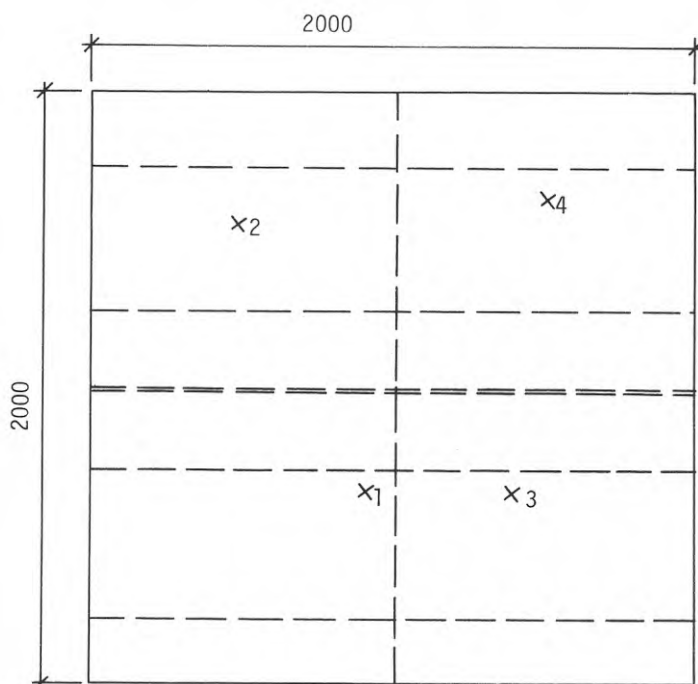
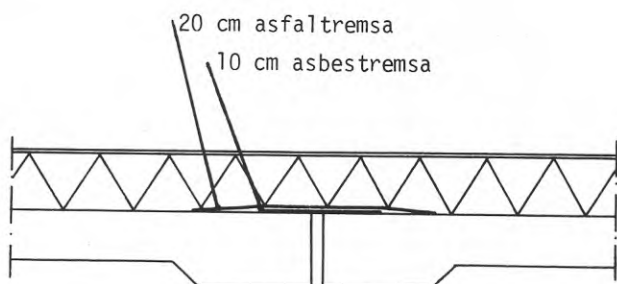
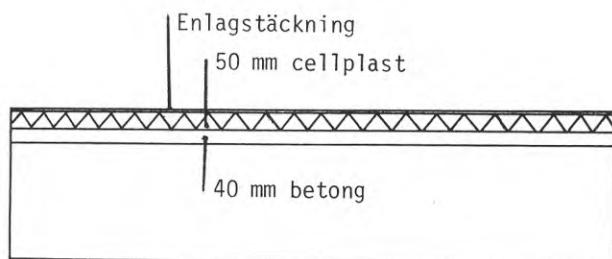
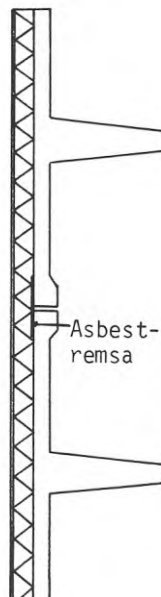
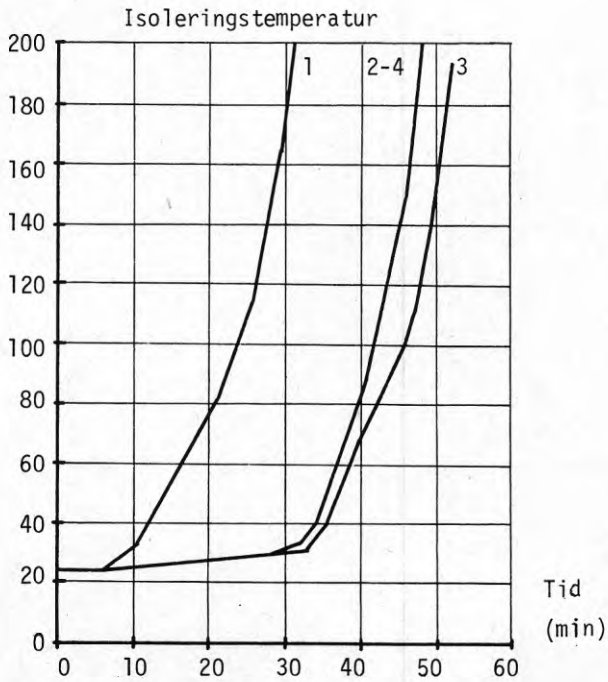
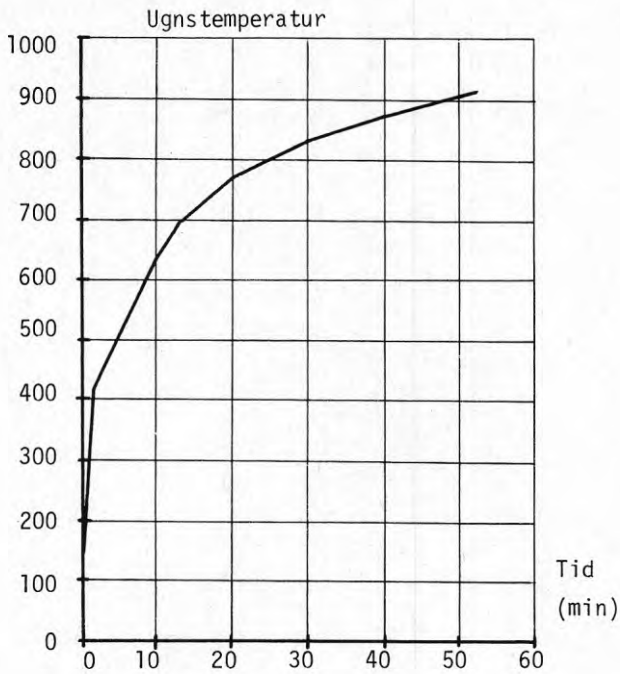


Fig. 3.2 c



Ugns- och isoleringstemperaturer, försök 2

Fig. 3.2 d



3.3 Brandprov av betongtak i Holland

Ett annat brandprov av betongtak utfördes i april 1977 vid Centrum voor Brandveiligheid i Delft, Holland. Proven hade beställts av AB Strängbetong och avsåg en förspänd betongplatta armerad med \emptyset 2 mm spännråd ur bolagets sortiment med beteckningen T1f 240-07/40 vars bredd 240 cm reducerats till 180 cm. Målsättningen var att testa plattans motståndsförmåga mot brand vid belastning.

För ändamålet göts i augusti 1975 ett 11.5 m långt, 1.8 m brett och 0.4 m högt takelement, som förvarades inomhus fram till testdagen. Fuktkvoten var då 1.6 % i plattan och 3.2 % i balkarna (viktsprocent). Vid gjutningen av elementet tillverkades också en kub, som efter 28 dagar hade en hållfasthet av 56 MPa.

För provningen försågs taket med en 10 cm tjock mineralullisulering (Rockwool Lapidus No 211). Plattan lades upp med s k fri uppläggning och med ett rullager vid ena kortsidan och så att den ena plattändan var belägen inne i brandrummet. Den fria spännvidden blev då 10.8 m varav 6.0 m brandexponerats. I enlighet med förutsättningarna testades elementet belastat. Lasten var fördelad på sex punkter och utgjorde 18.4 kN per punkt.

Under provet registrerades:

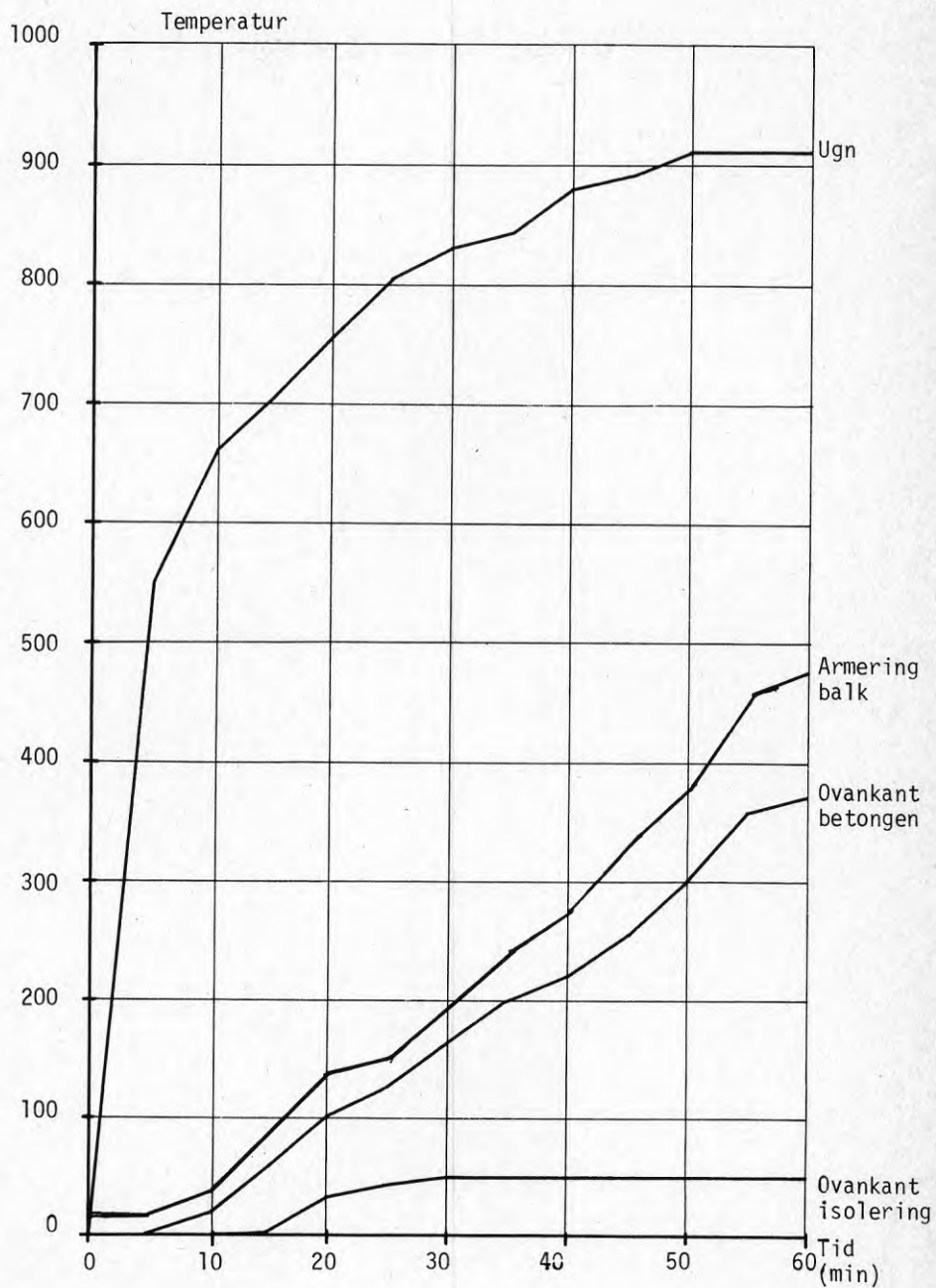
- o Ugnstemperatur
- o Temperaturen på betongens överyta
- o Temperaturen på isoleringens överyta
- o Temperaturen i balkarna
- o Nedböjningen i mitten

Observationer:

0 min	00 sek	Start
6	00	Rök från undersidan av taket
15	00	Rök från ovansidan på taket
40	00	Rök från mineralullen
52	00	En kraftig nedböjning skedde
55	00	Plattan hade nu en så kraftig nedböjning att den vilade mot ugnsväggen
60	00	Provet avbröts

Som resultat av detta försök kunde konstateras att brandmotståndet, bestämt enligt ISO 834, var 55 min.

Fig. 3.3



4 REDOGÖRELSE FÖR EGNA UNDERSÖKNINGAR AV BETONGTAK

4.1 Syfte

Liksom Svenska Brandförsvarsföreningens provningar av plåttak utfördes den nu aktuella brandtekniska undersökningen av tak med betong som bärande element vid Statens Provningsanstalts brandtekniska laboratorium i Borås. För brandprovningsutnyttjades laboratoriets horisontalugn (H-ugnen). Med denna ugn var det möjligt att åstadkomma ett temperaturförlopp motsvarande det vid Brandförsvarsföreningens plåttaksundersökning registrerade förloppet. Detta var angeläget, eftersom ett av huvudsyftena var att utröna, om den vid nämnda undersökning utarbetade provningsmetoden var tillämplig även för lättare betongtak.

Det ansågs att undersökningen borde utföras med en standard-takplatta. I enlighet härmed valdes som undersökningsobjekt ett TTF-element med 40 mm tjock platta ur AB Strängbetongs sortiment. Takplattor av detta slag är i första hand avsedda för industrihallar.

Takkonstruktioner av betong hänförs såsom tidigare framgått till klass T 1 i försäkringsbolagens klassificeringssystem, det vill säga till den högsta klassen vilket därmed ger de lägsta försäkringspremierna. På senare tid har emellertid från försäkringshåll rests vissa invändningar mot att utan åtskillnad hänföra samtliga betongtakkonstruktioner till denna klass. Invändningarna har framförallt gällt tak med cellplast som isoleringsmaterial. Med anledning härav har det befunnits angeläget att genomföra en undersökning med syftet att fastställa takplattornas brandtekniska egenskaper särskilt med hänsyn till benägenheten för brandspridning genom skarv eller platta till ovanliggande taktäckning och fortsatt brand i taktäckningen - s k yttre brandspridning - samt brandspridning genom dropp av t ex asfalt från skarv till närliggande område - s k inre brandspridning.

4.2 Försöksupplägning

4.21 Beskrivning av försöksugnen

Svenska Brandförsvarsföreningens plåttaksundersökningar utfördes som tidigare nämnts i halvstor skala på ett särskilt försökshus. Som brandkälla använde man sig av torkad ved, uppställd i ena kortändan av huset. Härigenom erhöles inom vissa partier av byggnaden ett brandförlopp, som ansågs vara representativt för en "måttlig men ej fullt utvecklad brand".

Den ugn, som användes vid de nu aktuella försöken, har formen av en rektangulär "låda". För att få en lutning på taket av ungefär 1:24 byggdes ugnsväggen upp med lättbetongblock. På dessa lades sedan takelementet. Ugnen är byggd av stål och invändigt klädd med högporöst tegel. På långsidorna fanns inmonterade ett antal oljebrännare, varav vid detta tillfälle fyra stycken - två på vardera sidan - kom till användning.

För att i möjligaste mån efterlikna den tidigare undersökningen av plåttak med dess ojämna temperaturförhållanden uppfördes inne i ugnen en med kortsidan parallell vägg, varigenom det bildades två utrymmen med ett inbördes storleksförhållande av ungefär 1:3. I det mindre av dessa båda utrymmen - i fortsättningen benämnd brandcell - fanns de fyra brännare som utnyttjades vid försöken (se fig 4.21).

4.211 Placering av termoelement

Registreringen av temperaturförloppet skedde med hjälp av ett 60-tal termoelement, som dels hade utplacerats i ugnen, dels anbragts i eller på själva försöksobjektet i enlighet med vad som framgår av fig 4.211.

4.22 Brandförlopp

Försökserien föregicks av två kalibreringsprov, båda med tak av lättbetong, där man med hjälp av den reducerade brandkurvan bestämde den oljetillförsel som skulle användas vid de fyra kommande försöken. Styrningen skedde manuellt vid alla fyra försöken. (En automatisk styrning är möjlig och torde komma till användning vid kommande, liknande brandprov.)

4.23 Utformning av provkroppar

I samtliga fyra försök, som undersökningen omfattade, användes ett och samma betongelement. Detta hade för att passa provugnens dimensioner måst specialtillverkas. För att åstadkomma en önskad skarv i konstruktionen bestod elementen av två förkortade halvor av takelementet TT 240-07/40.

Vid det första försöket uppstod vissa skador på elementet. Sålunda lossnade en del betong vid båda balkarna, uppenbarligen till följd av hög fuktkvot hos det nytillverkade elementet. Efter detta försök vändes takelementen ett halvt varv så att de skadade balkdelarna kom att ligga längst bort från brandcellen.

Den tekniska utformningen framgår av figur 4.23.

4.24 Skarvtäckning

Skarven mellan de båda elementhalvorna var ungefär 10 mm. För täckningen av denna användes en asfaltmatta, som framtagits av AB Svenska Icopalfabriken i samarbete med AB Strängbetong. Mattan värmdes och klistrades över skarven.

I det första försöket skedde ingen ytterligare täckning. I de tre övriga försöken i serien täcktes däremot skarven först med obrännbar, 10 cm bred remsa av kaolinbunden glasfiber, en s k Mitex-remsa. Ovanpå denna lades sedan en asfaltmatta av samma slag som i det första försöket. Se fig 4.24.

