Släcksystem för lätta räddningsfordon

Ola Folkesson & Melissa Millbourn

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5261, Lund 2008

Rapporten har finansierats av Räddningsverket

Släcksystem för lätta räddningsfordon

Ola Folkesson & Melissa Millbourn

Lund 2008

Svensk titel
Släcksystem för lätta räddningsfordon

English title
Extinguishing systems for lightweight fire fighting vehicles

Authors
Ola Folkesson & Melissa Millbourn

Report 5261

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5261--SE

Number of pages: 91

Illustrations: Ola Folkesson, Melissa Millbourn & Sören Lundström

Keywords
Fire fighting, high pressure, water mist, CAFS, compressed air foam, dry sprinkler aerosol, dry chemical, fire test.

Sökord
Släcksystem, lätt räddningsfordon, vattendimma, högtryck, CAFS, tryckluftsskum, pyroteknisk aerosol, pulver, släckförsök.

Abstract

In the last years the use of lightweight fire fighting vehicles has become more common in Swedish fire and rescue services. These vehicles need some kind of suitable fire extinguishing system. The purpose of this report is to assist the fire and rescue services with information for the decision about which system to use. Six different systems (CCS Cobra, DSPA, Firexpress, Oertzen, One Seven and a dry chemical fire extinguisher) were tested against a full-scale room-fire to evaluate the extinguishing effect. Experiences from users of the systems were also collected. The information is summarized in a discussion about the effectiveness, costs and other aspects of the different systems. The conclusions are that it is necessary to define the purpose of the unit that will be using the system in order to make a good decision about which system to use. The fire tests indicate that the water mist systems are good for quick cooling of the fire gases. On the other hand it seems that the risk for re-ignition is bigger with water mist systems unless the water spray directly hits the burning surfac. CAFS seems to cool the fire gases at a slightly slower rate, but instead gives a lot better protection against re-ignition.

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2008.

Brandteknik och Riskhantering
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
http://www.brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
brand@brand.lth.se
http://www.brand.lth.se/english

Sammanfattning

Räddningstjänster i Sverige har sedan ett antal år tillbaka börjat använda olika typer av lätta räddningsfordon. Beroende på vilka typer av räddningsinsatser fordonet är tänkt att användas vid kan utrustningen variera. För insats mot bränder krävs någon form av lätt släcksystem. Syftet med rapporten är att den ska kunna användas av räddningstjänst som en del av beslutsunderlaget vid valet av släcksystem till ett lätt räddningsfordon. Problemformuleringen löd således *Vilket släcksystem är det bästa valet till ett lätt räddningsfordon*?

Olika släcksystem, lämpade för lätta räddningsfordon, testades under sommaren 2007 i Revinge. Syftet med försöken var att undersöka släcktekniska egenskaper för respektive system vid ett givet brandscenario. Brandscenariot togs fram med hjälp av insatsstatistik, där det framkom att en typisk insats vid brand förenklat beskrivas som en brand i bostad begränsad till ett rum eller mindre vid räddningstjänstens ankomst. Av praktiska och ekonomiska skäl kunde försöket inte utformas så att det fullt ut motsvarar en brand i ett bostadsrum, utan vissa förenklingar var nödvändiga. Släckinsatserna utfördes från utsidan av det brinnande rummet.

De släcksystem som använts vid försöken är olika effektiva när det gäller att verka i gasfasen eller på ytan av det brinnande materialet. Tre högtryckssystem (Cobra H300, Firexpress PDU, Oertzen HDL 250) ett CAF-system (One Seven 300T), ett system som genererar pyrotekniska aerosoler (DSPA-5) samt pulversläckare (PG12) testades.

Varje försök genomfördes enligt samma procedur:

1. loggning av temperaturdata startades,
2. bränslet antändes,
3. branden fick tillväxa en viss tid (förbrinntid) under vilken videoinspelningen startades,
4. släckning utfördes under förutbestämd tid (släcktid) varefter släckningen avbröts,
5. branden fick utvecklas under observation utan påverkan,
6. försöket avbröts,
7. loggningen av temperaturdata avbröts.

Vid varje försök påfördes 50 kg släckmedel med undantag för pulver (12 och 24 kg) och DSPA (3,3 kg). Mängden släckmedel valdes, efter inledande prov, så att såväl släckning som återantändning kunde studeras och begränsades därför till 50 kg. För att jämföra mätdata mellan försök med varierande massflöde släckmedel, beroende på vilket släcksystem som användes, samt för att ta hänsyn till den variation i temperatur före släckning som är oundviklig vid brandförsök i den aktuella skalan, bearbetades mätdatan.

Försöken med högtryckssystemen Cobra, Firexpress och Oertzen tyder på att förmågan att kyla brandgaser är i princip likvärdig. De skillnader som föreligger mellan försöken sammanfaller med variationen i förbrinntid varför någon enskild avgörande förklaring till de olika resultaten inte kan klarläggas i alla försök. Återantändningsskyddet verkar dock av försöken att döma avsevärt bättre vid användning av Oertzen och Firexpress än med Cobra, även då hänsyn tas till förbrinntiden. One Seven verkar i sin tur ge ett ännu bättre återantändningsskydd men något sämre förmåga att kyla brandgaser. Pulverförsöken tyder på en sämre förmåga att kyla brandgaser och ett avsevärt sämre återantändningsskydd jämfört med de vattenbaserade systemen. P.g.a. den mindre massan släckmedel jämfört med de vattenbaserade systemen kan några slutsatser inte dras om pulvrets släckförmåga i sig. Försöken med DSPA visar inte nämnvärd effekt på brandförloppet.

Utifrån analysen av mätdatan borde den inledande frågan kunna besvaras. Det är dock viktigt att inte enbart angripa frågan ur ett tekniskt perspektiv. Innan man börjar väga olika tekniska aspekter mot varandra måste man ha definierat vilket syfte man har med enheten som ska utformas. Vilka hjälpbehov[1] är det som ska mötas? Behoven avgör vilka uppgifter som ska kunna lösas av enheten. De metoder som väljs för att lösa uppgifterna styr i sin tur vilka verktyg, t.ex. släcksystem, som bör användas. Se Figur 0.1 för exempel på arbetsgång.

Valet av verktyg bör ske genom att olika bedömningskriterier tas fram baserat på behoven. Utvärderingen av de olika verktyg som finns att välja mellan kan då ske på ett systematiskt sätt. Det blir då behovet och de uppgifter som *ska* kunna lösas för att möta behovet som avgör valet av metod och verktyg istället för tvärtom – att uppgifterna som *kan* lösas styrs av tekniska avvägningar.

---

[1] Se t.ex. Fredholm (2006) och Svensson, Cedergårdh, Mårtensson & Winnberg (2005) för diskussion kring hjälpbehov och hur dessa bör beaktas vid planering och genomförande av räddningsinsatser.

Figur 0.1. Illustration över lämplig arbetsgång vid val av släcksystem.

Följaktligen är det alltså inte möjligt att ge ett generellt svar på vilket släcksystem som är det bästa för ett lätt räddningsfordon. Det måste avgöras utifrån de lokala förutsättningarna och svaret blir därmed specifikt för det behov och de uppgifter som har definierats.

I linje med rapportens syfte, att den ska kunna användas av räddningstjänsten som en del av beslutsunderlaget, är det således av större intresse att diskutera ett antal aspekter för att lyfta fram för- och nackdelar med olika system för att det lokala beslutet ska underlättas. Diskussionen berör släcktekniska egenskaper, kostnader samt begränsningar med lätta räddningsfordon. Information om kostnader såsom inköpspris samt drift- och underhållskostnader inhämtades genom en enkätundersökning. Begränsningar med lätta räddningsfordon berör framförallt lastkapaciteten. Mängden släckmedel begränsas av hur mycket som kan lastas på fordonet och då är det oftast vikten som blir begränsande. Systemets egenvikt blir då en parameter som bör minimeras för att kunna maximera mängden släckmedel, eller uttryckt med andra ord: varje kg släck*system* är ett förlorat kg släck*medel*. Resultatet av diskussionen kan sammanfattas enligt följande;

Släckförsöken tyder på att:

- Cobra, Firexpress och Oertzen har likvärdig förmåga att kyla brandgaser och One Seven eventuellt något sämre.
- One Seven ger ett mycket gott återantändningsskydd i jämförelse med övriga system. Firexpress och Oertzen gav en gott återantändningsskydd, dock inte lika bra som One Seven, medan Cobra var klart sämre.
- Den mängd släckmedel som påfördes med DSPA var inte tillräcklig för försöksuppställningen.
- Den mängd pulver som påfördes inte var tillräcklig för försöksuppställningen.

Cobra H300 är mer än sex gånger dyrare än Firexpress PDU och knappt fyra gånger dyrare än One Seven och Oertzen i inköp. Även vad gäller drift- och underhållskostnaderna är Cobra avsevärt dyrare.

Egenvikten skiljer sig betydligt åt mellan de olika systemen vilket i sin tur påverkar såväl hur stor mängd släckmedel som vilken annan utrustning som kan medföras. Cobra väger ca 4 gånger mer än One Seven.

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till

- Stefan Svensson och Stefan Särdqvist för ert engagemang, den utmärkta handledningen och all hjälp under arbetet.
- Sören Lundström för all hjälp och allt stöd som möjliggjorde projektet.
- Lasse Nelson för hjälpen under försöken.
- Fredrik Johansson för hjälpen inför försöken.
- Räddningsverket, Daniel Haldorsson/Scanfire NUF, Steen Schou/Firexpress A/S, Jonas Axelsson/Agaria Trading AB, Joakim Goldmann/Räddningstjänsten Syd och Jorg Aaldering, DSPA.nl B.V. för materiel och lån av utrustning till försöken.
- Johan Danielsson för god opponering och bra synpunkter.
- Alla som på något sätt har hjälpt oss och bidragit i stort och smått under arbetets gång – ni är många och betydelsefulla!

Slutligen vill vi önska alla läsare lycka till på vägen mot Målet – *att fatta eld!*

Lund i maj 2008

Ola Folkesson & Melissa Millbourn

Innehåll

1 Inledning ... 1
1.1 Problemformulering ... 1
1.2 Syfte ... 1
1.3 Metod ... 1
1.4 Avgränsningar ... 1
2 Bakgrund ... 3
2.1 Räddningsfordonets begränsningar ... 3
2.2 Släckmekanismer ... 5
2.3 Översikt av system ... 5
2.3.1 Högtryck ... 5
2.3.2 Tryckluftsskum (CAFS) ... 8
2.3.3 Pulver ... 9
2.3.4 Pyrotekniskt genererad aerosol (PGA) ... 10
2.4 Insatsstatistik ... 11
3 Släckförsök ... 14
3.1 Försöksutformning ... 14
3.1.1 Försöksprocedur ... 16
3.2 Försöksöversikt ... 17
3.3 Observationer och mätdata ... 19
3.3.1 Cobra ... 19
3.3.2 DSPA ... 21
3.3.3 Firexpress ... 22
3.3.4 Oertzen ... 24
3.3.5 One Seven ... 25
3.3.6 Pulver ... 27
3.4 Bearbetning av mätdata ... 29
3.5 Analys ... 32
4 Enkät ... 35
4.1 Deltagande ... 35
4.2 Enkätens utformning ... 35
4.3 Resultat ... 36
4.4 Analys ... 36
4.5 Intressanta reflektioner ... 36
5 Diskussion ... 39
6 Slutsatser ... 43
7 Förslag på vidare forskning ... 44
Bilaga 1 Systemegenskaper ... 46
Bilaga 2 Bearbetad mätdata: under släckning ... 49
Bilaga 3 Bearbetad mätdata: efter släckning ... 56
Bilaga 4 Mätdata ... 63
Bilaga 5 Enkät: respondenter ... 68
Bilaga 6 Enkät: utformning och svar ... 69
Bilaga 7 Beräkning av maximal effektutveckling i rummet ... 80

1 Inledning

Räddningstjänster i Sverige har sedan ett antal år tillbaka börjat använda olika typer av lätta räddningsfordon. I denna rapport definieras ett lätt räddningsfordon som ett fordon med en totalvikt av 3500 kg, vilket kan framföras med B-körkort. Antalet personer som bemannar fordonet kan variera men är vanligen en till två. Fordonet tillsammans med utrustning och personal kommer fortsättningsvis att benämnas som en lätt enhet. Syftet med enheten är i många fall att möjliggöra en snabbare och mer effektiv insats genom fordonets ökade flexibilitet och tillgänglighet.

Beroende på vilka typer av räddningsinsatser fordonet är tänkt att användas vid kan utrustningen variera. Vanliga användningsområden är brand, trafikolycka, vattenlivräddning samt i väntan på ambulans. För insats mot bränder krävs någon form av lätt släcksystem. Flera olika typer av släcksystem finns idag på marknaden. De räddningstjänster i Sverige som idag har lätta räddningsfordon, använder ofta någon form av högtryckssystem.

En snabb, utvändig insats mot en brand i en byggnad kan i bästa fall innebära att branden släcks eller begränsas så att övertändning och spridning förhindras. Även om brandens omfattning är så stor att släckning inte är möjlig kan ofta bättre förutsättningar skapas inne i byggnaden för fortsatt insats när förstärkande enheter ankommer.

1.1 Problemformulering

Vilket eller vilka typer av släcksystem är bäst lämpade att använda som släckutrustning på ett lätt räddningsfordon?

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att den ska kunna användas av räddningstjänst som en del av beslutsunderlaget vid valet av släcksystem till ett lätt räddningsfordon.

1.3 Metod

Efter definition av projektets problemformulering och syfte, påbörjades en marknadsundersökning för att finna information om vilka system som är tillängliga.

Undersökningen resulterade i att tre olika typer av högtryckssystem, ett CAF-system, ett system som med hjälp av pyroteknik genererar aerosoler av släckmedel samt pulversläckare, valdes ut för fortsatta försök. CAF står för *Compressed Air Foam* (även kallat tryckluftskum). Jämfört med en traditionell skumutrustning med aspirerande skumrör, är den stora skillnaden att skummet alstras genom att tryckluft tillförs innan släckmedlet matas ut i slangen, istället för att luften tillförs vid skumröret.

Valen av system styrdes av två faktorer, dels ansågs det viktigt att välja flera olika typer system som kan vara av lämpliga för lätta räddningsfordon, dels berodde valen på tillänglighet på marknaden. Anledningen till att tre högtryckssystem valdes beror på skilda systemegenskaper hos systemen. En litteraturstudie påbörjades där kartläggning av tidigare utförda försök med systemen utfördes. Beroende av systemtyp fanns mer eller mindre information att tillgå.

En statistisk genomgång gjordes i syfte att finna lämpliga objektstyper där användning av ett lätt släcksystem kan vara ett alternativ eller komplement till konventionell släckutrustning. Mot bakgrund av denna genomgång skapades ett scenario med en specifik försöksutformning.

De system som valdes testades vid försök under sommaren 2007 vid Räddningsverkets skola i Revinge. Syftet med försöken var att undersöka släcktekniska egenskaper för respektive system vid det valda scenariot.

För att hämta in erfarenheter om för- och nackdelar med de olika systemen, drift- och underhållskostnader samt utbildningsbehov, utformades en enkät som sändes ut till ett antal räddningstjänster som använder något av de testade systemen.

I rapportens avslutande avsnitt diskuteras för- och nackdelar med de olika släcksystemen utifrån syftet med enheten, släcktekniska egenskaper, fordonstekniska begränsningar, kostnader samt utbildningsbehov.

1.4 Avgränsningar

På ett lätt räddningsfordon finns oftast ytterligare utrustning som kan användas vid en insats mot brand i byggnad. Exempel på utrustning kan vara IR-kamera och övertrycksfläkt. Dessa redskap användes inte i kombination med släcksystemen under försöken.

Släckförsöken genomfördes endast med en försöksutformning pga praktiska och ekonomiska skäl. Försöken utformades för att kunna liknas vid brand i startutrymmet i en bostad baserat på de

förutsättningar som redovisas i avsnitt 2. Det skulle givetvis vara intressant att testa systemen vid andra typer av försök eller scenarier som exempelvis bilbrand, brand i stora utrymmen eller konstruktionsbränder om möjlighet fanns.

2 Bakgrund

Ett lätt räddningsfordon kan vara utrustat på olika sätt beroende på syftet med enheten. Viktigt att tänka på, oavsett syfte, är den begränsade lastkapaciteten. I avsnitt 2.1. visas ett exempel på hur fordonet kan vara utrustat exklusive släcksystem. Den resterande lastkapaciteten bör vidare fördelas mellan släcksystem och släckmedel på ett effektivt sätt, vilket diskuteras i sista stycket i avsnitt 2.1.