4.25 Isolering

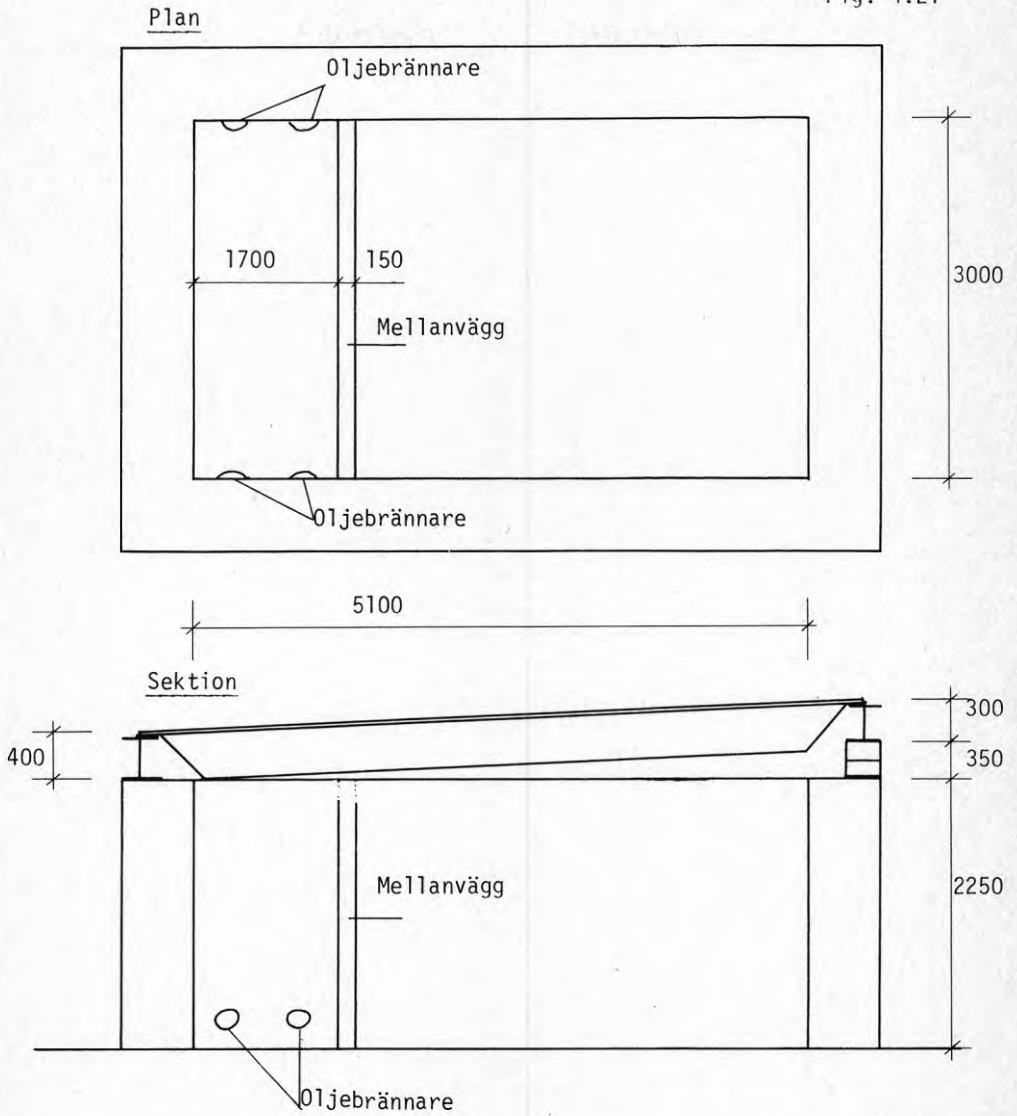
Som isolering i försök 1 och 3 användes cellplast- och mineralullskivor, vilka utbreddes över betongelementet och fixerades med hjälp av i detta ingjuten ståltråd, s k mekanisk infästning (fig 4.25). I det andra försöket utgjordes isoleringen av en kombiplatta bestående av cellplast och perlit. Även här användes mekanisk infästning. I det fjärde och sista försöket bestod isoleringen enbart av mineralull som klistrades med varmasfalt direkt på betongkonstruktionen.

4.26 Tätskikt

Tätskiktet utgjordes i samtliga fyra fall av ett lager skyddsbelagd ytpapp samt därunder i försök 1 och 2 av luftspaltsbildande papp och i försök 3 och 4 av underlagspapp. Pappen klistrades mot underlaget på sedvanligt sätt med varmasfalt. Läggnings- och utfördes av AB Svenska Icopalfabriken.

Försökupställning

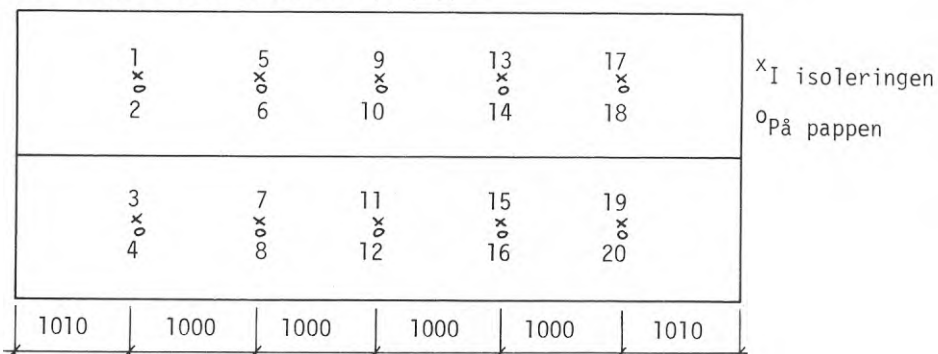
Fig. 4.21



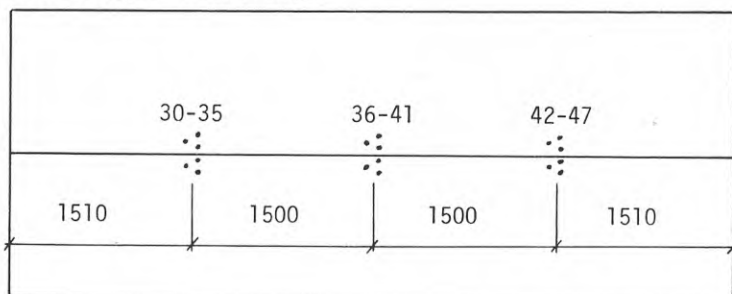
Termoelementens placering

Fig. 4.211

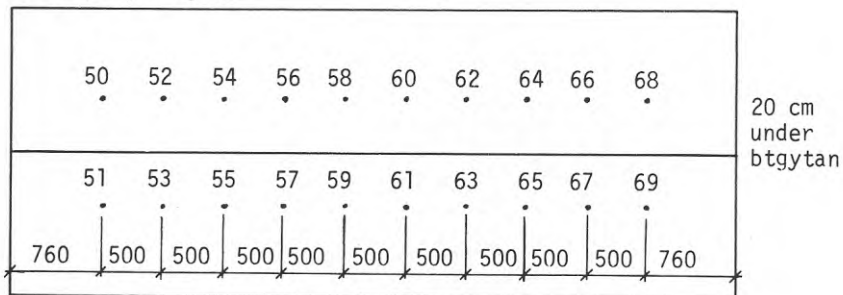
Placering i isoleringen och på pappen



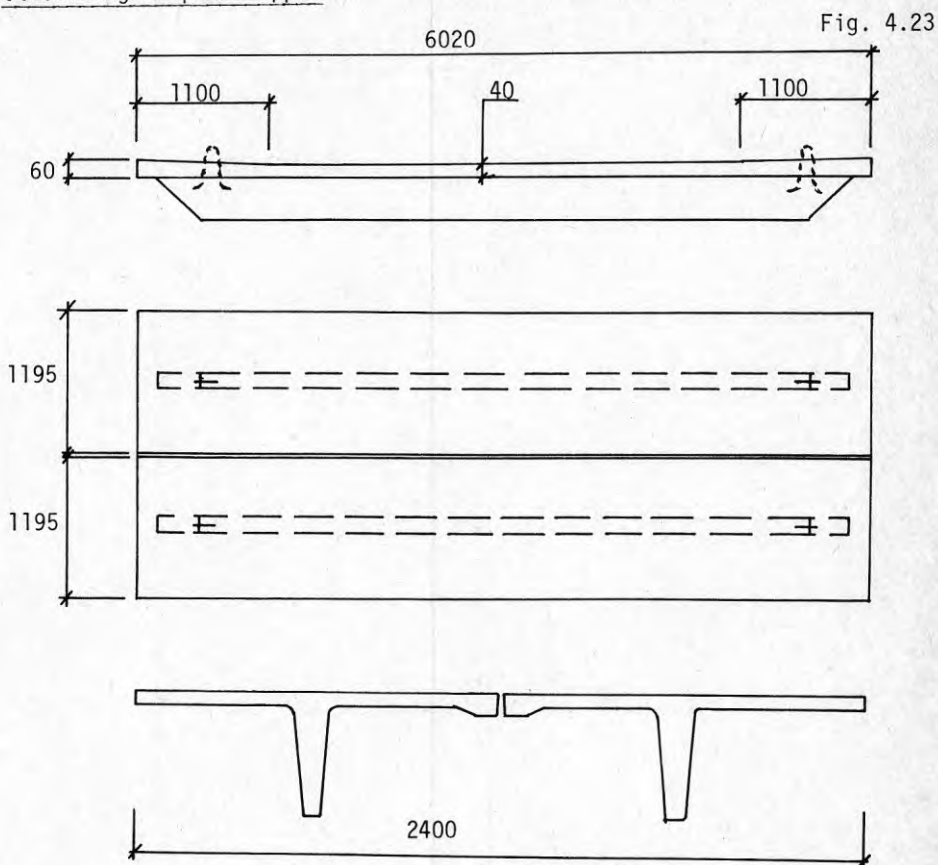
Placering i TT-elementen



Placering i ugnen



Utformning av provkroppar



Skarvtäckning i de olika försöken

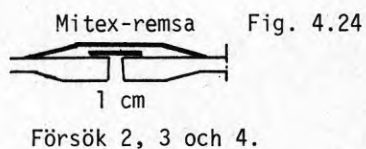
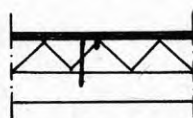
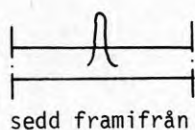


Fig. 4.24

Mekanisk infästning



sedd från sidan med
cellplastisolering och
tvålagstäckning.

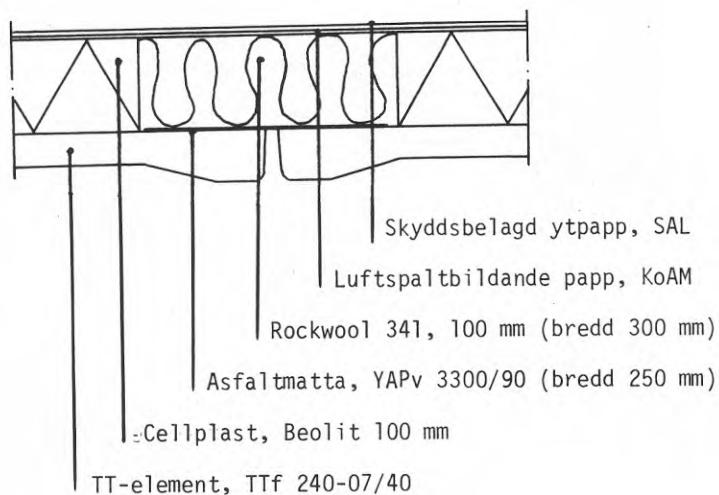
Fig. 4.25

4.3 Utförda försök

Provserien omfattade, som tidigare framgått, fyra försök. Efter varje försök revs isolering och skarvtäckning. Eventuella skador på papp, isolering och skarvremsa antecknades. Inför varje nytt försök lades sedan ny skarvtäckning och isolering samt klitrades nytt papptak.

4.31 Försök 1, cellplast med mineralullstäckt skarv

Det första försöket inleddes med att en 25 cm bred asfaltmatta genom uppvärmning klitrades över skarven. Över denna asfaltmatta lades därefter en 30 cm bred mineralullskiva. I övrigt utgjordes isoleringen av cellplastskivor, som fixerades genom mekanisk infästning. Tätskiktet, som utgjordes av ett lager luftspaltbildande papp samt däröver ett lager skyddsbelagd ytpapp, klitrades med varmasfalt på vanligt sätt.



För att bestämma mängden tillförd asfalt skars provbitar av pappen, vilka beströks med asfalt och fogades samman. Provbitarna vägdes före och efter klistring och sammanfogning. Bestämningen gav följande resultat:

Provyta	0.54 m ²
Vikt före klistring	3.20 kg
Vikt efter klistring	3.75 kg
Viktförändring	0.55 kg

Mängden tillförd asfalt, exklusive asfalten i pappen, kunde med ledning härav beräknas till ca 1.0 kg pr m².

Observationer:

00 min	00 s	Start
0 "	20 s	Svag rökutveckling. Cellplasten började smälta utefter långsidorna av område 1-2.
3 "	00 s	Intensivare rökutveckling
7 "	20 s	Asfaltdropp från skarven över brandcellen.
10 "	00 s	Brinnande dropp från skarven.
14 "	00 s	Skarven över brandcellen övertänd.
17 "	05 s	Branden i skarven slocknade.
21 "	25 s	Betongen spjälkades loss från en av balkarna på en sträcka av ungefär 2 m, över den uppbyggda väggen i ugnen.
23 "	20 s	Rökutvecklingen hade i det närmaste upphört.
24 "	45 s	Betong spjälkades loss från den andra balken, även här på en sträcka av ungefär 2 m och på samma ställe.
30 "	30 s	Pappen hade sjunkit något inom område 2.
40 "	00 s	Slut.

Skadebeskrivning:

Allmänt

Efter avslutat försök kunde konstateras, att betong spjälkats loss på en sträcka av ca 2 m från vardera av de båda balkarna. Vidare hade isoleringen delvis förstörts. Bland skadorna på isoleringen må här nämnas avsmältning av en ca 5 cm bred remsa av cellplasten utefter de båda långsidorna. Här hade även pappen fått skador men i övrigt var tätskiktet oskadat.

Skadebild.

Skadorna på takisoleringen åskådliggörs genom den schematiska skadebilden i fig. 4.31. Som synes är takytan uppdelad i sex nummerade områden, av vilka nr 1 och nr 2 motsvarar den del av taket som täckte brandcellen.

Område 1-2.

Helt naturligt utsätts detta område för de mest omfattande skadorna. De på bilden ommarkerade fälten avser total eller nästa total avsmältning, det vill säga fält där ingen isolering fanns kvar. Den mörka fläck, som finns längst ned till vänster i område 2, markerar en punktavsmältning, som orsakats av den värmeledande förmågan hos ståltråden i den mekaniska infästningen.

De rutade fälten visar var avsmältningen uppgick till mellan 20-85 mm av den 100 mm tjocka cellplasten.

Där avsmältning av mindre omfattning förekom markeras genom de streckade fälten. Av intresse i detta sammanhang är att konstatera balkarnas isolerande verkan.

Mineralullremsan var svartbränd på undersidan. Vidare konstaterades viss missfärgning av mineralullen inne i själva remsan.

Område 3-4

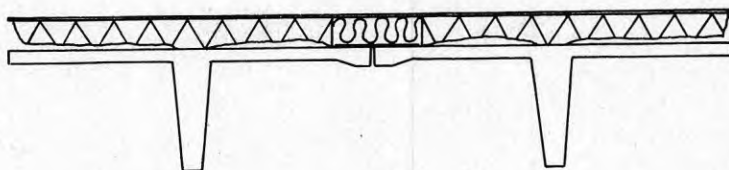
Som synes av skadebilden var skadorna inom detta område betydligt mindre än inom område 1-2. Särskilt markant är här balkarnas isolerande verkan.

Mineralullremsan var även här svartbränd på undersidan men endast på de delar som befann sig närmast brandcellen.

Område 5-6

Inom detta område kunde endast ringa eller obetydliga förändringar konstateras.