I avsnitt 2.2. behandlas släckmekanismerna, brandgaskylning och ytkylning, översiktligt. Vidare görs en beskrivning av de metoder, högtrycksbrandsläckning, släckning med tryckluftsskum, pulverbrandsläckning samt släckning med pyrotekniskt genererade aerosoler, som använts under försöken. Samtliga metoder är mer eller mindre effektiva när det gäller brandgaskylning respektive ytkylning, vilket beskrivs i avsnitt 2.3.

Avslutningsvis redovisas, i avsnitt 2.4., den statistiska genomgång som utgjort underlag till val av scenario och försöksutformning.

2.1 Räddningsfordonets begränsningar

Valet av ett lättare räddningsfordon medför en begränsad lastkapacitet. Med nu gällande regler får en förare med körkortsbehörighet B framföra en personbil eller lätt lastbil med en högsta totalvikt om 3500 kg (Körkortslag, SFS 1998:488). Lastkapaciteten på ett fordon som klarar denna totalvikt beror naturligtvis på vilken bilmodell som väljs men är ofta någonstans mellan 500 kg och 1500 kg. P.g.a. den begränsade lastkapaciteten måste den materiel som medförs prioriteras. Lämpligen sker denna prioritering utifrån det lokala behovet och de rådande förutsättningarna, inte minst beroende på vilken typ av insatser räddningsfordonet avses att användas till. Tabell 2.1 visar exempel på utrustning och dess vikt för ett lätt räddningsfordon

Tabell 2.1. Exempel på utrustning och vikt för ett lätt räddningsfordon exklusive släcksystem, baserat på Räddningstjänsten Syd (2007).

Utrustning	**Vikt** [kg]
Mobitex/Navigator	
Radioutrustning för fordon	
Bärbar radio B 96 med tillbehör + laddare	
Rökdykarradio med tillbehör + laddare	
Mobiltelefon med tillbehör + laddare	
Handlampa	
Reflexväst	
Sjukvårdsväska med tillhörande utrustning (1 per 2 förstahandsenheter)	5
Defibrillator (1 per 2 förstahandsenheter)	4
Filtar (2 st)	1
Dörrforceringsutrustning 2 x kofot 1 stuvarspett 1 handslägga	8
Handbrandsläckare (4 st, koldioxid/pulver/skum)	36
Verktygsväska, enkel modell och lite verktyg	8
Skyddsglasögon	
Hörselskydd	
Avspärrningsband	
Olycksskyltar med varningslampor (2 st)	15
Varningsbloss (2 st)	1
Verktygsväska för trafikolycka	4
Pallningstrappor för stabilisering (2st)	15
Räddningshjälm med pannlampa	1
Andningsskydd (komposit Spirolite, mask, Savox, regulator, räddningsluftslang, Revitox)	15
Kvast	1
Sopsäckar	
Riverx (livräddningsbräda) och ytbärgarutrustning (dräkt, fenor, cyklop, snorkel, lina 50 meter, handskar, isdubbar)	19
Teleskopstege	5
Summa	**138**

Då det gäller valet av släcksystem och släckmedel för ett lätt räddningsfordon måste systemets massa och volym beaktas särskilt. Vatten är det vanligaste släckmedlet och har många fördelar (Särdqvist, 2002). Det har dock några nackdelar som blir speciellt påtagbara då det gäller ett lätt räddningsfordon eftersom vatten i vätskefas inte kan komprimeras och väger relativt mycket i förhållande till sin volym. Släckmedlet tar därför ofta upp en stor del av den totala lastkapaciteten på ett lätt räddningsfordon. Till detta kommer släcksystemets egen massa och volym. Om en viss begränsad lastkapacitet finns tillgänglig för släcksystem och släckmedel tillsammans innebär det alltså att systemets andel bör minimeras för att kunna medföra maximal mängd släckmedel. Den begränsade lastkapaciteten gör det således mer angeläget att kombinationen av släcksystem och släckmedel ger ett så hög släckeffektivitet som möjligt för att optimera enhetens förmåga.

2.2 Släckmekanismer

Släckteori behandlas utförligt av Holmstedt (2000) och Särdqvist (2002) men även till viss del av Bengtsson (2001). Här redovisas en kort sammanfattning av olika släckmekanismer baserad på ovanstående litteratur. Förbränning kan i förenklad form beskrivas som en kemisk reaktion där en brännbar gas reagerar med syre (reaktander) så att koldioxid och vattenånga (produkter) bildas och energi i form av värme frigörs. En förutsättning för att reaktionen ska fortgå är att den energi som frigörs genom reaktionen är så stor att produkterna kan värmas upp till flamtemperaturen. Släckning kan ske genom två olika släckmekanismer, gasfasverkan eller ytkylning. Vid släckning genom gasfasverkan kyls flamman så att den slocknar. Detta beror på att den energi som frigörs vid reaktionen inte räcker till för att värma upp både släckmedlet och produkterna till flamtemperaturen. Ytkylning innebär att den värmeenergi som når bränsleytan (vid fast eller vätskefas) minskas genom att släckmedlet kyler ytan så att massflödet av brännbara gaser som avges sänks. Den mängd bränsle som frigörs i form av gas blir då så låg att den inte räcker till för en fortsatt förbränning. Vid brandsläckning krävs ofta en kombination av gasfasverkan och ytkylning för att en effektiv släckning ska uppnås.

2.3 Översikt av system

De släcksystem som använts vid försöken är olika effektiva när det gäller att verka i gasfasen eller på ytan av det brinnande materialet. Tre högtryckssystem testades i försöken. En generell beskrivning av högtrycksbrandsläckning görs, där den primära släckmekanismen beskrivs. Vidare följer en specifik redogörelse för respektive högtryckssystem.

Liknande uppdelning görs för CAF-tekniken, pulverbrandsläckning samt släckning med pyrotekniskt genererade aerosoler. En beskrivning av den primära släckmekanismen för respektive metod följs av en närmare beskrivning av de släcksystem som tillhör respektive metod.

2.3.1 Högtryck

Användning av högtryck i Sverige har varierat över tiden och över landet. Likaså har definitionen av högtryck varierat. Med högtryckssystem avses, i denna rapport, system som arbetar med ett tryck från pumpen på 20 bar och däröver. Med ett högre pumptryck kan vattnet transporteras längre sträckor och det högre trycket medger också smalare slang och högre flöde i slangen (Räddningsverket, 2000a).

Generellt medför ett högt pumptryck ett högt munstyckstryck såvida tryckförlusterna, pga. högt flöde, liten slangdiameter och/eller lång slang, inte är för stora. Variation i munstyckstryck betyder att droppar i olika storlekar kan produceras. Ett högre tryck vid strålröret genererar generellt mindre droppar (Räddningsverket, 2000a). I detta fall då vatten finfördelas genom att det trycks genom en eller flera relativt små munstycksöppningar, kallas *hydraulisk finfördelning*. Ett annat sätt att finfördela vatten är genom att tryckluft matas till munstycket i ett separat rör. Denna princip kallas *pneumatisk finfördelning* och levererar generellt de minsta dropparna trots ett lågt arbetstyck (oftast mindre än 10 bar) för både vatten och luft. Ytterligare ett sätt att finfördela vatten grundar sig på den *mekaniska finfördelningsprincipen* och fungerar på så sätt att vattenstrålen från munstycksöppningen träffar en spridarplatta som sönderdelar och fördelar vattnet i en spray. Spraybilden ser olika ut beroende på utformningen av spridarplattan. Oftast erhålls störst droppstorlek vid denna typ av sönderdelning (Arvidsson & Hertzberg, 2001).

Små droppar har mindre rörelsemängd än stora. Detta innebär att förmågan att tränga igenom varma brandgaser blir mindre. De mindre dropparna värms upp och förångas snabbare och har därför god släckeffekt i flammorna (brandgaskylning). Förångningen av vattendropparna leder till att stora mängder vattenånga bildas, dock minskar totalvolymen p.g.a. den lägre gastemperaturen (Särdqvist, 2002). En släckeffekt genom gasfasverkan kan erhållas genom kombinationen av vattenånga, vattendroppar och brandgaser som finns i brandrummet. Detta förutsätter att dessa tillsammans finns i en sådan mängd att de utgör en så stor termisk barlast i flamman att reaktionshastigheten sjunker. Samtidigt leder brandgaskylningen till att strålningen mot bränsleytorna minskar vilket i sin tur till viss del kan minska massflödet av brännbara gaser från bränsleytan.

Den fördel som de små dropparna oftast har vid brandgaskylning är dock en nackdel vid ytkylning av fibrösa bränslen (Räddningsverket, 2000a). Orsaken till detta är dels att en mindre droppe tar upp mindre energi vid förångning (pga. mindre vattenmängd) jämfört meden större droppe, dels att droppen inte tränger in lika långt i ett fibröst bränsle vilket gör att energin främst tas från bränslets ytligare strukturer. Brännbara gaser kan då fortsätta att produceras från djupare liggande strukturer i bränslet samtidigt som de ytliga strukturerna värms upp igen när den lagrade energin utjämnas inom materialet. Dessutom kan mindre droppar ha svårare att nå fram till bränsleytor som är

belägna en bit bort. Även om droppen skulle ha tillräcklig fart och rätt riktning för att nå bränsleytan kan värmestrålning från omgivningen leda till att den hinner förångas helt innan den når fram.

Försök har visat att högtrycksbrandsläckning innebär snabbare släckning och mindre vattenåtgång än släckning med ett konventionellt dimstrålrör (Räddningsverket, 1997). Förutsättningarna vid dessa försök var ett flöde som översteg 200 l/min och ett tryck från pumpen på 40 bar. Dock medför det högre trycket att kastlängden minskar dramatiskt och att strålförartekniken försvåras. För att utnyttja alla fördelar som högtrycksbrandsläckning för med sig måste strålförartekniken övas.

Skumvätska kan blandas i vattnet vid högtrycksbrandsläckning. De små droppar och en relativt stor luftinblandning i strålen ger ett skum (Räddningsverket, 2000a).

Generellt innebär högtrycksbrandsläckning att sikten påverkas i rummet. Vattendimma och brandgaser rörs om och försämrar sikten avsevärt.

Cobra H300

Cobra är ett högtryckssystem med skärförmåga (Figur 2.1). Systemet arbetar med ett tryck från pumpen på 250-300 bar vid ett flöde på 50 l/min. Systemet producerar vattendimma med eller utan skumvätskeinblandning. Inköpspriset är 400 000 kr.

Systemets skärförmåga erhålls genom att skärmedel (abrasiv) tillsätts i vattnet. Inblandningen av abrasiv motsvarar ca 5 vol%. Empiriska undersökningar har gjorts (Bjerregaard & Olsson, 2007) där skärförmågan hos systemet testats. Samma författare har även undersökt avståndet från munstycket till vattenstrålens uppbrott. Dessa försök resulterade i att avståndet till uppbrott, i de flesta fall, varierade mellan 5,0 till 5,5 m. För mer information om Cobra se bilaga 1.

Ett antal släckförsök har utförts med Cobra. Arvidsson och Bobert (2002) utförde på uppdrag av FMV släckförsök i ett 500 m^3 stort rum, där systemets förmåga att släcka dieselpoolbrand samt heptanspraybrand testades. Bakgrunden till försöken var utvärdering av Cobra som släcksystem på marinens Visby-korvetter. Försöken med dieselpoolbrand utfördes med varierad effektutveckling (1-4 MW vid bränslekontroll) samt med olika stora ventilationsöppningar i taket på försöksrummet. Vid dessa försök släcktes samtliga poolbränder förutom de som hade lägst effektutveckling (1 MW).

Fallberg, Palmkvist, Edholm och Ingason (2004) har på uppdrag av SRV bl.a. undersökt systemets förmåga att kyla brandgaser i stora utrymmen och att kombinera insats med Cobra och övertrycksventilation. Även vid dessa försök användes dieselpoolbrand med en sammanlagd effekt om 10 MW. Släckförsök med fibrösa bränder har bl.a. utförts av Räddningsverket (2000b) samt av Fallberg et al.

Figur 2.1. Exempel på montering i ett lätt räddningsfordon med lansen hängande.

Firexpress PDU

Firexpress PDU är ett högtryckssystem som arbetar med ett tryck från pumpen på 40 bar vid ett flöde på 33 l/min, se Figur 2.2 och Figur 2.3. Skumvätskeinblandning i vattendimman är möjlig. Trots ett relativt lågt munstyckstryck (23 bar), kan mycket små droppar produceras beroende på munstyckets utformning (Firexpress, 2007). Inköpspriset är 6729 EUR.

Förutom vattendimma (med eller utan skumvätskeinblandning) kan munstycket leverera skum med lågt expansionstal. Munstycket är utformat så att det även kan användas som hammare för att slå söder fönster och dylikt (Firexpress, 2007).

Enligt leverantören innebär det lägre trycket vissa fördelar jämfört med andra högtryckssystem med högre munstyckstryck. Dels bidrar det lägre trycket till mindre inflöde av luft i strålen, dels innebär det lägre trycket mindre spridning av brinnande/glödande föremål. För mer information om Firexpress PDU se bilaga 1.

Figur 2.2. Firexpress PDU

Figur 2.3. Firexpress lans

Oertzen HDL 250

HDL 250 (Figur 2.4) är ett högtryckssystem som arbetar med ett tryck från pumpen på 200 bar vid ett flöde av 32 l/min. Systemet har tidigare även benämnts HDL 200-32. Systemet producerar vattendimma med eller utan skumvätskeinblandning. Inköpspriset är 105 000 kr.

Systemet är utrustat med en s.k. duplex-lans, vilken möjliggör släckning med antingen dimma (med eller utan skumvätskeinblandning) eller skum med lågt expansionstal. En s.k. triplex-lans (Figur 2.5) kan väljas istället vilken, utöver släckning med dimma eller skum, möjliggör släckning med sluten stråle (Agaria). För mer information om HDL 250 se bilaga 1.

Figur 2.4. Oertzen HDL 250

Figur 2.5. Triplex-lans

2.3.2 Tryckluftsskum (CAFS)

I CAF-system genereras skummet med hjälp av tryckluft. Här skiljer sig CAF-systemet och konventionell skumalstringsutrustning. Med konventionell utrustning bildas skummet genom att luft sugs in i strålröret (ejektorverkan).

CAF-system används främst, precis som med konventionell skumutrustning, för att kyla ytan av det brinnande materialet och därmed begränsa produktionen av brännbara gaser. Inblandning av skumvätska vid ytkylning innebär en stor sänkning av vattnets ytspänning och därmed en förbättring av vattnets inträngning i fibrösa material. Ytspänningssänkningen innebär även fördelar vid släckning av klass B bränder. Filmbildande ämnen gör att vattnet kan dräneras ut ur skummet och bilda en film som flyter ut över bränsleytan (Särdqvist, 2002).

Den stora skillnaden utrustningsmässigt mellan CAFS och konventionell skumutrustning är kompressorn/luftflaskor, reglersystemet för tryckhållning samt flödesreglering av vatten/luft Vatten och skumvätska blandas på traditionellt sätt med någon form av skuminblandningsutrustning. Utrustningen måste dock vara anpassad för betydligt lägre inblandningsförhållanden än traditionell utrustning, 0,1-1 %. Tryckluft tillsätts därefter från en separat kompressor eller luftflaskor. I en skumalstringsdel blandas tryckluft och vatten- skumblandningen till ett homogent och finblåsigt skum. Skummet distribueras i slangen till strålföraren. Med färdigt skum i slangen kommer slangen att väga betydligt mindre vilket innebär att den är lättare att manövrera än en slang med vatten (Persson, 2005).

I Persson (2005) redovisas resultat från flera försök och forskningsarbeten från 1980-talet och framåt, gjorda vid olika forskningsinstitutioner, där framförallt användning av CAFS har jämförts med insats med vatten och vatten med tillsats av A-skum. Bland annat redovisas resultat från släckförsök utförda vid universitetet i Canterbury, där jämförelser gjorts mellan användning av CAFS och högtryck. Genomgående i de redovisade försöken i litteratursammanställningen är att släckinsatserna har utförts mot brand i byggnad.

CAFS är ingen ny idé. En föregångare till dagens CAFS är den s.k. ”skumpumpen” som utvecklades i slutet av 1920-talet. Vid denna tidpunkt hade det aspirerande skumröret inte uppfunnits. Skillnaden mellan dagens system och skumpumpen är att vattnet, skumvätskeblandningen och luften blandades i en skumpump för att sedan komprimeras till 3,5 bar. Skummet passerade därefter en ”förädlare” innan det distribuerades ut i slangen.