Ett tvärsnitt mitt på takkonstruktionen utvisar följande skadebild:

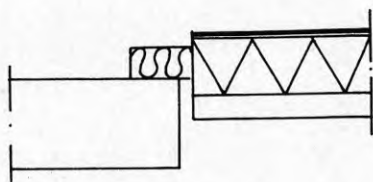


Skadeskiss, skala 1:20

Kommentar:

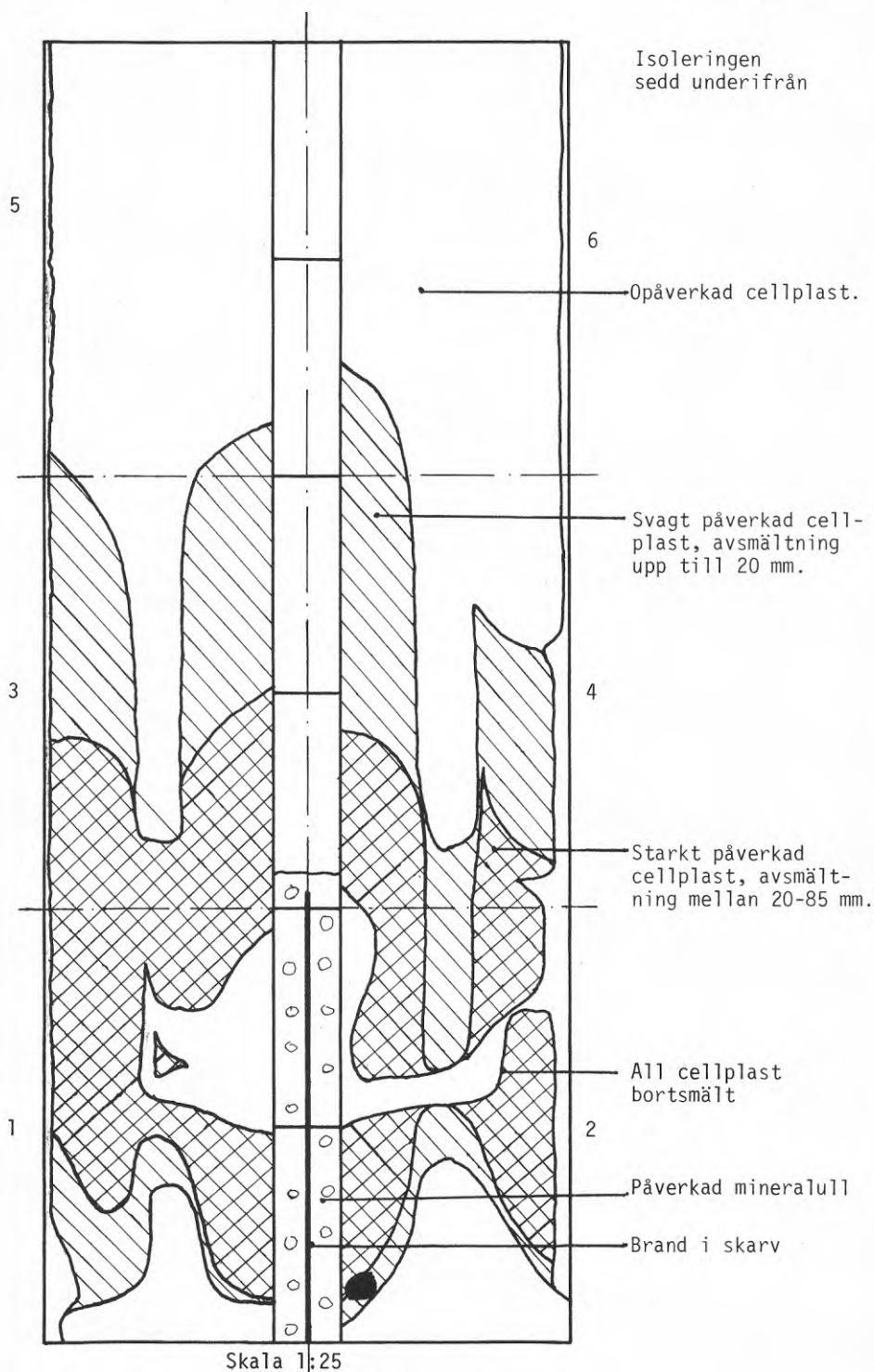
Betongelementet var vid detta försök endast 12 dagar gammalt (gjutning 77-10-19 - försök 1, 77-10-31) och därför inte tillnärmelsevis så uttorkat som det borde ha varit. Något fuktkvotsprov togs inte före försöksstarten men beräkningar i efterhand tyder på att fuktkvoten var drygt 5 %. Den höga fukthalten var troligtvis, jämte den snabba temperaturstegringen i försökets början, anledning till att betong spjälkades loss från balkarna. Observera att motsvarande avspjälkningar ej skett för de vid provningen äldre provelementen beskrivna i 3.3 ovan och i bilaga 1. Temperaturen var vid avspjälkningen mätt högs armeringen i underkant av balkarna, 155 respektive 160 °C.

En bidragande orsak till de kantavsmältningar, som framgår av skadebilden (fig. 4.31) är det stora mellanrum, som fanns mellan taket och de för försöket uppbyggda ugnsväggarna. Glappet uppgick som mest till ungefär 20 mm. För att eliminera effekten av glappet lades mineralullsskivor över detta (se fig. nedan) med delvis lyckat resultat. Vid resultatbedömningen finns alltså anledning att bortse från denna randeffekt.



Tätning av glappet mellan tak och ugnsvägg

Fig. 4.31



Registrerade temperaturer

Genom nedanstående diagram åskådliggörs temperaturförhållandena under försök 1, dels i ugn, dels hos provkroppen. Siffrorna till höger om diagrammen avser numren på de termoelement på vilka respektive kurva är grundad.

Diagram utvisande temperatur i ugn (de tre övre kurvorna) och hos isolering (de två undre kurvorna under försök 1.

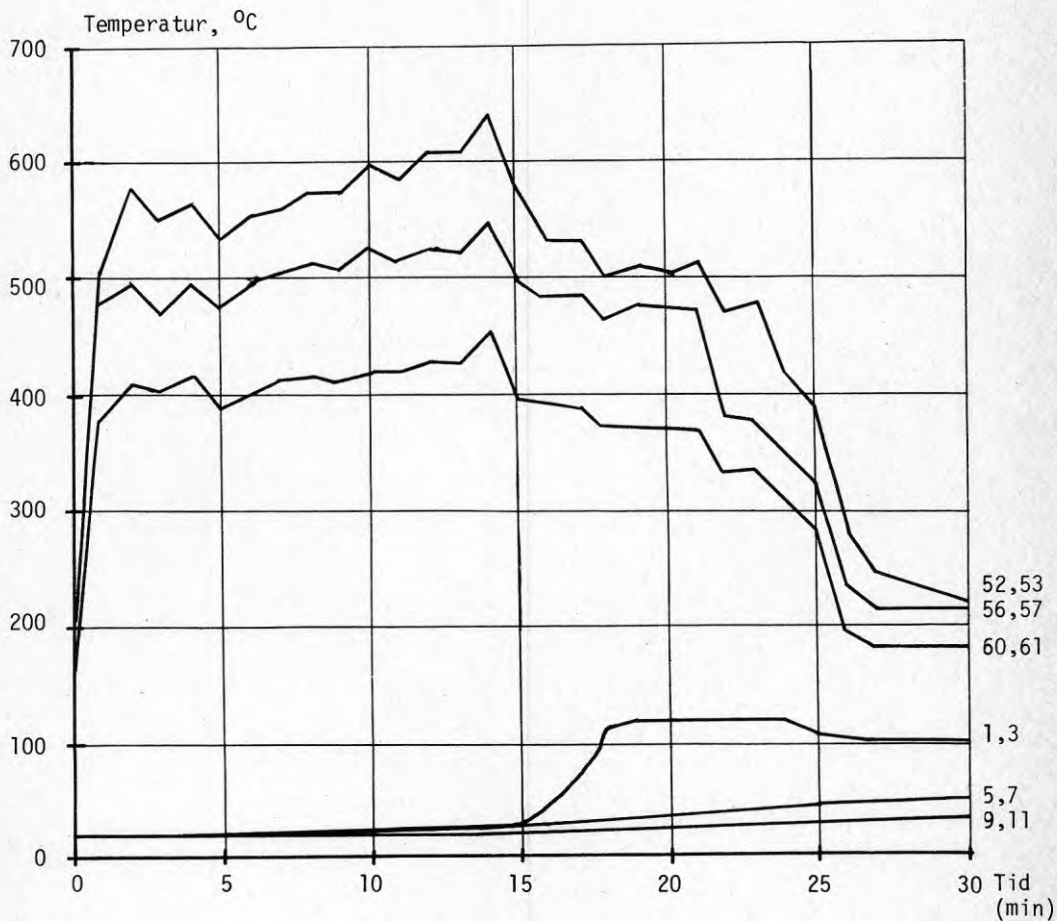


Diagram utvisande temperatur i ugn (de två övre kurvorna) och hos isolering (de två undre kurvorna) under försök 1

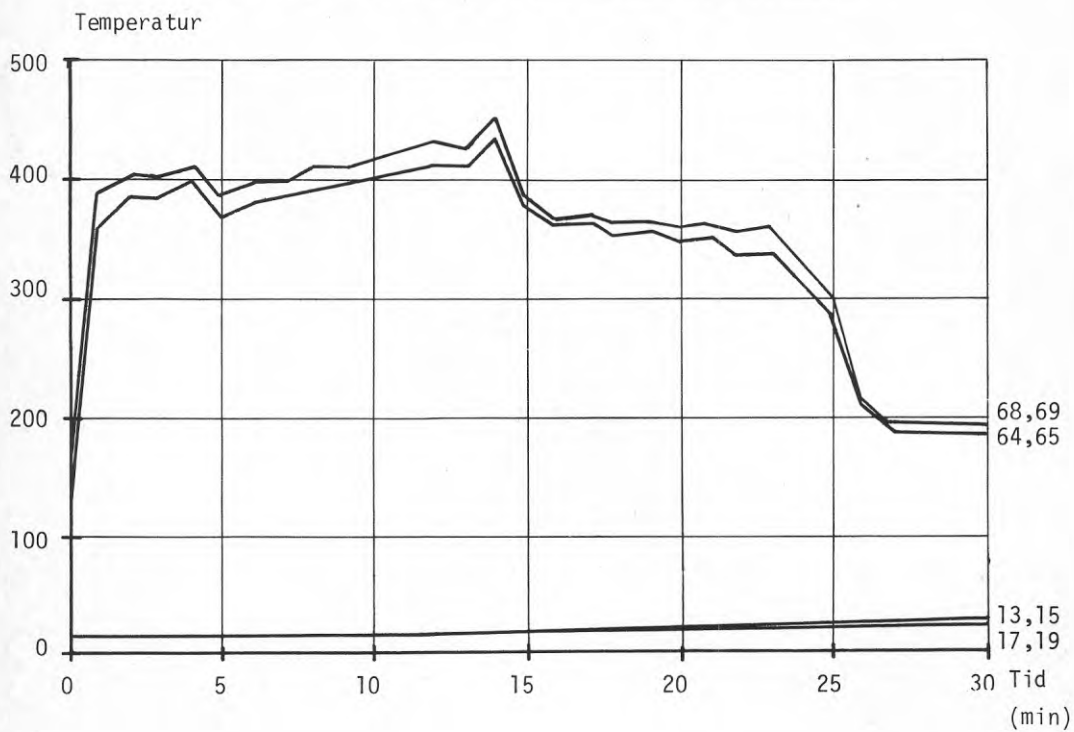


Diagram utvisande temperatur-förhållandena inne i ugnen, hos isoleringen samt på takets ovsida under försök 1

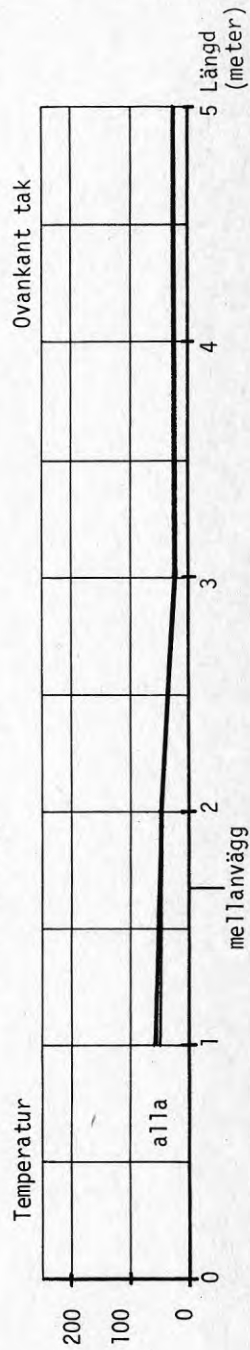
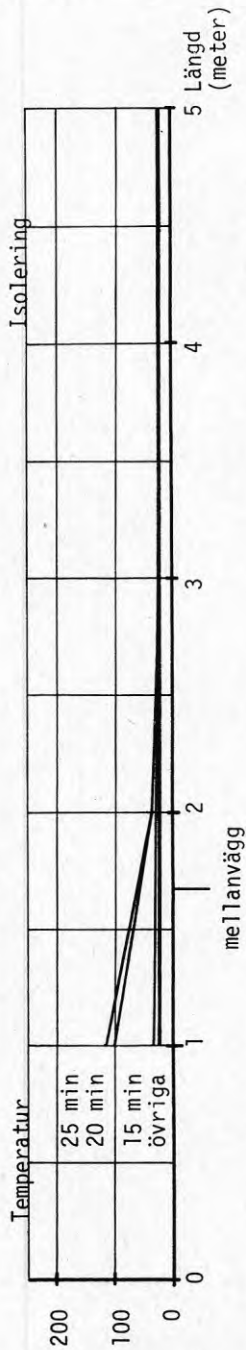
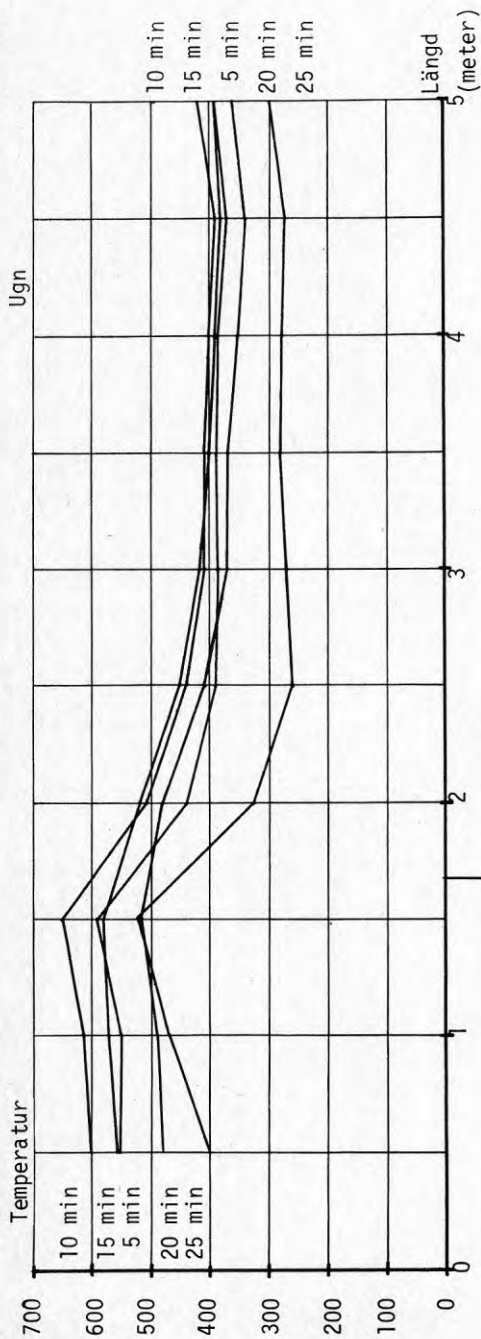
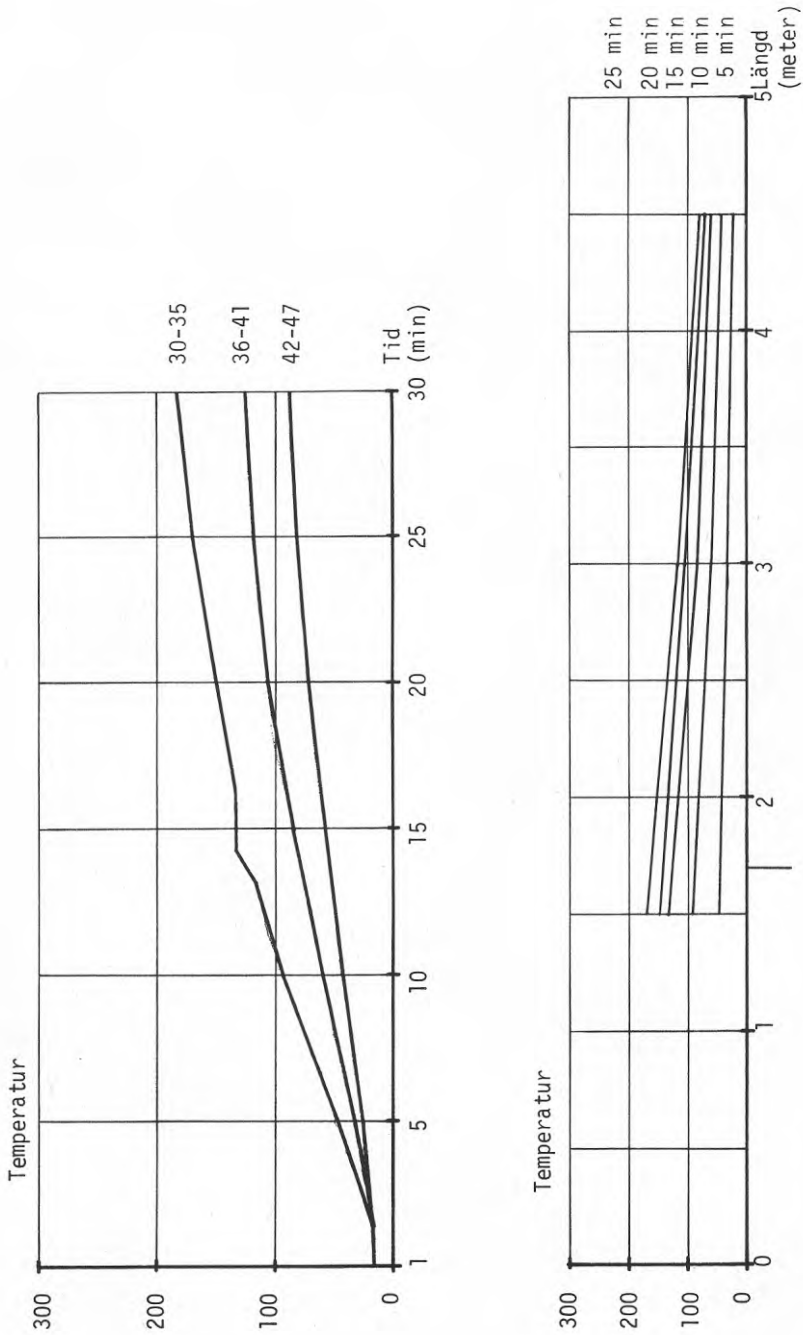
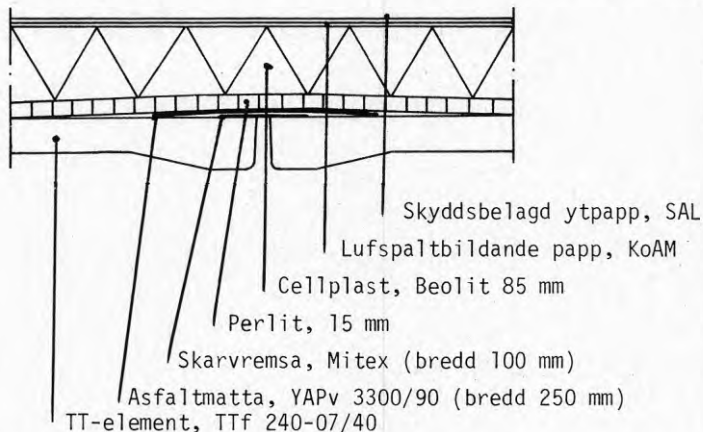


Diagram utvisande temperaturförhållandena i betongplattan under försök 1.