CAFS är numera en etablerad teknik hos många räddningstjänster i USA. Intresset har också spridit sig till Europa, där tekniken idag är mest etablerad i Tyskland. Systemet tillverkas idag dels för att kunna användas som små portabla enheter, dels för att byggas in i brandbilar (Persson, 2005).

One Seven 300T

One Seven 300T (Figur 2.6) är ett CAF-system. Systemet drivs av två luftflaskor med ett tryck på 300 bar vardera. Trycket från luftflaskorna, vid stängt munstycke, ger ett tryck i slangen på 8 bar. Vid öppet munstycke erhålls ett munstyckstryck på 1 bar. Flödet av våtskum, vid öppet munstycke, är 320 l/min, varav vatten, 42 l/min. Inköpspriset är 112 000 kr.

Skummet som alstras i CAF-systemet är mycket homogent, vilket innebär att skummet är mycket stabilt och av god kvalité. Eftersom skumtalet är relativt lågt, endast 7, benämns skummet tungskum. Med tungskum kan lång kastlängd erhållas (Figur 2.7).

Systemet kan användas för ytkylning vid både klass A och klass B bränder. Vid inblandning av klass A skumvätska, är inblandningsprocenten endast 0,3 % och vid inblandning av klass B skumvätska, 0,4 %. För mer information om systemet se bilaga 1.

Figur 2.6. One Seven 300T.

Figur 2.7. Skumstråle (CAF) med flöde som One Seven 300T.

2.3.3 Pulver

Pulver är ett mycket effektiv släckmedel som har den högsta släckkapaciteten per viktenhet. Pulver består ofta av en blandning av olika salter. Precis som i fallet med högtrycksbrandsläckning är det relevant att finfördela pulvret i största möjliga utsträckning för att erhålla god släckeffekt i brandgaserna. Detta eftersom en större yta i förhållande till massan innebär att mer värme kan överföras till pulverkornet innan det passerat genom flamman. Enligt Särdqvist (2002) ökar släckeffekten markant om pulverkornens storlek understiger 0,03 mm. I likhet med alltför finfördelat vatten är alltför finfördelat pulver en nackdel vid brandsläckning eftersom kastlängden minskar markant.

Släckeffekten är huvudsakligen termisk. Det finfördelade pulvret värms, därefter smälter och förångas det. Processerna kräver energi som tas från flammorna i brandgaserna. Förångade pulverkorn samt brandgaser utgör en termisk barlast och när denna blir tillräckligt stor slocknar flamman. För vissa pulversorter är släckeffekten till viss del kemisk vilket innebär att pulvret sönderfaller vid upphettning. Energi tas upp och koldioxid frigörs. Mängden koldioxid som bildas är dock inte tillräcklig för att släckgränsen ska uppnås (Särdqvist, 2002).

Vissa pulversorter kan till viss del kyla ytan av det brinnande materialet pga. ett sammanhängande skikt som bildas då kornen smälter.

Pulver som släckmedel har hittills använts i brandsläckare, pulveraggregat och i pulversprinkler (Holmstedt, 2000). Pulveraggregat med vikter upp emot 600-700 kg är i de flesta fall räddningstjänstens mest effektiva släcksystem. Systemet kan användas mot de flesta bränder förutsatt att rätt sorts pulver används (Särdqvist, 2002).

Nackdelen vid släckning med pulver är, precis som vid högtrycksbrandsläckning, att brandgaserna i rummet rörs om. Omrörningen av brandgaser tillsammans med pulvermolnet innebär att sikten i rummet försämras avsevärt. Vidare är pulver inte lämpligt i ömtåliga miljöer då pulver smutsar ned väldigt mycket.

Pulversläckare PG12

Presto PG12 (Figur 2.8) är en handbrandsläckare med 12 kg pulver och en tömningstiden på ca 30 sekunder. Släckaren innehåller ABC-pulver, vilket innebär att den kan användas mot fibrösa bränder, vätskebräder samt gasbränder. För mer information om släckaren se bilaga 1.

Vid släckning med ABC-pulver erhålls en släckeffekt som kan liknas vid släckeffekten som erhålls vid släckning med vatten. Både brandgaskylning och ytkylning förekommer. Förutom släckeffekten som fås i flammorna, se ovan, kommer pulverkornen att smälta samman när de når bränsleytan och därmed bilda ett sammanhängande skikt på det brinnande materialet. Skiktet hindrar värmeutbyte och transport av pyrolysgaser (Särdqvist, 2002).

Figur 2.8. Presto PG12

2.3.4 Pyrotekniskt genererad aerosol (PGA)

En aerosol är en blandning av gas och partiklar där partiklarna kan vara i form av vätska eller fasta ämnen. Släckmedel i form av aerosoler skiljer sig vanligen inte mycket från pulverformiga släckmedel då den kemiska sammansättningen hos partiklarna ofta är densamma. Dock är partikelstorleken 10-100 gånger mindre. I och med en mindre massa har aerosoler gasliknande egenskaper när det gäller spridnings- och fördelningsmönster (Särdqvist, 2002).

Pyroteknisk genererade aerosoler (PGA) är mycket små partiklar som bildas genom att släckmedel, som framförallt består av ett fint pulver (ofta någon kaliumförening), förångas i en generator. De heta ångorna passerar ett kylmedel som sänker ångans temperatur, vilken därefter kondenseras och en aerosol med små partiklar bildas. Tre huvudsakliga släckmekanismer beskriver de små partiklarnas släckverkan (Kangedal, Hertzberg & Arvidson, 2001):

- I samband med att partiklarna bryts ned absorberas värme (termisk mekanism)
- Fria radikaler återbildas genom heterogent katalyserade reaktioner på partiklarnas yta (kemisk verkan)
- De produkter som bildats vid förbränningen av den aerosolbildande blandningen har en inerterande effekt.

De två förstnämnda mekanismerna sker på partikelns yta och släckeffekten bestäms av partiklarnas totala yta. En större total yta innebär bättre släckeffekt.

Fördelar med PGA är att det inte krävs trycksatta behållare, rör, ventiler och munstycken för distribution av släckmedel. Dessutom är släckeffektiviteten per viktenhet hög, ungefär 3-10 gånger mer effektivt än Halon (Kangedal et al, 2001). Systemet aktiveras via en elektrisk impuls eller en termisk utlösningsmekanism.

En nackdel med PGA är det begränsade användningsområdet. Utströmningen förorsakar siktnedsättning och gör det praktiskt omöjligt att orientera sig i rummet där systemet utlösts. Gaser som bildas vid pyroteknisk generering av aerosoler kan också ha toxiska egenskaper. Förbränningsprodukter som kolmonoxid och koldioxid bildas vid genereringen och dessa har förmågan att störa kroppens andningsfunktioner. Även partiklarna i sig kan vara toxiska beroende på partiklens livslängd, löslighet och dess reaktionsbenägenhet (Kangedal et al, 2001).

Dry sprinkler powder aerosol extinguishing systems (DSPA)

DSPA-5 (Figur 2.10) är ett system som genererar pyrotekniska aerosoler. Vikten av systemet är mindre än 5,4 kg vilket inkluderar den aerosolproducerande substansen som väger 3,3 kg. Systemet består av en cirkulär kropp som med diametern 0,22 m och höjden 0,1 m, se Figur 2.9. Aktivering av systemet sker manuellt (AFG GROUP, 2007). För mer information om systemet se bilaga 1.

Enligt leverantören är systemen bäst anpassade för att användas i industribyggnader, lager, motorutrymmen i båtar, elrum, datorutrymmen, tåg mm. Beroende av storleken på utrymmena kan olika varianter av DSPA användas (Flameguard BV). DSPA-5 är lämplig att använda i utrymmen upp till 60 m^3, förutsatt att utrymmet är helt tätt. Dock rekommenderas att använda systemet i utrymmen med en totalvolym på 40 m^3. I det senare fallet tillåts även mindre öppningar i tak, väggar och/eller golv (AFG GROUP, 2007).

Figur 2.9 DSPA 5, före och efter användandet.

DSPA utvecklades initialt för att ersätta släcksystem med halon, vilket innebär att användningsområdet till en början var begränsat till obemannade utrymmen. Enligt leverantören är det möjligt att använda systemet även i utrymmen där människor uppehåller sig eftersom koncentrationer av giftiga gaser som produceras vid genereringen är mycket låg. Leverantören påpekar dock att det inte rekommenderas att uppehålla sig i rummet i mer än fem minuter (Flame Guard BV).

2.4 Insatsstatistik

Räddningsverket sammanställer statistik baserat på insatsrapporter från de kommunala räddningstjänsterna. Räddningsinsatser vid brand redovisas uppdelat på två olika kategorier, brand i byggnad respektive brand ej i byggnad. För att studera alla insatser vid brand adderades därför dessa kategorier. I Tabell 2.2 visas fördelningen över de vanligaste objekttyperna för alla rapporterade insatser vid brand under åren 1996-2006 (Räddningsverket, 2007a).

Tabell 2.2. De vanligaste objekttyperna vid insatser mot brand 1996-2006, baserat på Räddningsverket (2007a).

Objekttyp	**Antal**	**Andel**
Personbil	37 871	12,85%
Annat (brand ej i byggnad)	35 129	11,92%
Flerbostadshus	32 752	11,11%
Villa	30 723	10,42%
Ej trädbevuxen mark	28 471	9,66%
Annan trädbevuxen mark	20 581	6,98%
Container	18 832	6,39%
Annat (brand i byggnad)	6 938	2,35%
Produktiv skogsmark inkl. hygge	6 571	2,23%
Resterande objekttyper (andelar mindre än 2%-enheter)	76 873	26,08%
Summa	294 741	100,00%

Personbil är den enskilt största objekttypen tätt följt av annat (brand ej i byggnad), flerbostadshus och villa. Inom objekttypen annat i kategorin brand ej i byggnad kan det antas att en stor mängd vitt skilda objekt registreras varför några specifika slutsatser inte kan dras kring dessa objekt. Flerbostadshus och villa ingår båda i objektgruppen brand i bostad (Räddningsverket, 2007b) tillsammans med rad-/par-/kedjehus (0,76%) och fritidshus (2,24%). Brand i bostad står för totalt 24% av insatserna vid brand. Studeras enbart brand i byggnad utgjorde bostadsbränderna 57% mellan åren 1996 och 2006 (Räddningsverket, 2007a).

Jaldell (2004) har beräknat värdet av en förkortad insatstid[2] med 5 min respektive 10 min, se Tabell 2.3. De beräkningarna bygger på insatsrapporter från åren 1996-2001 samt skadekostnadsuppskattningar från Norge med vissa anpassningar till svenska förhållanden.

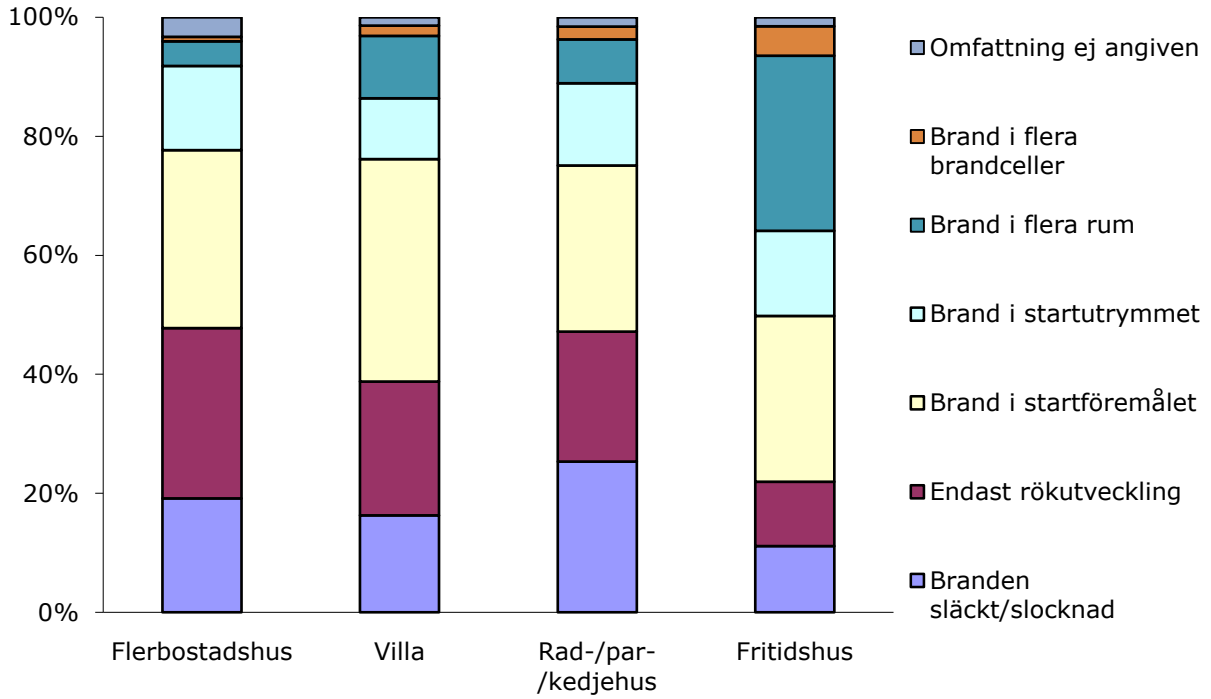
Tabell 2.3. Beräknat värde av kortare insatstid, efter Jaldell (2004).

Grupp		**Värde 5 min** [kr/insats]	**Värde 10 min** [kr/insats]
Brand i byggnad	Allmän byggnad	352 400	691 800
	Bostad	74 600	158 300
	Industri	154 600	265 700
	Annan byggnad	145 000	259 100
Brand ej i byggnad	Produktiv skogsmark	11 800	23 500
	Annan trädbevuxen mark	4 900	9 800
	Övrigt[3]	4 700	9 100

Jämförs tabell 2.2 och tabell 2.3 kan man konstatera att värdet av en tidigare insats mot de objekttyper som faller inom gruppen *brand ej i byggnad, övrigt* är lågt. Jaldell (2004) har antagit att tidsfaktorn saknar betydelse för dessa objekt (undantaget tåg), d.v.s. att de brinner upp om de har börjat brinna. Det angivna värdet är för den gruppen istället beräknat utifrån den risk för spridning som har angivits i insatsrapporterna. Även värdet av en tidigare insats vid brand i produktiv skogsmark och annan trädbevuxen mark är lågt jämfört med brand i byggnad. Brand i bostad har visserligen det lägsta värdet inom byggnadsbränder men stod samtidigt för mer än hälften av insatserna vid brand i byggnad eller nästan ¼ av alla insatser vid brand.

[2] Tiden från det att räddningsenheten larmas ut till det att insatsen påbörjas.
[3] Jaldell (2004) räknar i denna grupp in alla andra objekttyper inom kategorin brand ej i byggnad.

Studeras statistiken över insatser vid brand i bostad djupare så framgår det att i en klar majoritet av fallen är brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst begränsad till startutrymmet eller mindre, se Figur 2.10. Räknat på alla bostadsbränder var 88% begränsade till startutrymmet eller mindre under perioden 1996-2006 (Räddningsverket, 2007a).



Figur 2.10. Brandens omfattning vid räddningstjänstens ankomst vid brand i bostad 1996-2006, baserat på Räddningsverket (2007a). Notera att varje stapel relateterar till antalet insatser för respektive objekttyp.

Sammantaget kan alltså en typisk insats vid brand förenklat beskrivas som en brand i bostad begränsad till ett rum eller mindre vid räddningstjänstens ankomst. Samtidigt kan det ekonomiska värdet av en kortare insatstid vid en sådan brand uppskattas till klart högre belopp än vid brand i personbil, som också är vanligt förekommande. Detta är självklart en förenkling och generalisering av verkligheten. Bilden påverkas av rådande lokala förutsättningar vilket medför att någon absolut sanning som gäller för hela landet inte kan definieras. Den förenklade bilden fyller ändå en funktion då det gäller att identifiera vilken typ av scenario ett släcksystemet på ett lätt räddningsfordon bör dimensioneras för.