4.32 Försök 2, kombiplatta perlit/cellplast

Vid detta försök kompletterades skarvtäckningen med en 10 cm kaolinbunden glasfiberremsa som placerades omedelbart över skarven. På denna klistrades sedan asfalmattan med hjälp av uppvärmning. Isoleringen, som i detta prov utgjordes av en sk kombiplatta bestående av cellplast och perlit, fästes på mekanisk väg. Ovanpå klistrades pappen på sedvanligt sätt. Den tillförda mängden asfalt var även i detta fall ca 1 kg pr m² takyta (exkl asfalten i pappen).



Observationer:

0 min 00 s	Start
1 " 20 s	Svag rök synlig
7 " 00 s	Den vid brandcellens kortsida synliga delen började smälta.
18 " 45 s	Rökentensiteten minskade.
22 " 00 s	Pappen sjönk ned punktvis i område 1-2.
40 " 00 s	Slut.

Skadebeskrivning

Allmänt

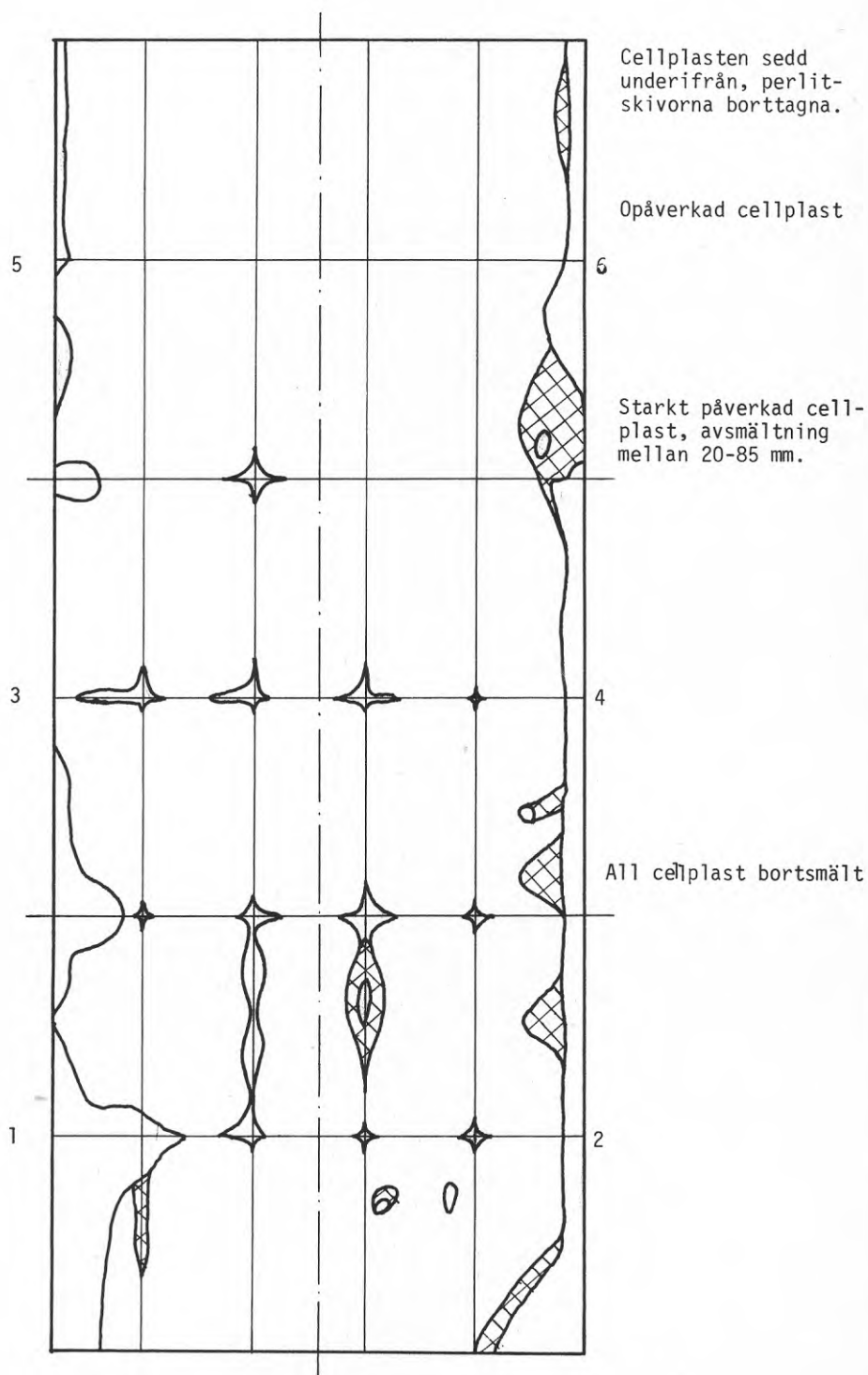
Även i detta försök kunde, såsom framgår av skadebilden (fig 4.32 a), en viss kantavsmältning hos cellplasten konstateras. Bland övriga allmänna iakttagelser må nämnas en viss krympning hos såväl cellplasten som perlit.

Område 1-2

Här hade delar av cellplasten helt eller delvis smält bort, dock ej i samma utsträckning som i försök 1. Avsmältningen hade huvudsakligen skett i skarvarna mellan kombiskivorna. Inom område 2 iaktogs två punktavsmältningar varav den ena hade förorsakats av den mekaniska infästningen och den andra av lyftögeln, som satt kvar i takelementet. Mitexremsan var något missfärgad, troligtvis av den ovanpåliggande asfalmattan. På det ställe där termotrådarna passerade under Mitexremsan var denna mer påverkad än i övrigt. Här hade också en del asfalt runnit ned i skarven.

Skadebild försök 2

Fig. 4.32 a



Område 3-4

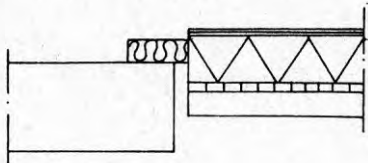
Kombiskivorna hade här liksom i område 1-2 krympt ihop i hörnen (se fig 4.32a). Perliten var fläckvis missfärgad på undersidan. En smältpunkt orsakad av den mekaniska infästningen konstaterades i en kombiskiva invid långsidan på område 4.

Område 5-6

Såväl kombiskivorna och Mitexremsan var i det närmaste helt opåverkade.

Kommentar:

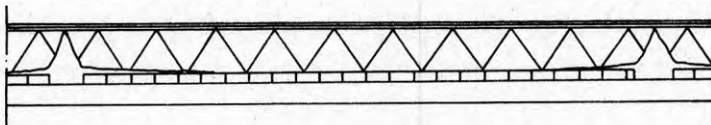
Liksom vid det första försöket fanns det även här mellanrum mellan takkonstruktionen och ugnsväggarna. De kantavsmältningar, som i detta fall kunde konstateras, var av samma omfattning som i första försöket.



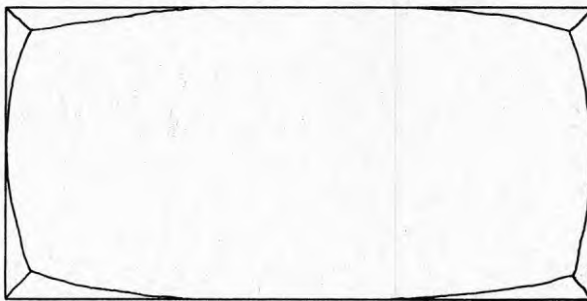
Tätning av glapp mellan
tak och ugnsvägg

Skadeskisser över typiska kombiskivor

Fig. 4.32 b



Deformation av kombiskivan sedd från sidan. Skala 1:10

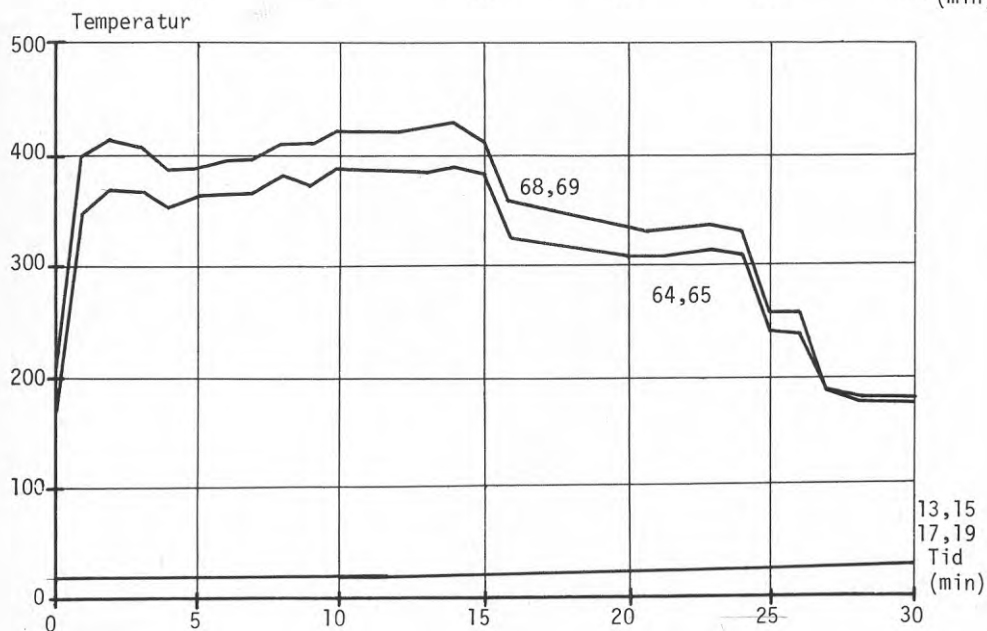
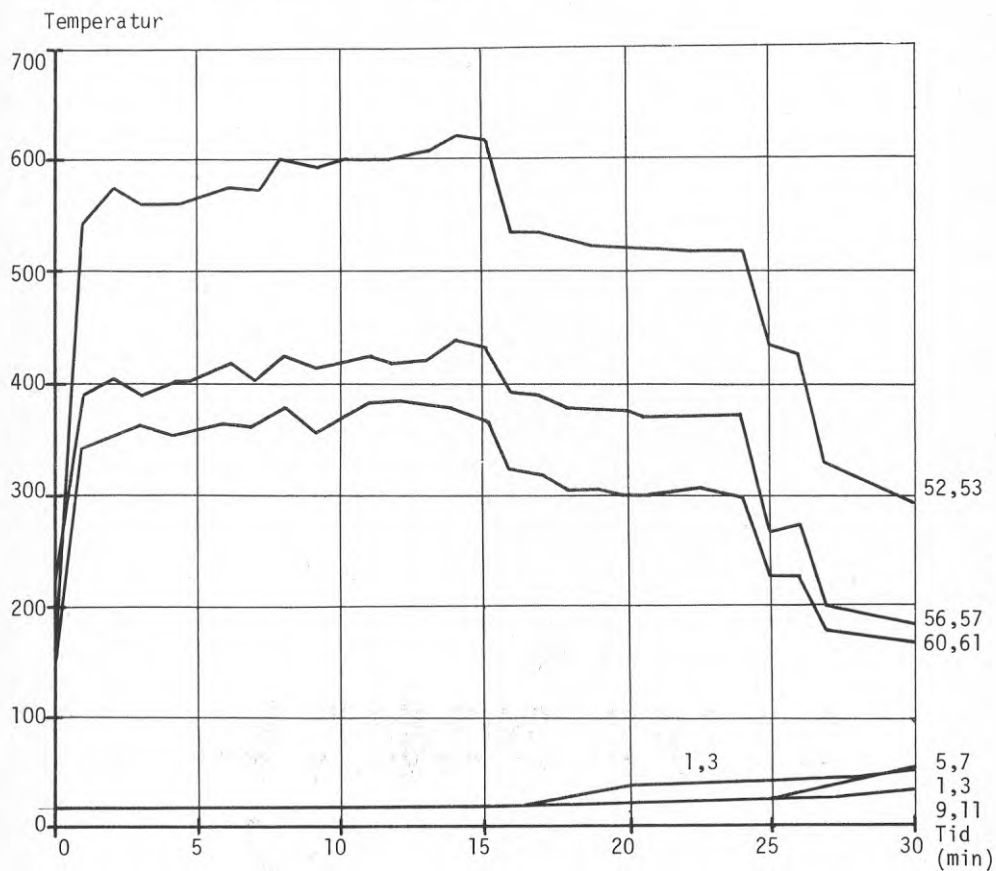


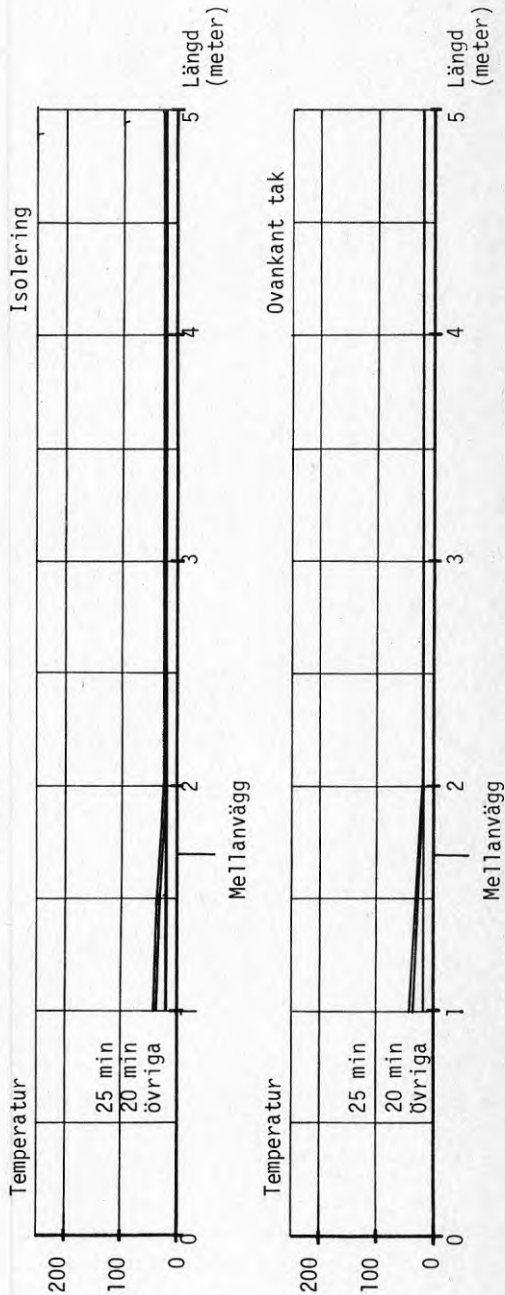
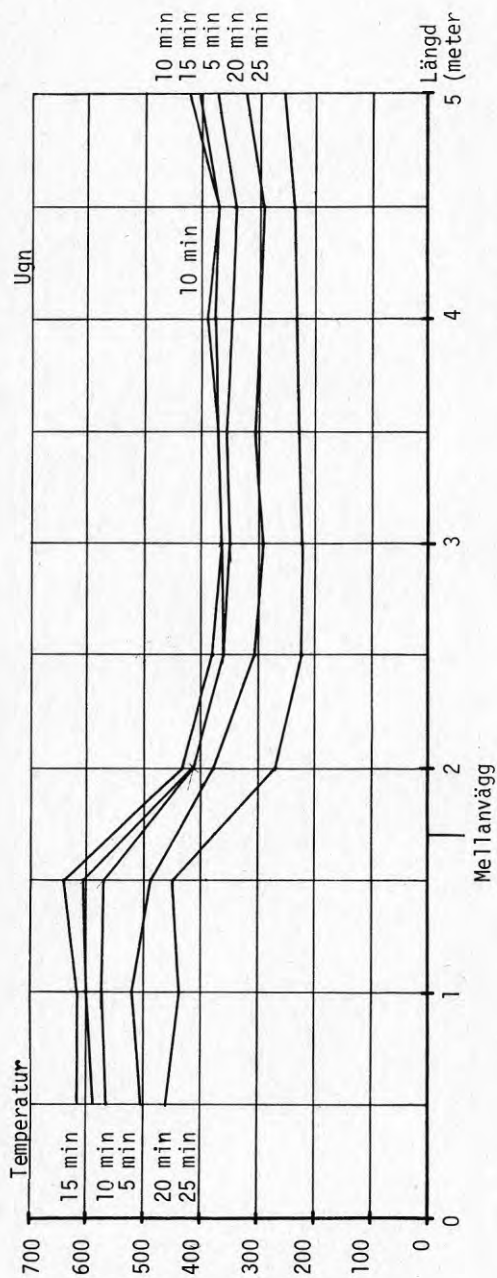
Deformation av kombiskivan sedd underifrån. Skala 1:10

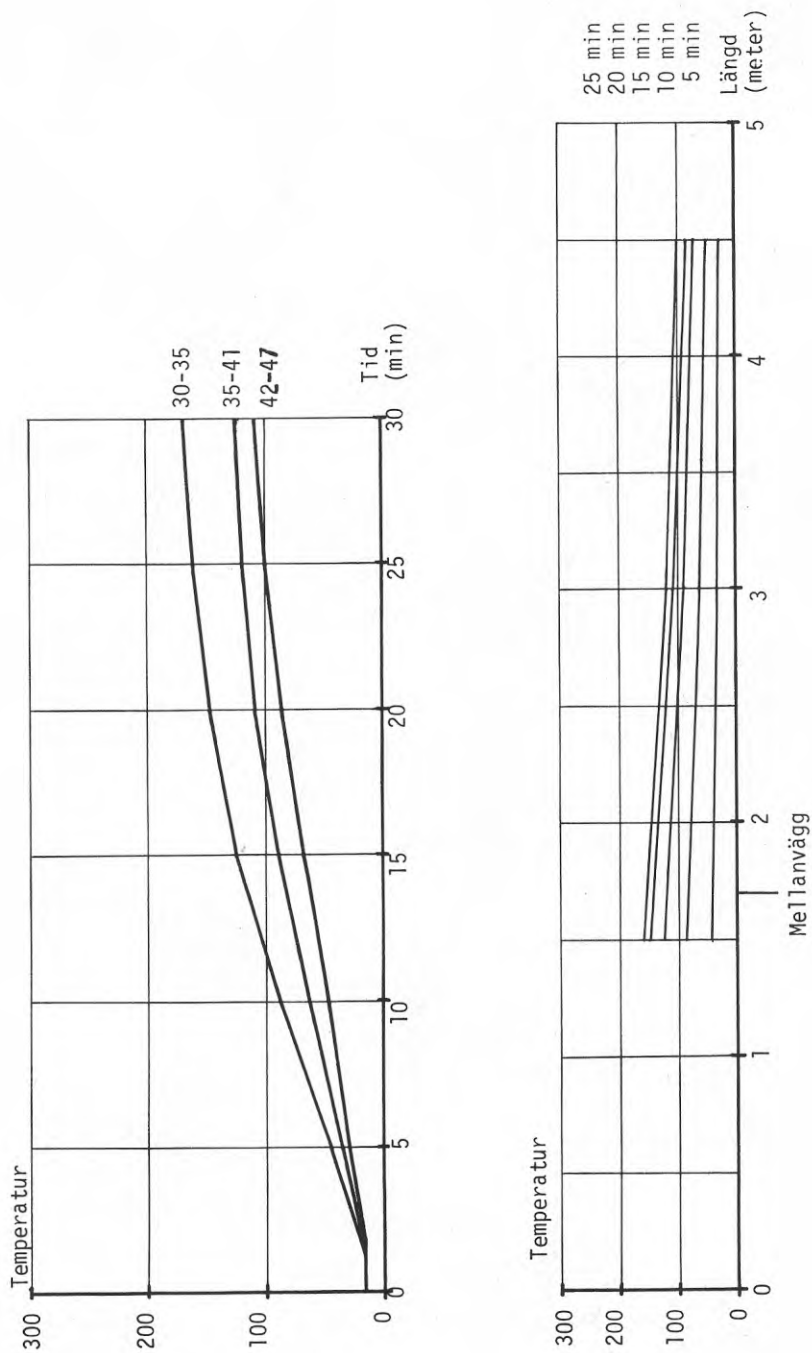
Kommentar: Perliten krymte ihop och gav kantavsmältningen hos cellplasten.

Registrerade temperaturer

Temperaturförhållandena under det andra försöket framgår av nedanstående diagram utvisande temperatur i ugn (de övre kurvorna) och hos isolering (de undre kurvorna) under försök 2. Förekommande nummer anger termoelement.



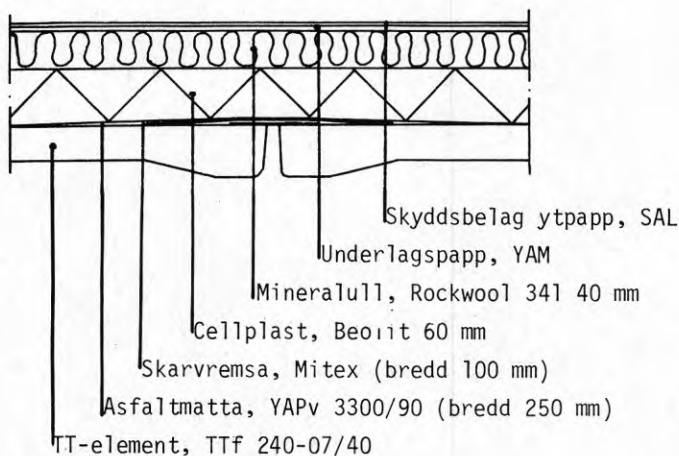




4.33 Försök 3 cellplast, mineralull

Även i detta försök utgjordes skarvtäckningen av en Mitex-remsa jämte en därpå klistrad asfaltmatta. Som isolering användes liksom i försök 1 cellplast och mineralull, men denna gång som dubbla lager över hela ytan. Fixeringen mot betongelementet skedde med hjälp av mekanisk infästning. Takpappen klistrades mot den med varmasfalt strukna mineralullen.

Mängden tillförd asfalt bestämdes liksom i de båda föregående försöken genom uppmätning, vägning och klistring av provbitar av mineralull och takpapp. Proven utvisade att den tillförda mängden asfalt i detta fall utgjorde 2.3 kg/m^2 , exklusive asfalten i pappen.

Observationer

- | | | |
|-------|------|---|
| 0 min | 00 s | Start |
| 0 " | 50 s | Svag rök från kortsidan från område 1. |
| 5 " | 10 s | Något kraftigare rök från hela kortsidan ovanför brandcellen. |
| 12 " | 05 s | Cellplasten hade smält vid område 1 och 2. |
| 13 " | 00 s | Asfalten smälte och flöt fram på ovansidan av Mitex-remsan. |
| 40 " | 00 s | Slut. |

Skadebeskrivning:

I anslutning till den i fig. 4.33 intagna schematiska skabilden kan följande konstateras:

Allmänt

Vid klistring av takpappen mot mineralullen hade varm asfalt runnit ned mellan skivorna och åstadkommit smältgropar med ett största djup av ca 20 mm i cellplasten.

Område 1-2

Den inom detta område bortsmälta cellplasten hade bildat en glasartad beläggning på takelementet. På de ställen inom område 1, där någon cellplast ej längre fanns kvar, var mineralullen missfärgad. Detsamma gällde även utefter kanterna av område 2. Vidare hade asfaltremsan över skarven smält så att man kunde skönja Mitexremsan. Denna var helt missfärgad på undersidan av asfalt. Slutligen hade asfalt runnit ned i skarven, där termotrådarna passerade under Mitexremsan.

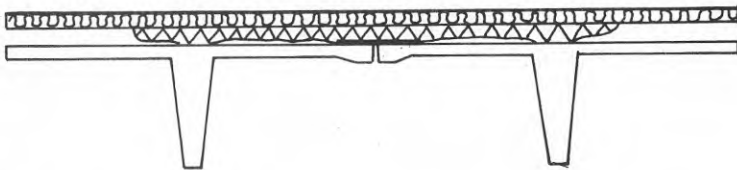
Område 3-4

Inom område 3-4 konstaterades viss avsmältning av cellplast. Dock var cellplasten ovanför balkarna till större delen intakt. Vid skarven hade cellplastskevorna klistrats fast mot asfaltremsan. Vidare hade asfaltremsan vid den nedre delen av området flutit ut. Dessutom hade här liksom inom område 1-2 asfalt runnit ned i skarven, där termoelementtrådarna löpte under Mitexremsan. Slutligen kunde noteras, att mineralullen missfärgats utefter långsidorna.

Område 5-6

Beträffande detta område kunde konstateras, att den kvarvarande cellplasten var opåverkad och att det inte var några problem att ta loss skivorna ovanför asfaltmattan. Mineralullen var dock lätt missfärgad ut mot ena långsidan.

Skadeskiss från ett tvärsnitt mitt på takkonstruktionen.

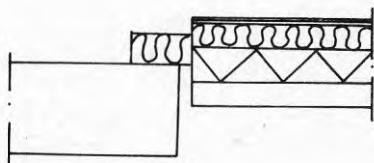


Skadeskiss Skala 1:20

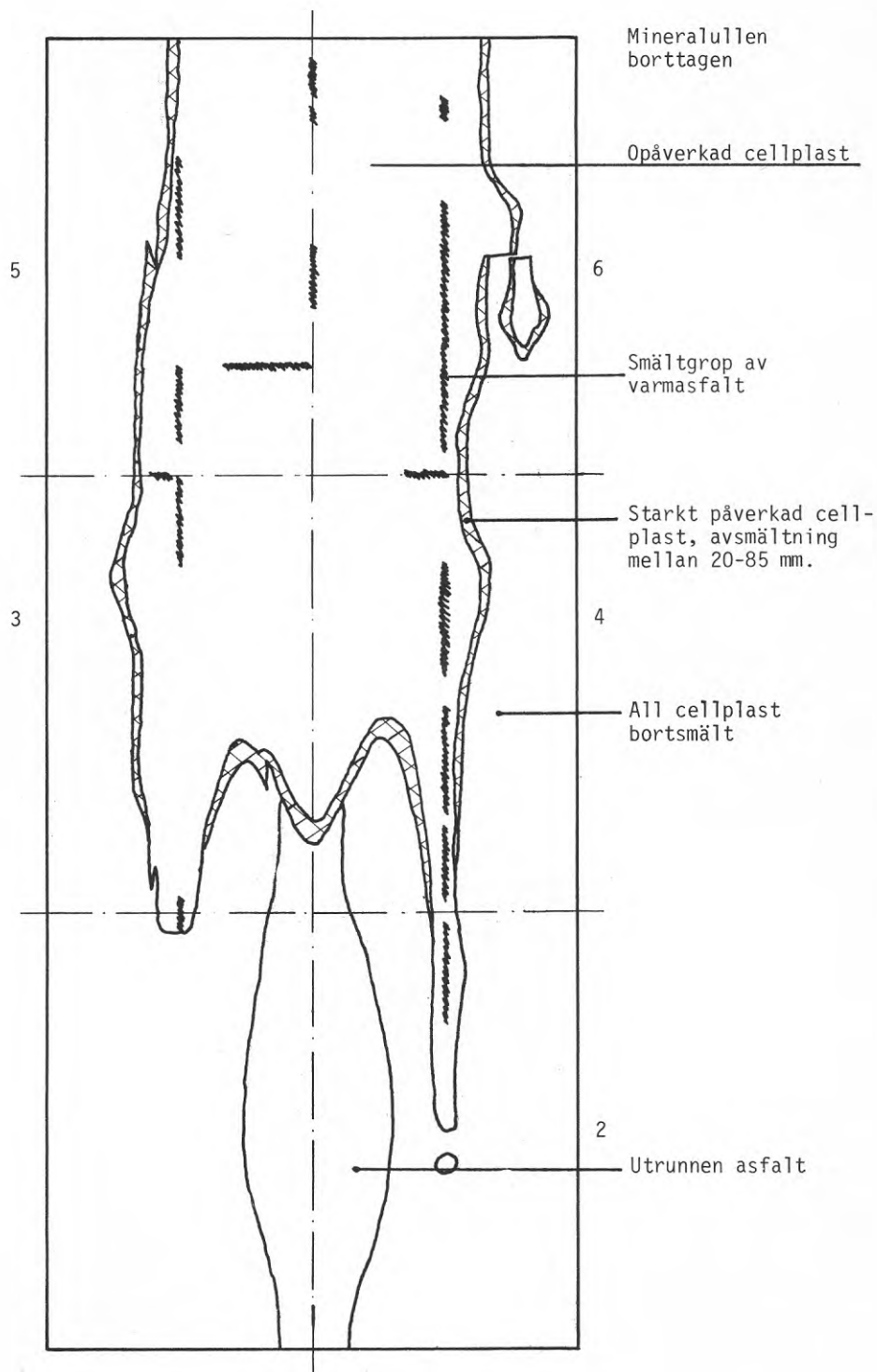
Kommentar

Mellanrummet mellan taket och ugnsväggarna hade, liksom i de två föregående försöken, tätats med ovanpåliggande mineralullsskivor. Tätningen fick emellertid i detta fall en negativ effekt. De lösa mineralullsskivorna kom nämligen att ligga an mot den i taket ingående mineralullen på sådant sätt att värmen tvingades in i takkonstruktionen och där åstadkom kraftiga kanalsmältningar.

I jämförelse med försök 1 var avsmältningen av cellplast kraftigare i detta försök. Orsaken härtill torde vara att söka - förutom i den ovannämnda mindre lyckade tätningen - i att elementen efter två försök var helt uttorkade samt att det i detta fall rörde sig om endast 60 mm cellplast och däröver ett värmeisolerande skikt av 40 mm mineralull.



Tätning mellan tak och ugnsvägg.



Registrerande temperaturer

Diagrammen nedan utvisar temperaturen i ugnen och hos takkonstruktionen i det tredje försöket. Förekommande nummer avser termoelement.

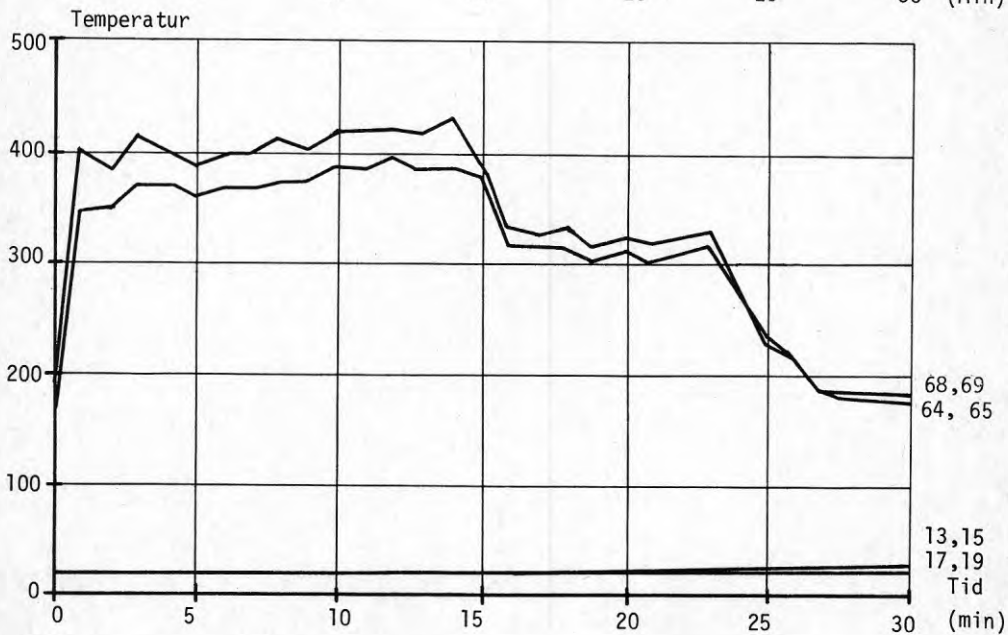
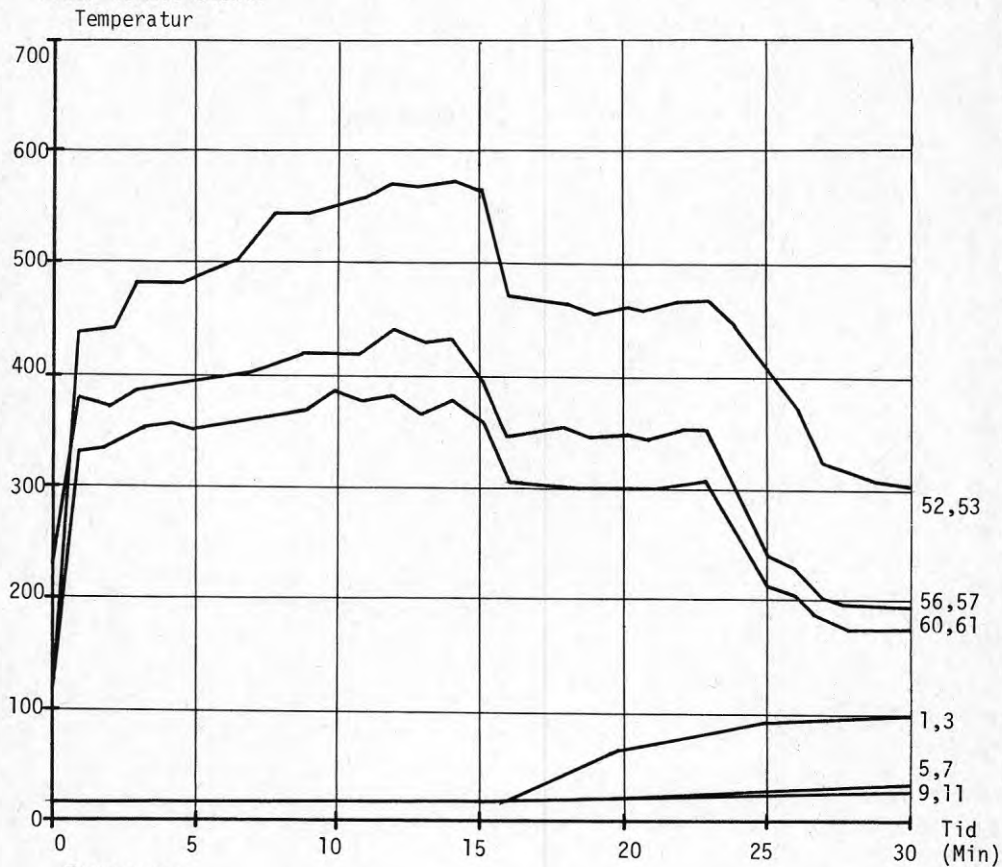