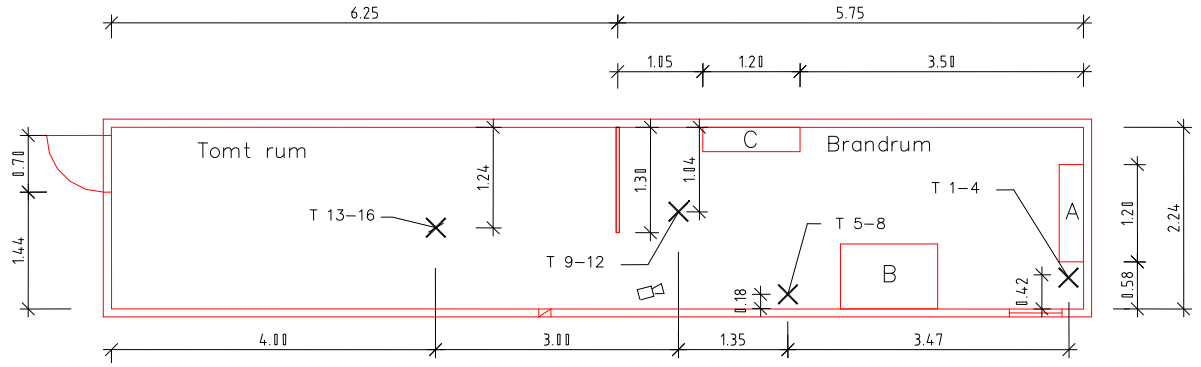
3 Släckförsök

Baserat på redovisade förutsättningar i avsnitt 2 utformades ett standardiserat brandförsök. Syftet var att efterlikna en släckinsats från utsidan mot en fullt utvecklad rumsbrand i bostad för att kunna studera släckförloppet och hur branden utvecklades efter släckning. Av praktiska och ekonomiska skäl kunde försöket inte utformas så att det fullt ut motsvarar en brand i ett bostadsrum, utan vissa förenklingar var nödvändiga. För att ta hänsyn till att det i en bostad finns en mängd olika brännbara material valdes både fibrösa och vätskebränslen. Som fibröst bränsle användes trä. Avsikten med vätskebränslet, som utgjordes av heptan (industribensin), var att motsvara effekten av brand i konstmaterial (t.ex. polyuretanskum) vilka vid brand smälter till en brännbar vätska. Bränslet fördelades på olika platser i rummet för att efterlikna ett bostadsrum. Vid placeringen togs även hänsyn till att alla bränsleytor inte skulle vara direkt åtkomliga för operatören vid släckningen. Hänsyn togs även till att ventilationsförhållandena har stor påverkan på brandens utveckling. I ett slutet eller underventilerat utrymme orsakar brandgaserna en termisk barlast vilken i sig kan ha en tillräckligt stor släckeffekt, vilket t.ex. visade sig i Arvidsson och Boberts (2002) försök. Ett första provförsök genomfördes med endast en öppning motsvarande ett mindre fönster vilket snabbt visade sig ge en otillräcklig ventilation då branden självslocknade innan släckning påbörjats. Därför öppnades även en dörr för att öka ventilationen. Dessa öppningar får anses hålla sig väl inom ramen för vad som kan vara aktuellt vid en bostadsbrand. Släckinsatsen genomfördes på ett sådant sätt att den skulle motsvara fältmässiga förhållanden och med en och samma operatör i samtliga försök. Leverantörerna av respektive system gavs möjlighet att på plats informera om hur systemet skulle handhas.

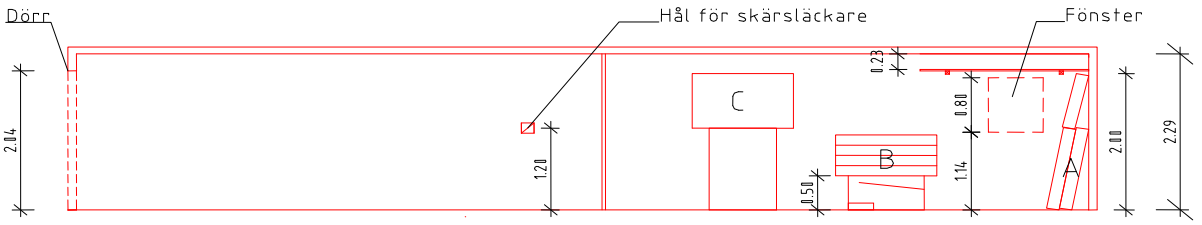
3.1 Försöksutformning

Försöken utfördes i en container som var uppdelad i två rum med en skärmvägg av stålplåt, se Figur 3.1 och Figur 3.2. Taket och väggarna var gjorda av två lager stålplåt (det yttre 5 mm och det inre 1,5 mm tjockt) med ca 50 mm luftspalt i mellan. Golvet var täckt med 50 mm tjocka betongplattor. Öppningarna motsvarade en dörr (area 1,4 m^2) och ett fönster (area 0,5 m^2) som var öppna hela tiden under samtliga försök.

Temperaturen registrerades med en logger varannan sekund med termoelement (typ K) på höjderna 0,3 m, 0,9 m, 1,6 m och 1,9 m över golvet på fyra olika platser. Termoelementens placering är markerad med *T1-T16* i Figur 3.1. Släckförsöken filmades inifrån med en luft- och vattenkyld digital videokamera vilken var placerad på golvet i containern, se Figur 3.1, och utifrån med en digital videokamera riktad mot fönstret.



Figur 3.1. Planritning över försöksuppställningen.



Figur 3.2. Sektionsritning över försöksuppställningen.

Tre bränslepaket, markerade med *A*, *B* och *C* i Figur 3.1 och Figur 3.2, var placerade i rum 1. Bränslepaket A och C bestod av tre lastpallar av trä vardera. Två lastpallar stod på högkant intill varandra och lutade mot väggen, den tredje stod på långsidan ovanpå de andra lastpallarna, se figur 3.3. Bränslepaket B bestod av ett heptanbål samt fyra lastpallar. Heptanbålet utgjordes av ett cirkulärt stålfat avplanat med vatten och var placerat på golvet under en öppen stålställning som lastpallarna staplades på. För att förhindra direkt släckning av heptanbålet placerades en plåt i ställningen. Plåtens längd var kortare än ställningen vilket innebar att heptanbålet kunde placeras så att flammorna hade kontakt med lastpallarna, se Figur 3.5 och Figur 3.6. Ovanför bränslepaket A, ca 0,2 m under taket, placerades två träfiberskivor av hardboard-typ med densiteten 1004,1 kg/m^3 på två träreglar. Skivorna överlappade varandra så att containers bredd täcktes, se figur 3.4.

Totalt tio trälastpallar användes till varje försök (av typ Europall med massa[4] ca 17,5 kg/st). Som tändmaterial användes remsor av träfiberskiva av softboard-typ med densiteten 229,17 kg/m^3 vilka dränktes in med diesel. Två remsor var placerade i varje bränslepaket, i A och C stående mellan de två undre lastpallarna och i B mellan de två undre lastpallarna. Antändningen av tändmaterialet och heptanbålet skedde manuellt med propangasbrännare. I tabell 3.1 redovisas materialet som användes till försöken med dimensioner. Som jämförelse redovisas exempel på massa för möbler i ett bostadsrum i Tabell 3.2. Maximal effektutveckling i rummet, vid ventilationskontroll, uppskattades till mellan 4 och 5.5 MW. Beräkningarna redovisas i bilaga 7.

Tabell 3.1. Materielförteckning

Objekt	**Antal**	**L*B*H** [m]
Lastpall (Europall)	10	1,2*0,8*0,15
Träfiberskiva i tak (hardboard)	2	2*1,2*0,006
Träregel i tak	2	2,2*0,05*0,05
Träfiberskiva till tändning (softboard)	6	1,2*0,2*0,012
Cirkulärt stålfat för heptan	1	d=0,3
Stålställning	1	0,9*0,6*0,5
Plåt	1	0,9*0,6

Tabell 3.2. Exempel på massa för möbler i bostadsrum (IKEA, 2006).

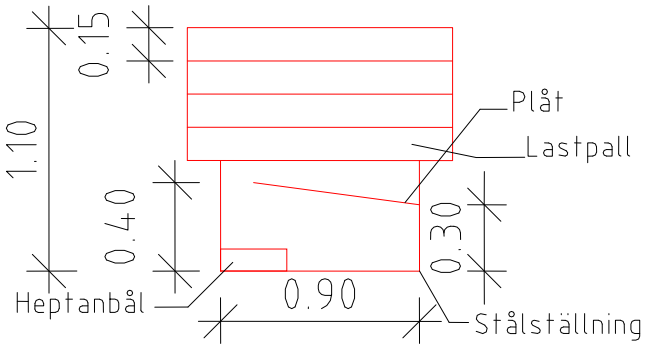
Objekt	**Material**	**Massa** [kg]
Madrass	polyuretanskum	20
	trä	15
Sängstomme	trä	50
Bokhylla 3st	trä	120
Byrå 2st	trä	100
Summa		305

[4] Ett medelvärde baserat på mätvärden från 44 försök med vardera tio lastpallar av motsvarande typ, utförda av Svensson (2007), vilket antas vara representativt även i detta fall.