Diagram utvisande temperaturförhållandena inne i ugnen, hos isoleringen och på takets ovansida under försök 3

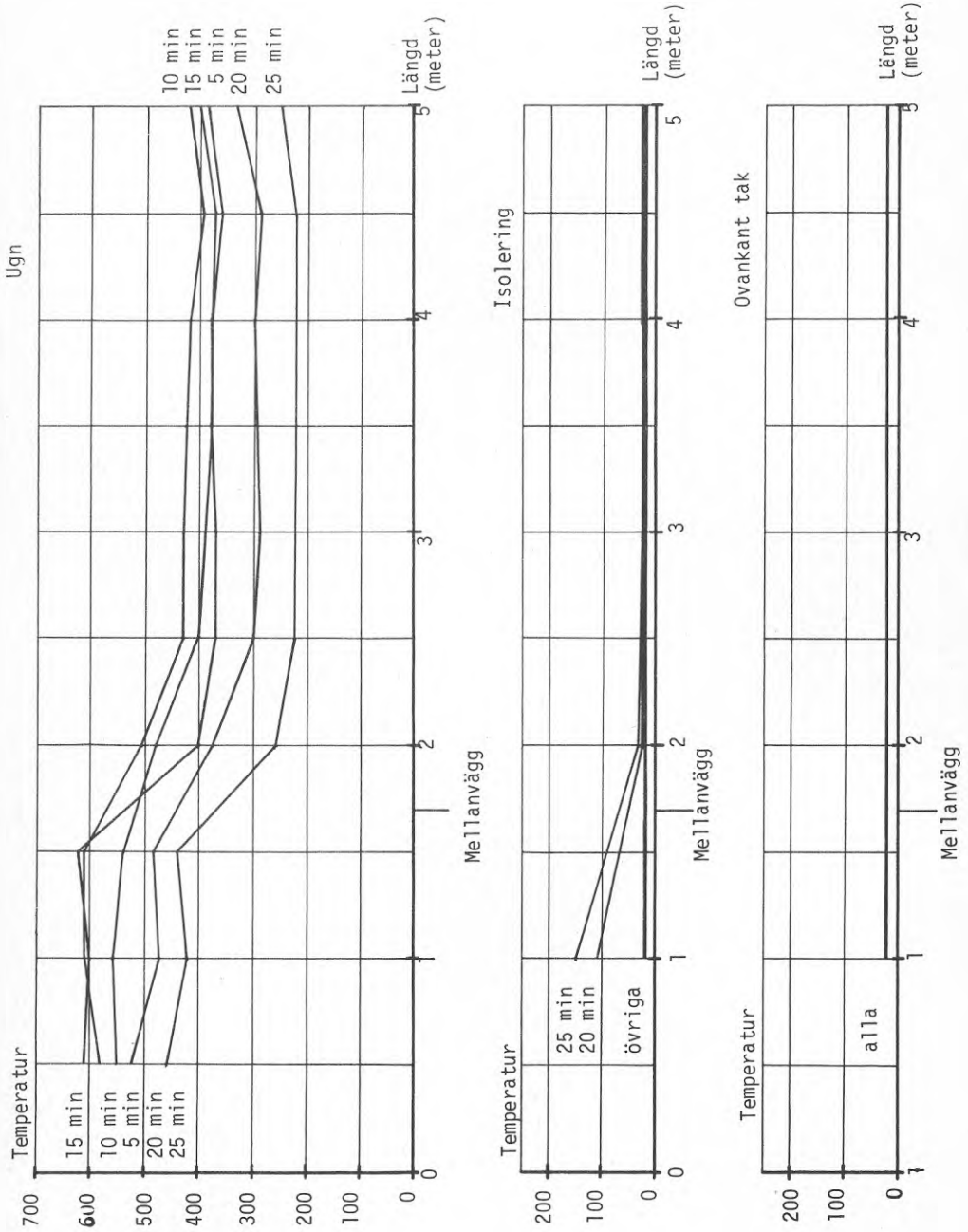
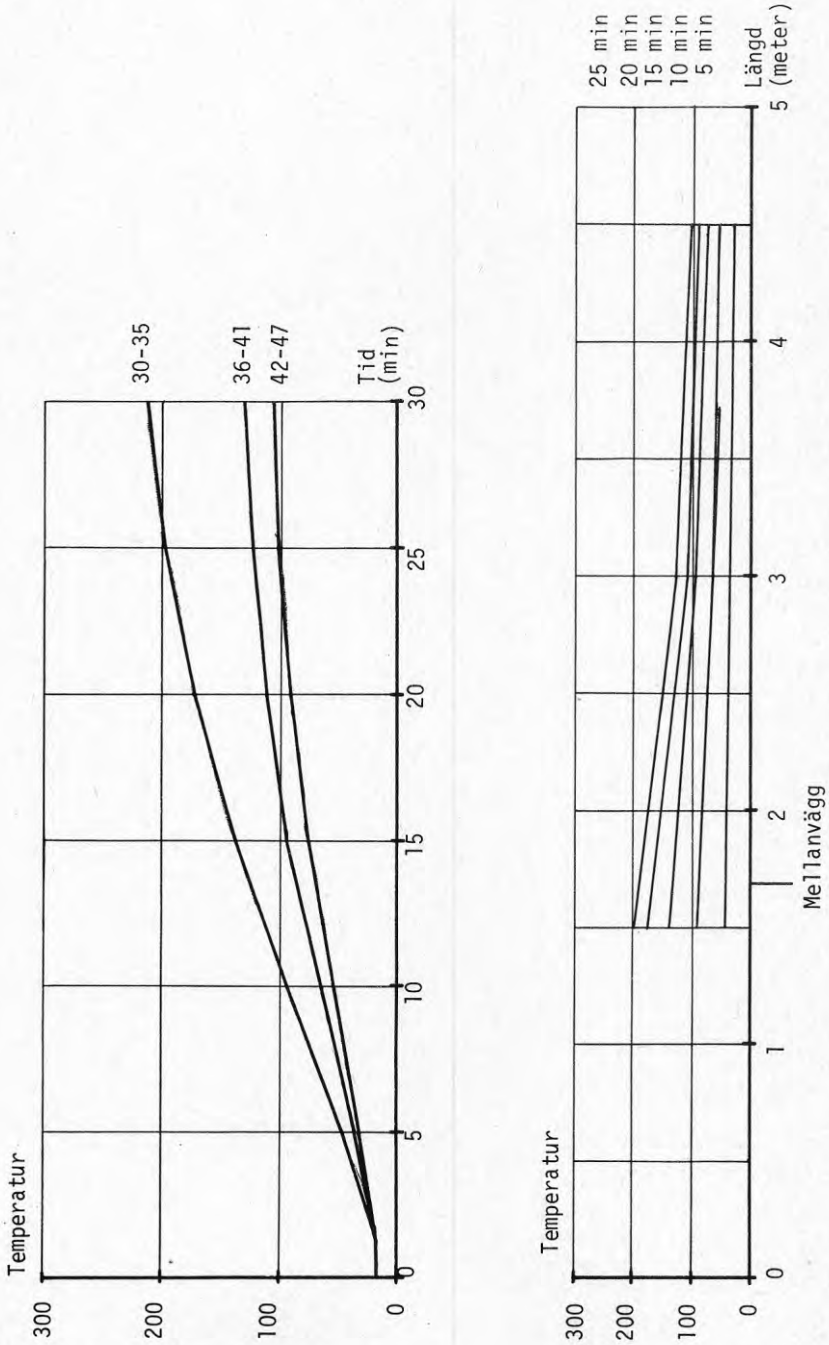


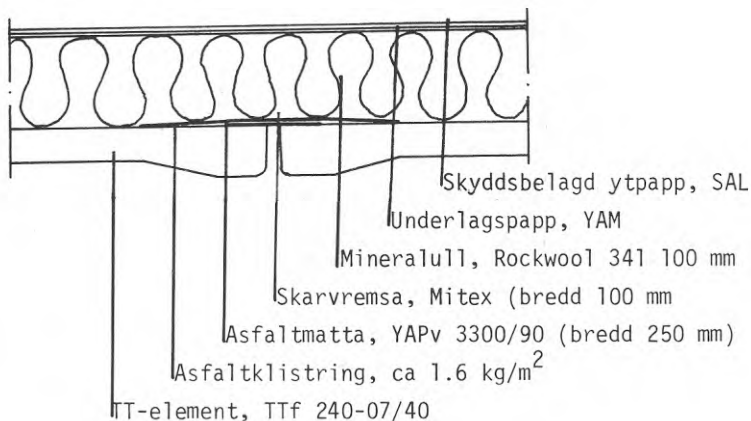
Diagram utvisande temperaturförhållandena i betongplattan under försök 3



4.34 Försök 4

I det fjärde och sista försöket utgjordes isoleringen enbart av mineralull. Till skillnad från de föregående försöken, där mekanisk infästning mot betongelementet användes, fixerades isoleringen vid underlaget genom klistring med varm-asfalt. Skarvtäckning och tätskikt utfördes som i försök 3.

Den tillförda mängden asfalt beräknades, med tillämpning av samma förfarande som tidigare, till 4.2 kg/m^2 exklusive asfalten i pappen.

Observationer:

- 0 min 00 s Start.
 0 " 25 s Asfaltdropp från skarven på ett ställe ca 2 m från kortsidan 1-2.
 1 " 45 s Sticklåga från skarven vid kortsida 1-2.
 2 " 20 s Rök vid kortsida 1-2.
 6 " 50 s Asfaltremsan som stack fram vid kortsida 1-2 började smälta.
 7 " 40 s Branden i skarven längst ned vid kortsida 1-2 upphörde.
 12 " 05 s Ny sticklåga ca 2 m från kortsida 1-2.
 14 " 05 s Ny brand i skarven vid kortsida 1-2.
 15 " 00 s Gulaktig rök vid kortsida 1-2.
 20 " 55 s Branden i skarven vid kortsida 1-2 slocknade.
 29 " 45 s Kraftig gulfärgad rök från hörnet i område 2.
 32 " 00 s Mindre brand vid ovanstående hörn.
 33 " 00 s Lågor i pappen ovanför branden.
 37 " 20 s Lågor och brand försvann.
 40 " 00 s Sticklåga från kortsida vid område 2 i en skarv mellan två mineralullskivor.
 40 " 00 s Slut.

Skadebeskrivning:

Allmänt

Med undantag av dels missfärgning av mineralullen i båda hörnen av område 1 och 2 samt viss ansamling av smält asfalt i skarven förblev taket i detta försök opåverkat. Med hänsyn härtill har det i detta fall ej ansetts påkallat att upprita någon skadebild.

Kommentar:

I det sista försöket tätades mellanrummet mellan takelementet och ugnsväggen med Gullfiberremсор som stoppades ner i springan. Efter försöksstart lossade en del remсор och föll ner i ugnen. Framförallt skedde detta vid hörnet i område 2 där glappet öppnade sig helt. Branden i hörnet vid område 2 berodde på ovanstående mellanrum.

Mitexremсан var 10 cm för kort vid kortsida 1-2, vilket gav en förklaring till antändningen och asfaltdroppet i skarven närmast ugnsväggen.

Mängden asfalt kring termoelementtrådarna hade efter 3 försök blivit så stor att Mitexremсан enbart vilade på asfalt och ej på betongplattan, vilket säkerligen orsakat branden i skarven ca 2 m från kortsida 1-2.

Registrerade temperaturer

De under fjärde försöket registrerade temperaturerna redovisas genom följande diagram, i ugn (de övre kurvorna) och hos isoleringen (de nedre kurvorna). Förekommande nummer anger termoelement.

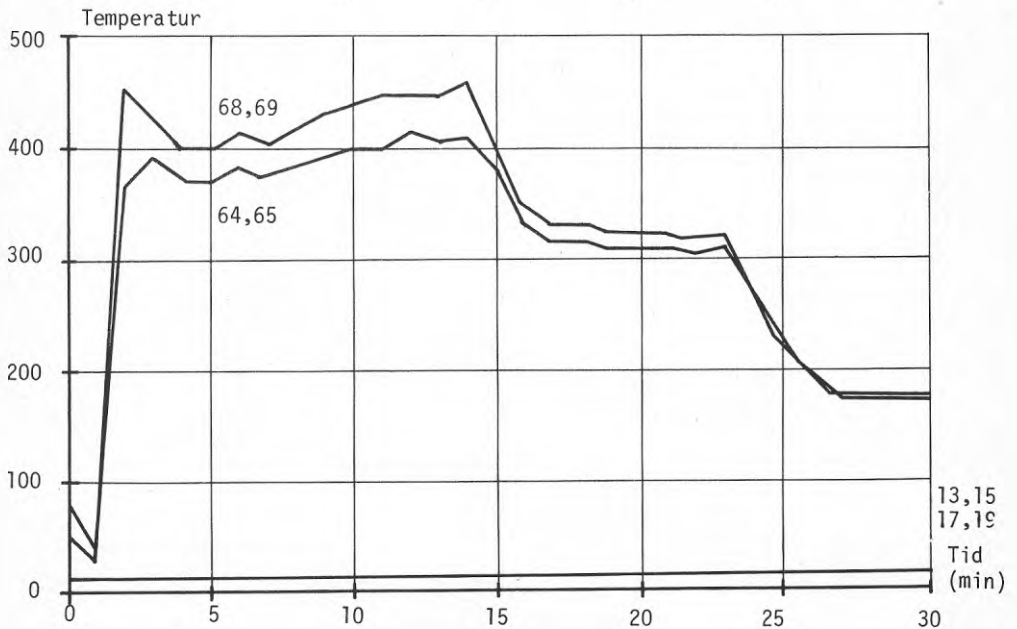
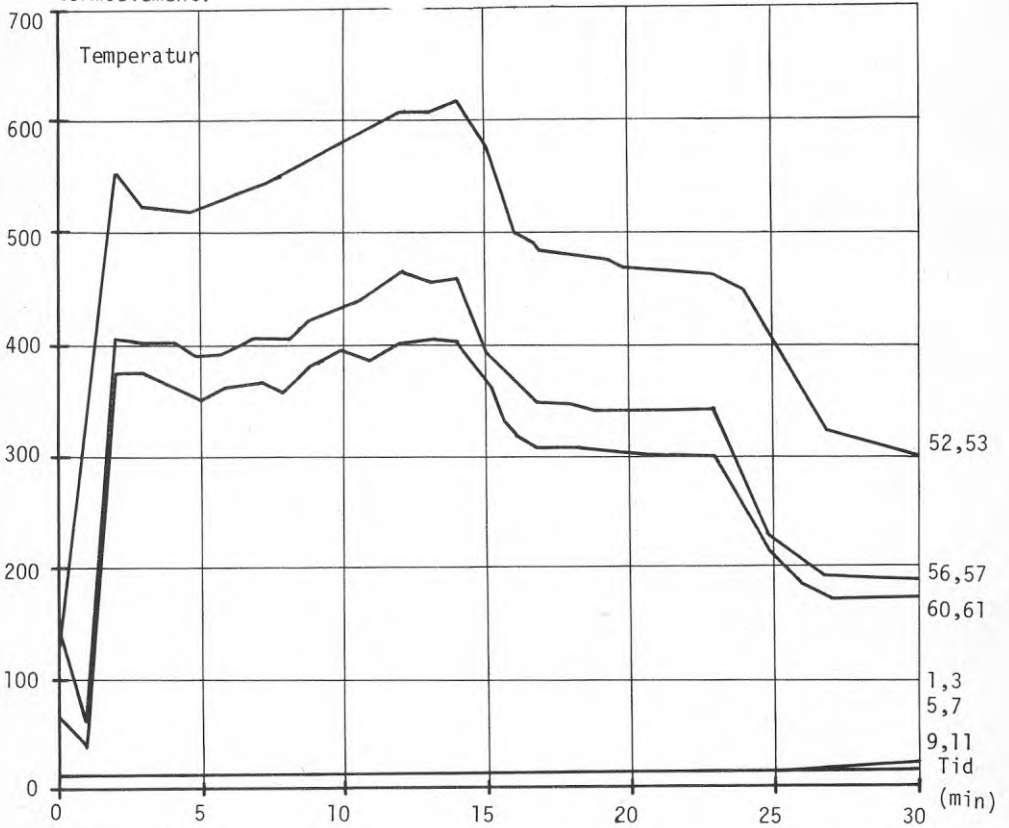


Diagram utvisande temperaturförhållandena inne i ugnen, hos isoleringen och på takets ovsida under försök 4.