Figur 3.3. Bränslepaket C. De två undre lastpallarna har undersidorna mot varandra.

Figur 3.4. Träfiberskivor på träreglar ca 0,2 m under tak.

Figur 3.5. Undre delen av bränslepaket B med tändskivor (snedställda) samt heptanbålet på golvet.



Figur 3.6. Detaljritning över bränslepaket B sett från långsidan (utifrån). Den snedställda plåten under lastpallarna har längden 0,9 m och bredden 0,6 m.

3.1.1 Försöksprocedur

Varje försök genomfördes enligt samma procedur:

8. loggning av temperaturdata startades,
9. bränslet antändes,
10. branden fick tillväxa en viss tid (förbrinntid) under vilken videoinspelningen startades,
11. släckning utfördes under förutbestämd tid (släcktid) varefter släckningen avbröts,
12. branden fick utvecklas under observation utan påverkan,
13. försöket avbröts,
14. loggningen av temperaturdata avbröts.

Vid varje försök påfördes 50 kg släckmedel med undantag för pulver (12 och 24 kg) och DSPA (3,3 kg). Mängden släckmedel valdes, efter inledande prov, så att såväl släckning som återantändning kunde studeras och begränsades därför till 50 kg. Släcktid beräknades för varje släcksystem baserat på respektive leverantörs uppgift om flödet av släckmedel för att erhålla 50 kg. Vid ett av försöken med Cobra (nr 4) påfördes 150 kg släckmedel[5]. Försöken med pulver och DSPA begränsades av mängden släckmedel i systemen. Vad gäller pulver fanns ej tillgång till ett pulveraggregat om minst

[5] Släckningen avbröts p.g.a. ett missförstånd först efter 3 minuter, därför är massan släckmedel 150 kg i detta försök.

50 kg varför enbart handbrandsläckare kunde provas. Flödet från en släckare motsvarar ungefär hälften av flödet från ett 50 kg pulveraggregat varför ett försök med två parallellkopplade 12 kg pulversläckare genomfördes istället.

Förbrinntiden bestämdes först baserat på den uppmätta temperaturen i brandrummet. Efter studier av de första åtta försöken fastställdes den fr.o.m. försök 9 till 4 min 30 s för att säkerställa att även återantändning kunde studeras.

Släckningen genomfördes genom det öppna fönstret (Figur 3.7) utom vid försöken med Cobra då ett förberett hål placerat på containerns långsida användes, se Figur 3.2 och Figur 3.8. Hålet var så stort att lansens munstycke helt kunde stickas genom väggkonstruktionen för att vatten inte skulle ledas bort i konstruktionen. Skälet till denna avvikelse var att ge utrymme för strålen att bryta upp[6] i brandrummet istället för att gå samlad in i väggen vilket hade blivit fallet om släckningen genomförts via fönstret. Lansen hölls därför horisontellt riktad mot rummets bortre hörn så att uppbrottet skedde ungefär mitt i mellan bränslepaketen i brandrummet. Vidare så hade ett angrepp genom fönstret medfört att en större mängd luft hade sugits med strålen in i brandrummet.

Figur 3.7. Släckning genom fönster.

Figur 3.8. Släckning genom hål för skärsläckare (illustrerande bild, ej från försök).

Under försöken var vinden var svag till måttlig i västlig riktning (motsvarande från höger till vänster i Figur 3.1). Vindriktningen var sådan att det inte kunde blåsa in genom någon av öppningarna. Yttertemperaturen var ca 15-20°C.

3.2 Försöksöversikt

Försöken genomfördes på Räddningsverkets skola i Revinge i juli och augusti 2007. De olika försöken redovisas i Tabell 3.3. Släcksystemen som användes var:

- *Cobra* H300[7] utlånad av Räddningstjänsten Syd, Malmö
- *DSPA*-5 levererad av DSPA b.v., Nederländerna
- *Firexpress* PDU utlånad av Firexpress AS, Danmark
- *Oertzen* HDL 250-32 tillhörande Räddningsverket, Revinge
- *One Seven* 1200 vilken var kalibrerad för att motsvara systemet 300T[8], utlånad av Scanfire NUF, Norge
- *Pulver* 12 kg ABC handbrandsläckare inköpt från Presto AB, vid försöket med dubbel pulversläckare användes två parallellkopplade släckare.

[6] Se avsnitt 2.3.1.
[7] Det system (modell H300) som användes vid försöken med Cobra var hydrauldrivet. Systemets hydraulpump drivs av bilens motor, varför ett kraftuttag krävs. Som alternativ finns ett likvärdigt system, modell C360P. Skillnaden mellan systemen är att trycket från pumpen istället är 250-280 bar vid ett flöde av 56 l/min. C360P drivs av två bensinmotorer och vikten på dessa motorer med vattenpump är drygt 200 kg, vilket är likvärdigt med vikten på hydraulpump, oljetank, oljekyl med fläkt samt hydrauldriven vattenpump för H300.
[8] Kalibreringen utfördes av Scanfire:s representant i samband med leverans av systemet i Revinge.

Tabell 3.3. Översikt över genomförda försök.

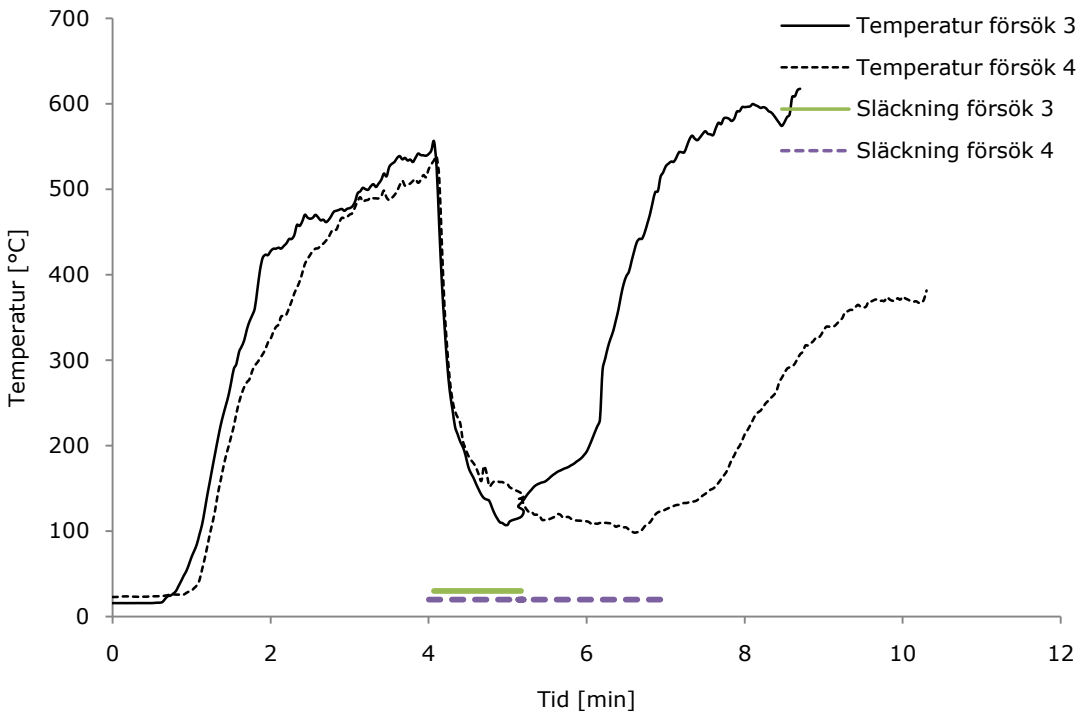
Försök	System	Släckmedel		Förbrinntid	Släcktid	Anmärkning
		typ	massa [kg]	[min:s]	[min:s]	
1	*Prov*					
2	*Prov*					
3	Cobra	Vatten	50	03:20	01:00	
4	Cobra	Vatten	150[9]	03:00	03:00	Längre släcktid
5	DSPA	PGA	3,3	03:30	00:30	
6	Oertzen	Vatten	50	03:05	01:34	Mellanvägg öppen
7	Oertzen	Vatten med 6%[10] Sthamex F-6 A-skum	50	03:40	01:34	
8	One Seven	CAF 0,3% One Seven A-skum	50	03:00	01:10	
9	One Seven	CAF 0,3% One Seven A-skum	50	04:30	01:10	
10	Pulver	ABC-pulver	12	04:30	00:30	
11	Firexpress	Vatten	50	04:30	01:31