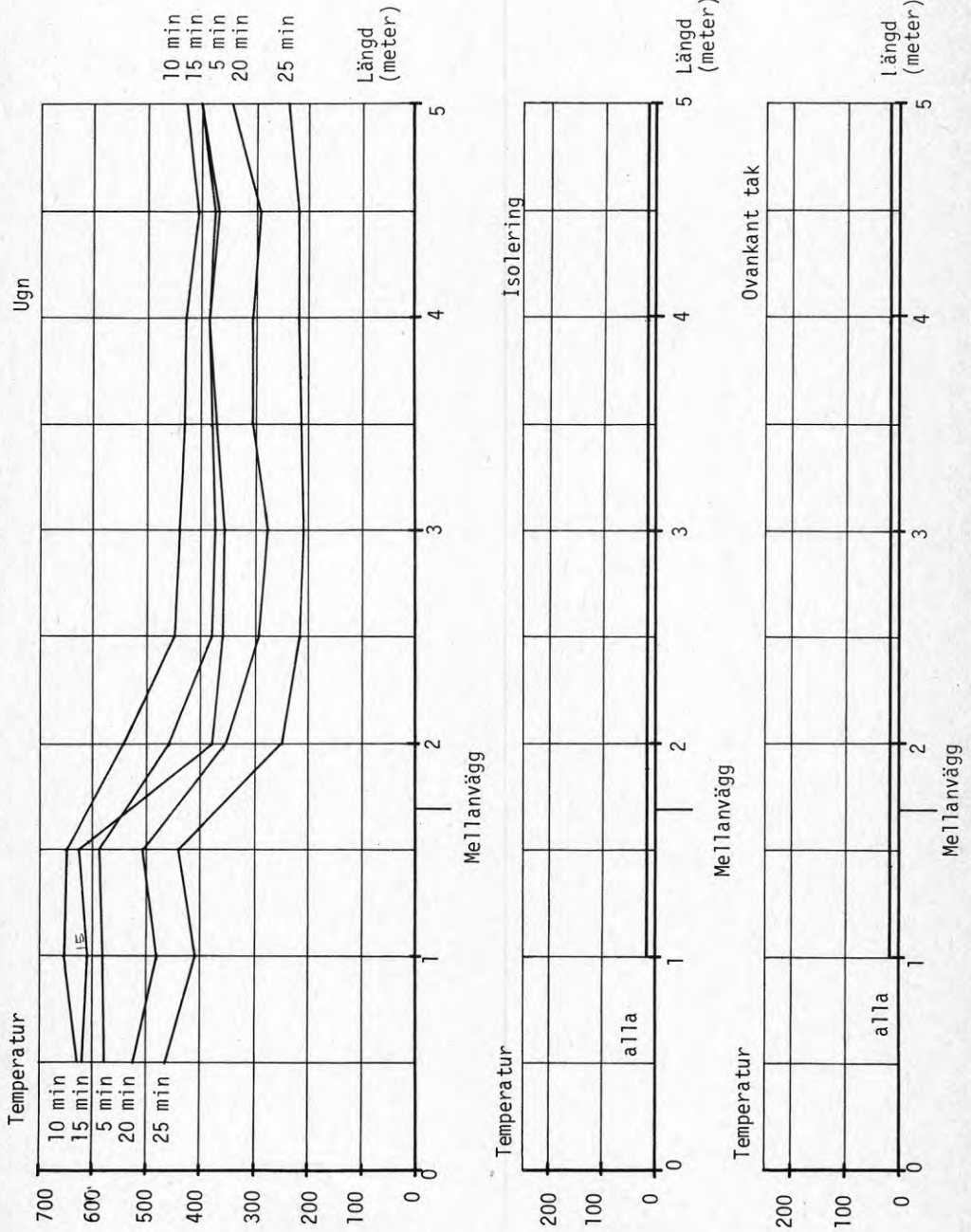
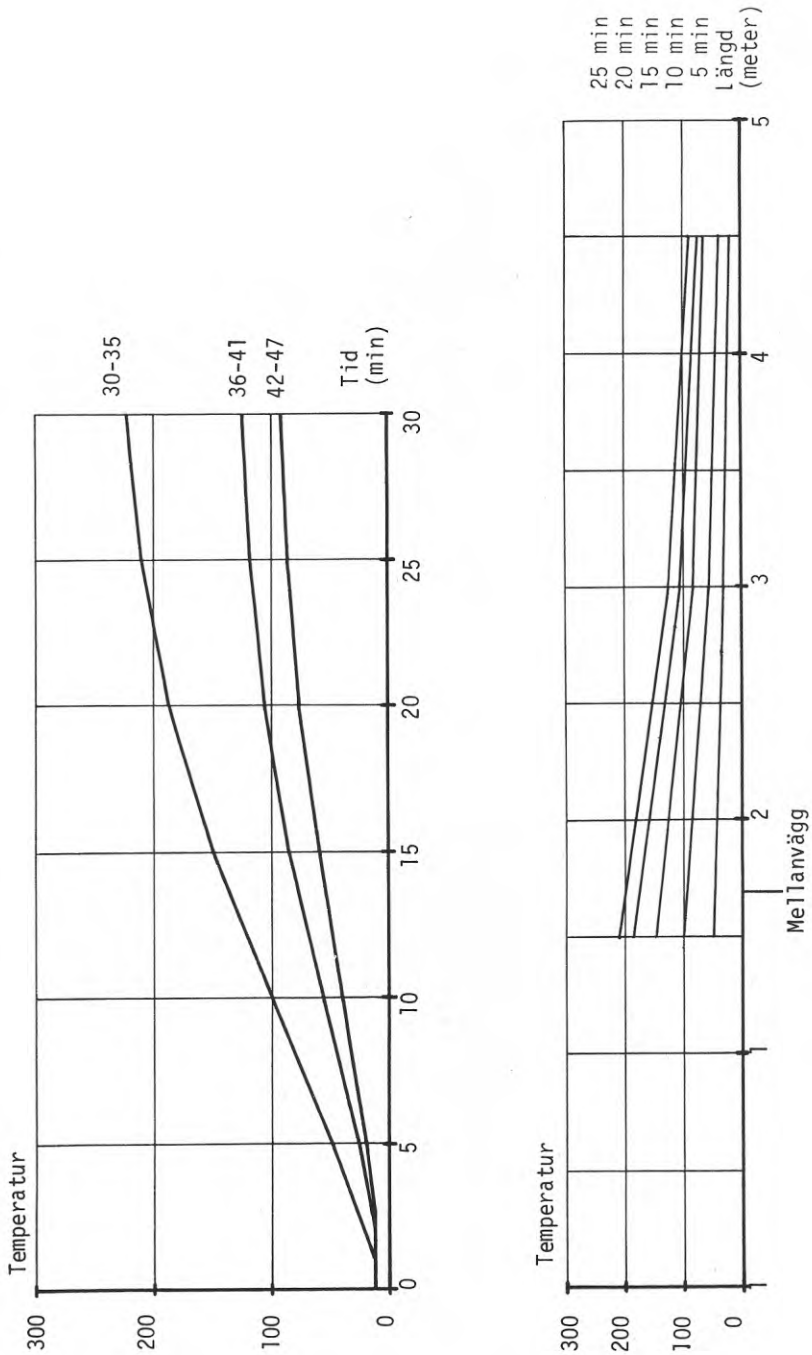


Diagram utvisande temperaturförhållandena i betongplattan under försök 4



4.4 Sammanställning av resultat från betongtakförsöken

	Takförsök nr			
	1	2	3	4 *
Brand ovansida tak				
Brand vid kanterna				32
Brand undersida tak				
Brand i skarv, undersida	10			2
Dropp från skarv	7			2
Taket helt utbränt				
	Isolering nedifrån räknat och eventuell skarvremsa			
	Cellplast			
	Kombiskiva (perlit/cellplast), Mitexremsa			
	Cellplast och mineralull, Mitexremsa			
	Mineralull, Mitexremsa			

Siffrorna i tabellen anger antalet minuter från försöksstart till inträffad händelse.

* Som nämnts i kommentarer till försöken är resultatet, framförallt i försök 4, påverkat av faktorer vilka har lett till att det ej i alla delar är fullt rättvisande.

5. KOMMENTARER OCH SYNPUNKTER BETRÄFFANDE UNDERSÖKNINGS- RESULTATET

5.1 Felkällor

Vid utvärderingen av försöken bör hänsyn tagas till vissa med försöksuppläggningsen sammanhängande faktorer, vilka lett till resultat som ej i alla delar är fullt relevanta.

En av dessa faktorer är, att samma takelement av ekonomiska och hanteringsmässiga skäl utnyttjades i samtliga fyra försök. Då elementet ej kunnat återställas till sitt ursprungliga skick mellan försöken, har ej alltid med full säkerhet kunnat avgöras om på elementet gjorda iakttagelser varit att hänföra till aktuellt försök eller till något av de föregående.

Detta gäller bland annat förekomsten av nedrunnen smält asfalt i och omkring skarven mellan de båda elementhalvorna. I det första försöket användes som tidigare framgått ej någon Mitex-remsa över skarven, vilken ledde till ett större utflöde från asfaltmattan över skarven än i de efterföljande försöken. Sannolikt hade mer rättvisande iakttagelser kunnat göras på denna punkt om försöken gjorts i omvänd ordning.

Användningen av ett och samma takelement innebar vidare, att fuktkvoten hos betongen inte var densamma under alla fyra försöken. Under undersökningens gång blev givetvis betongen allt torrare, vilket är ägnat att begränsa möjligheten till en rättvisande jämförelse mellan framför allt det första försöket, då det nytillverkade elementet hade en onormalt hög fuktkvot, och de tre övriga.

En annan för resultatet missvisande faktor utgjordes av att takkonstruktionen inte låg dikt an mot ugnsväggarna utan att det förelåg ett glapp som på sina ställen uppgick till 2 cm. Vid verkliga förhållanden saknar man ju som regel anledning räkna med dylika mellanrum. Till följd av detta glapp mellan ugnsvägg och takelement kunde het luft strömma upp och påverka ytterkanterna av isolering.

En viss, om ock begränsad betydelse hade det förhållandet, att de lyftöglor som fanns ingjutna i elementhalvorna inte avlägsnades före provtagningarna. Genom metallens värmeledande förmåga uppstod vissa smärre skador hos isoleringen, som man normalt inte skall behöva räkna med.

Likartat var förhållandet med de ledningstrådar till termoelementen som på tre ställen utlagts omedelbart under Mitex-remsan. Den härigenom på dessa ställen uppkomna otätheten förorsakade att smält asfalt kunde tränga in under remsan och ned i skarven.

Även om de negativa effekter, som anförda omständigheter medfört, ej bör överdrivas, finns anledning att hålla dem i minnet vid utvärderingen av försöksresultaten liksom vid jämförelser med andra liknande försök. Vid förnyade försök med betongtak bör så långt det är möjligt här redovisade felkällor undvikas.

5.2 Några slutsatser

Med reservation för att brandskadorna till följd av de redovisade felkällorna blivit något mer omfattande än de skulle ha blivit i verkligheten synes följande slutsatser kunna dras.

I de tre första försöken fixerades isoleringen vid takelementet genom mekanisk infästning. I det fjärde försöket skedde däremot klistring med varmasfalt. Vid detta försök observerades antydan till brand genom en sticklåga på ena kortsidan i skarven mellan två mineralullskivor. Någon motsvarighet härtill kunde inte konstateras vid de tre föregående försöken. Man kan därför antaga att den mekaniska infästningen vid denna konstruktionstyp från brandskyddssynpunkt är att föredra framför klistring med varmasfalt.

Vid det första försöket täcktes ej skarven mellan de båda elementhalvorna med någon Mitex-remsa, vilket däremot var fallet i de tre efterföljande provtagningarna. I det första försöket kunde konstateras såväl droppande som brinnande asfalt i skarven. Något liknande observerades ej i vare sig andra eller tredje försöket. I det sista försöket förekom både dropp och brand i skarven vilket, som har berörts tidigare, troligtvis har orsakats av termotrådarnas passage under Mitex-remsan. Av detta kan dras slutsatsen att Mitex-remsan är av stor betydelse då det gäller att förhindra brandspridning och dropp av smält material.

Den använda Mitex-remsan hade en bredd av 10 cm. Under provningarna uppkom frågan om denna bredd kunde anses tillräcklig. Provningarna gav dock inte något bestämt svar på denna fråga.

5.3 Diskussion och jämförelse

En utvärderande jämförelse mellan plåttak och betongtak på grundval av Brandförsvarsföreningens försöksserie och de nu utförda betongtaksförsöken är svår att göra. Detta orsakas dels på grund av olikheter hos de båda försöksserierna och dels på grund av de problem som sammanhänge med att samma element utnyttjades i den sistnämnda serien. Detta gäller framförallt beträffande det fjärde betongtaksförsöket, då brand och dropp uppstod i skarven till följd av asfaltrester från föregående försök. Följande iakttagelser och synpunkter kan dock utläsas av nedanstående tabell och må framhållas.

Siffrorna i tabellen anger tiden från försöksstart till inträffad händelse i minuter.

	Plåttaksförsök								Betongtaksförsök					
	Taktförsök nr								Taktförsök nr					
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4		
Brand ovansida tak		5				12								
Brand vid kanterna		4				12					32			
Brand undersida tak								4						
Brand i skarv, undersida			7			6	5	4	10			2		
Dropp från skarv		*10	11		7	10	16		7			2		
Taket helt utbränt						35								
Isolering räknat underifrån av konstruktionen														
Gullfiber, kalibreringsförsök utan asfalt														
Gullfiber														
Rockwool														
Kombiplatta (cellplast/träullcement)														
Kombiplatta (träullcement/cellplast)														
Cellplast														
Gullfiber														
Isocyanurat/uretanskum														
Isolering nedifrån räknat och eventuell skarvrensa														
Cellplast														
Kombiskiva (perlit/cellplast), Mitex-remsa														
Cellplast och mineralull, Mitex-remsa														
Mineralull, Mitex-remsa														

*Längs husets ytterväggar.

Vid såväl plåttaks- som betongtaksförsöken klarade sig kombiskivorna relativt bra. Samma var förhållandet med cellplast i kombination med mineralull vid betongtaksförsöket. Visserligen smälte cellplasten helt eller delvis ner, varjämte dropp från skarvar kunde iakttas vid plåttaksundersökningen, men någon brand uppstod ej i något av fallen. Man kan därför antaga att risken för yttre brandspridning är förhållandevis liten vid brandbelastning av här ifrågasvarande omfattning även om cellplast ingår i isoleringen.

** jmf kommentarer sid 55.

Vid betongtaksförsök nr 1 hade en mineralullremsa placerats ovanför skarven men i övrigt bestod isoleringen av cellplast i likhet med den plåttaks konstruktion som ingick i Brandförsvarsförningens försök nr 6. Vid det sistnämnda försöket hade hela isoleringen utbränts medan den till stora delar var opåverkad i betongtaksförsöket. Den brand och det dropp, som kunde iakttagas vid detta försök i skarven mellan de båda betongelementen, orsakades och underhölls troligen av den ovanliggande asfaltremsan. Det kan på goda grunder antagas att vare sig brand eller dropp uppstått, om Mitex-remsa använts vid detta försök. Den stora skillnaden ifråga om brandskadorna mellan de båda försöken torde naturligtvis få tillskrivas betongens större värmetröghet.

Såsom tidigare nämnts hänförs betongtak utan undantag till försäkringsklass T 1 och flertalet plåttak till klass T 3. Denna princip kan naturligtvis diskuteras i sina detaljer. De i det föregående relaterade undersökningarna ger emellertid vid handen att takkonstruktioner med betong som bärande element rent allmänt klarar sig bättre än plåttakskonstruktioner vid brand. Genom betongens värmetröghet fördröjs temperaturstegringen hos den ovanpåliggande isoleringen betydligt även vid - som i förevarande fall - relativt tunna betongplattor. Genom användning av Mitex-remsa i skarv mellan betongelementen minimeras slutligen risken för antändning i skarven och brandspridning upp till isoleringen, vid ifrågasvarande brandbelastning.

6. DISKUSSION AV OLIKA TAKKONSTRUKTIONERS BRANDTEKNISKA EGENSKAPER

Vid praktiskt taget varje brand kommer taket att redan i ett inledande skede bli påverkat av värme och rök. Detta är en naturlig följd av de grundläggande fysikaliska lagar som styr brandens förlopp. Av likartade orsaker kommer takets egenskaper i olika avseenden att vara i hög grad bestämmande för detta förlopp och för brandskadans omfattning. Det kan därför vara av intresse att kortfattat diskutera de brandtekniska egenskaperna hos olika takkonstruktioner.

Med särskild tillämpning på industribyggnader brukar man göra en schematisk indelning i "lätta" och "tunga" typer. Med den första typen avser man då trapetskorrugerade plåttak med isolering och tätskikt och liknande konstruktioner medan betong- och lättbetongtak av traditionell typ hänförs till den senare kategorin.

Den konstruktionstyp som behandlas i övriga delar av denna rapport kan sägas utgöra en mellanform genom att betongtakets större egentyngd reducerats kraftigt genom utnyttande av spännbetongelement med mycket tunna tvärsnitt.

Allmänt sett karakteriseras de lätta konstruktionerna - t ex trapetsplåttaken - av lågt brandmotstånd. Detta är en naturlig följd av den låga termiska trögheten och av att den bärande plåten snabbt blir upphettad och därvid förlorar en stor del av sin hållfasthet. I vissa fall ingår även mer eller mindre brännbara material i isolering och tätskikt, vilka kan medverka vid en brand.

De traditionella tunga konstruktionerna - betong eller lättbetong - har av motsvarande skäl vanligen större brandmotstånd. Uttryckt i termer av provningsmetod enligt ISO 834 (NT Fire 005) uppgår detta ofta till 60 minuter eller mer. Brännbart material kan ingå t ex i tätskikt (papp) eller i den tilläggsisolering som med dagens energibetingade krav ofta är nödvändig.

Värderingen av de skisserade egenskaperna vad gäller inverkan på brandens förlopp och på brandskadans storlek är komplicerad. Det kan i detta sammanhang vara intressant att något analysera olika sidor av begreppet "brandmotstånd". Det kan t ex avse bärande eller avskiljande funktion. Vad gäller den först nämnda funktionen innebär denna att konstruktionen utan att kollapsa skall kunna bära rådande eller föreskrivna laster. Vid bedömning av den avskiljande funktionen läggs väsentligen temperaturen på den från elden vända ytan till grund. Härtill kommer en del tilläggskrav, t ex att sticklågor av nämnvärd omfattning inte får tränga igenom konstruktionen. Detta krav kan ofta vara avgörande och i hög grad påverka utformningen av fogar i konstruktionen.

Det bör betonas att brandmotståndsbegreppet i denna mening inte berör sådana fenomen som flamspridning längs taket, brännbarhet hos ingående material, rökutveckling m m. Inte heller ingår på något sätt samspelet mellan takets egenskaper och brandens utveckling i underliggande lokaler. Detta gör att en värdering av den totala brandtekniska funktionen hos en takkonstruktion inte kan baseras enbart på det traditionella brandmotståndsbegreppet. Härtill kommer att realistiskt utförda tak i de allra flesta fall - oberoende av typ - är rikligt försett med håltagningar, rör genomförningar, ljusöppningar, brandventilationsluckor m m vilka erfarenhetsmässigt ofta utgör spridningsvägar för brand.

Den komplicerade och av ett stort antal parametrar sammansatta bilden gör att man vid en värdering av de brandtekniska egenskaperna tvingas till relativt långtgående schematiseringar. Sålunda arbetar den försäkringstekniska byggnadsklassificeringen med 4 takklasser betecknande T 1, T 3, T 4 och T 5. (Klassen T 2 har tidigare funnits men av olika skäl inarbetats i T 1). Historiskt har därvid klassen T 1 bestämts av egenskaperna hos en konstruktion av "sten eller betong" medan skalans andra ändpunkt, T 5, konstituerats av det rena trätaket. Efter hand har nya - och numera dominerande - konstruktioner inordnats i systemet och som karakteristiska exempel utöver de nämnda kan anges att ett cellplastisolerat, papptäckt plåttak på grund av brännbarheten placeras i T 5 och således jämställt med ett trätak. Ett konventionellt plåttak med mineralullsisolering papptäckning placeras i T 3 och ett helt obrännbart tak, t ex av betong eller plåt - mineralull - plåt i T 1. Detsamma gäller - på grund av en särskild sk "friregel" tak av sten eller betong vilka på ovansidan försetts med brännbar isolering och eventuell papptäckning. Denna regel har bl a tillämpning för den taktyp som behandlats i denna rapport. Friregeln är betingad av en förutsatt positiv inverkan av det tunga, obrännbara takets värmetröghet och brandmotstånd - såväl i bärande som avskiljande avseende.

BRANDPROVNING AV STRÄNGBETONGTAK

Statens provningsanstalt, laboratoriet för brandteknik, har på uppdrag av AB Strängbetong genomfört en brandprovning av en av detta företag utvecklad takkonstruktion uppbyggd av utvändigt isolerade spännbetongelement. Målsättningen med provningen var att bestämma konstruktionens brandavskiljande förmåga och att ge underlag för typgodkännande i brandtekniskt avseende av konstruktionen. Undersökningen har redovisats i statens provningsanstalts rapport nr 77040, 540. I denna bilaga ges en sammanfattning av rapporten.

PROVFÖREMÅL

Den provade takkonstruktionens bärande del utgjordes av 2 st spännbetongelement av s k TT-typ (AB Strängbetongs typbeteckning TTf 240-07/40), vilka modifierats något för att passa till den använda försöksutrustningen. Spännarmeringen utgjordes av spännråd \varnothing 2 mm. Elementen isolerades på ovsidan med 60 mm styrencellplast (Beolit F 20) och 40 mm stenull (Rockwool 341). Isoleringen fästes med hjälp av i betongen ingjutna ståltrådar placerade c 800 mm i två rader ca 200 mm från vardera ytterkanten. Det sålunda värmeisolerade taket täcktes med ett lag YAM 1200/500 och ett lag SAL 1800/600. Skarven mellan betongelementen - med en bredd av ca 10 mm - täcktes med en 100 mm bred remsa av kaolinbunden glasfiber (Mitexremsa) och en remsa YAP v 3300/90 med bredden 250 mm vilken klistrades med asfalt. Vid kanterna ersattes den ovan nämnda isoleringen med 100 mm stenull (Rockwool 341) med bredden 100 mm för undvikande av icke önskade randeffekter. Konstruktionens utformning framgår av fig. 1.

PROVNINGENS UTFÖRANDE

Provnigen utfördes enligt den i SIS 02 48 20, utgåva 2 angivna metoden vilken är identisk med internationell standard enligt ISO 834. För ändamålet användes laboratoriets horisontalugn. Temperaturerna i ugnen liksom i olika delar av provföremålet registrerades fortlöpande under hela provningen. Upphettningstiden var 60 minuter. Därutöver bestämdes densitet, initieellt fukthinnehåll och glödgningsförlust för de material där dessa storheter bedömdes vara relevanta. Provnigen utfördes utan yttre belastning på konstruktionen.

PROVNINGSRISULTAT

Densitet

Densiteten hos styrencellplasten uppmättes till 20.8 kg/m^3 och hos stenull till 192.6 kg/m^3 .

Fuktkvot

Fuktkvoten - bestämd genom torkning vid 105 °C och vägning av uttagna provstycken - uppgick till följande värden

Cellplast	0.33 vikts-%
Stenull	0.11 "
Betong i flänsen (plattan)	1.7 "
Betong i balkliv	1.4 "

De uppmätta värdena indikerar approximativt hygroskopisk jämvikt med en relativ luftfuktighet i området 40-70 %.

Glödgningsförlust

Glödgningsförlusten bestämdes på uttorkat material genom upphettning till 600 °C under ett dygn. Följande värden erhöles

Stenull	4.3 vikts-%
Betong i flänsen	4.1 "
Betong i balkliv	4.9 "

Temperaturförlopp

Temperaturförloppet uppmättes under försöket i ett stort antal punkter och resultaten har redovisats i den inledningsvis nämnda SP-rapporten.

Primärt intressant för bedömning av konstruktionens brandmotstånd är armeringselementens temperatur samt temperaturen på den från elden vända ytan. I fig. 2 redovisas därför temperaturförloppen dels i en punkt belägen i centrum av dragarmeringen, dels på takkonstruktionens överyta. Som komplettering har även i diagrammet inlagts temperaturförloppet på betongens överyta, d v s mellan betong och armering.

OBSERVATIONER

De under försöken gjorda observationerna framgår av följande ur SP-rapporten hämtade sammanställning

Tid (min o s)	Observationer
00.00	Försöket påbörjas
06.00	Svag rökutveckling utmed kanterna.
10.00	" " " "
18.00	" " " "
23.40	Sticklågor i skarven på ugnssidan
25.00	Isoleringen sjunker ihop längs kanterna. Plattorna böjer sig uppåt på mitten.
29.00	Takpappen veckar sig i kanterna. Cellplasten börjar smälta.
30.00	Fortfarande sticklågor i skarven på ugnssidan. Brinnande droppar faller ner.

Tid (min o s)	Observationer
34.00	Plattorna böjer sig neråt.
36.00	Fortfarande sticklågor i skarven.
43.00	Taket böjer sig ytterligare. Relativt kraftig rökutveckling i kanterna.
53.00	Inga sprickor i betongen på ugnssidan. Fortfarande sticklågor i skarven.
55.00	Mycket kraftig gulaktig rökutveckling
57.00	" " " "
59.00	" " " "
59.40	Betongen hel på ugnssidan. Fortfarande sticklågor i skarven.
60.00	Försöket avbryts.

DISKUSSION

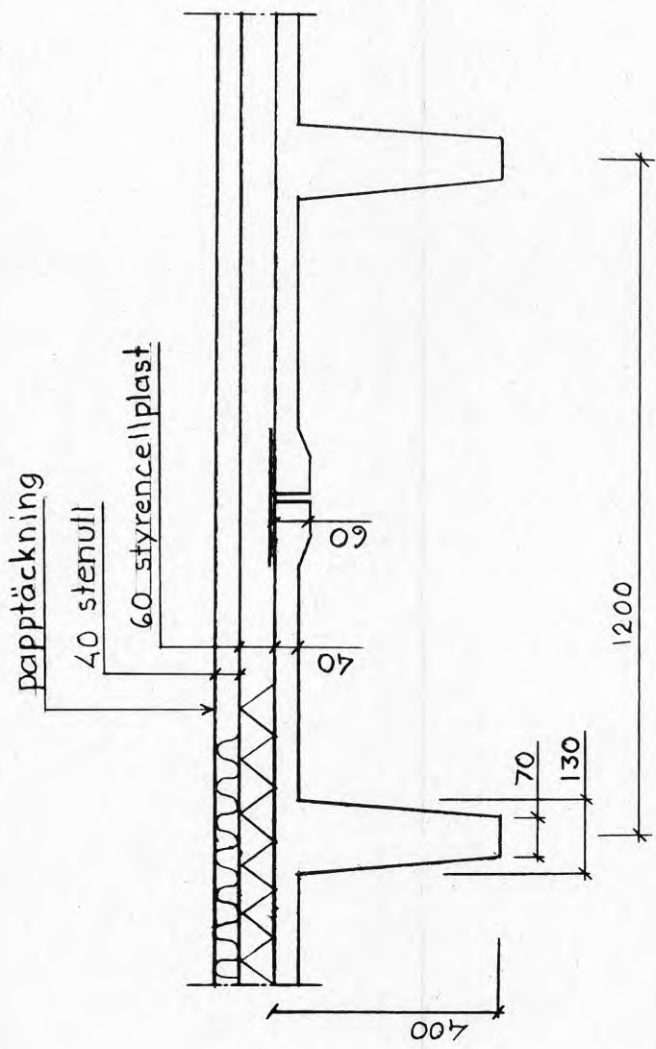
De vid provningen gjorda mätningarna och observationerna ger underlag för en del kommentarer. Vad gäller konstruktionens bärande förmåga kan endast preliminära slutsatser dras eftersom konstruktionen inte var belastad under försöket. De temperaturer som uppmätts inom det område där armeringen är placerad tyder dock på att armeringen vid försökets slut haft så hög temperatur att konstruktionens bärförmåga är starkt reducerad.

Vad gäller den avskiljande förmågan hos konstruktionen - som provningen primärt avsåg att belysa - kan konstateras att de uppmätta temperaturstegringarna på konstruktionens överyta under hela försöket låg väsentligt under de gränsvärden för medel- respektive maximaltemperaturstegringarna som används som kriterier (140 respektive 180 °C). Inte heller de detaljstudier av temperaturtillståndet i anslutning till elementskarven som utfördes gav kritiska värden i dessa avseenden.

Statens provningsanstalt påpekar avslutningsvis i rapporten att denna inte är att betrakta som ett typgodkännande. Sådant utfärdas av statens planverk efter särskild ansökan varvid rapporten och andra för bedömningen relevanta handlingar utgör underlag.

Sektion av provföremål

Fig 1 65
78-11-17
K.Ö.

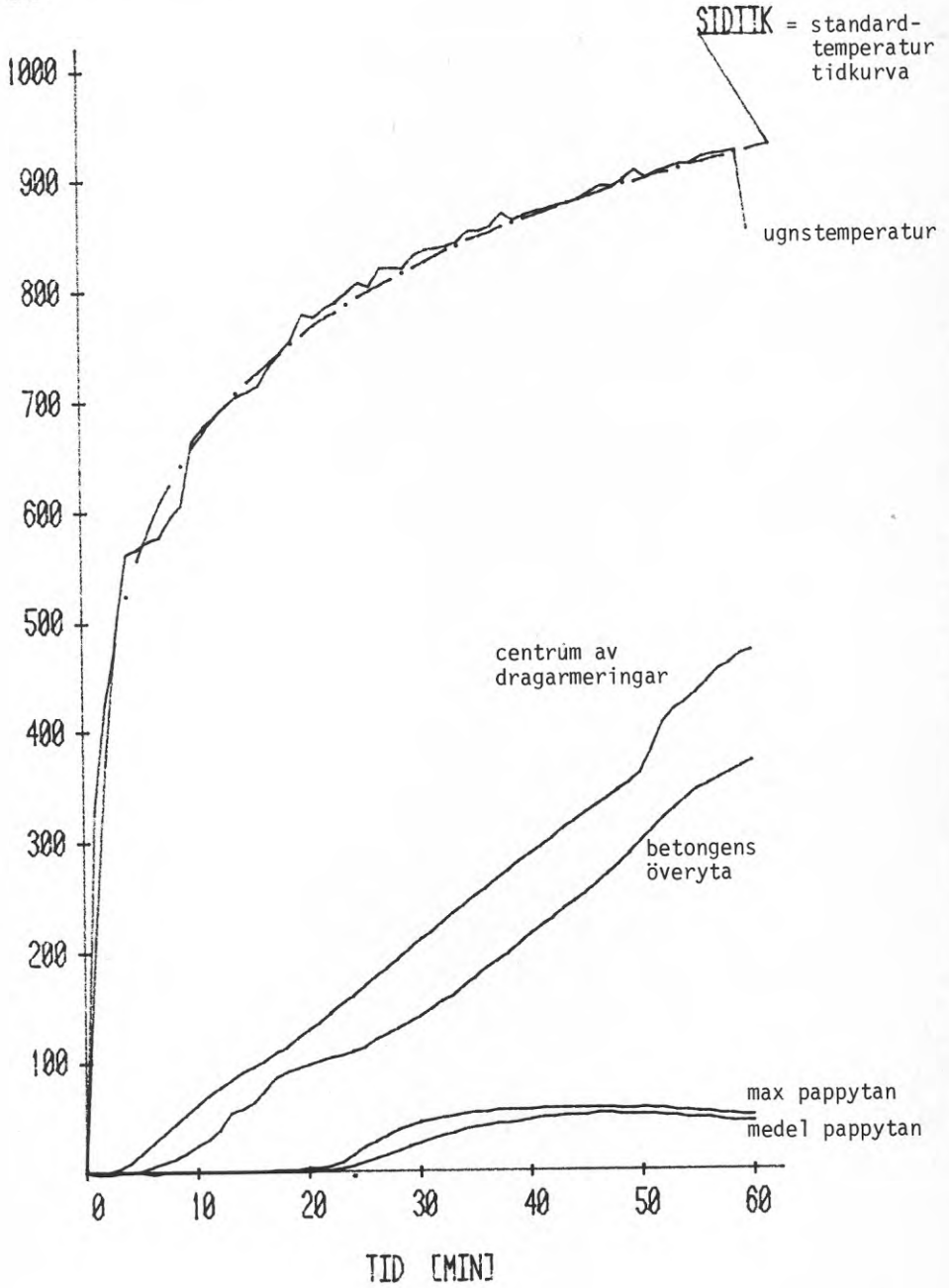


mått i mm

Fig. 2

TEMPERATURSTEGRING

[K]



Redogörelse för inträffad brand i byggnad med tak av betongelement

Den 12 oktober 1977 inträffade i Göteborg en brand i en industribyggnad (bandväveri) med tak av betongelement. Taktäckningen utgjordes av cellplast samt däröver takpapp. I taket fanns ett antal s k rökluckor försedda med akrylplastkupoler på träramar. Branden som uppstod i byggnadens sydvästra hörn, var lokal. Den maximala brandtemperaturen uppskattades till ca 1000 °C. Branden hade ett snabbt förlopp och var över på ca 30 min och brandpåverkan kan således betecknas som måttlig.

Genom branden uppstod sådan sprickbildning i vissa takelement att det ansågs nödvändigt att byta ut dessa. Någon betongspjälkning ägde däremot ej rum. Över själva brandhärden hade cellplastisoleringen smält utom på de ställen, där balkliven gav visst skydd genom den större betongtjockleken. Likaså hade plastkupolerna till vissa rökluckor smält bort. I samband härmed hade branden tagit fäste i luckornas träramar, varvid skador uppstått på den närmaste delen av takpappen runt dessa luckor. I övrigt var takpappen i stort sett oskadd om man bortser från den "vågbildning" som uppkom genom avsmältningen på vissa ställen av cellplasten.

Vad gäller cellplastisoleringen uppvisar denna brand så vitt kan bedömas av rapporterna*) därifrån, i stort sett samma skadebild som försök 1 i den brandtekniska undersökningen av betongtak.

*) Källor:

Brandundersökningsprotokoll, Göteborgs polisdistrikt, tekniska roteln.

AB Strängrapports rapport över besiktning av stommen.

Brandinspektör Arnhild

Fotografier från den brandskadade byggnaden.

7. REFERENSER

- (1) Ahlén, B-Ödeen, K: Brandtekniska egenskaper hos lätta takkonstruktioner. Rapport R 47:1977 från Byggforskningen.
- (2) Ahlén, B-Ödeen, K: Brandtekniska egenskaper hos lätta takkonstruktioner - Kalibreringsförsök i horisontal- och modellugn. Rapport R 88:1978 från Byggforskningen.
- (3) Månsson, L: Styrning av temperaturförlopp för en differentierad brandpåverkan på horisontella konstruktioner. Rapport 1978:15 från Statens provningsanstalt.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770829-3 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Strängbetong,
Stockholm**

R65:1979

**ISBN 01-540-3025-0
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

Art.nr: 6600965

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms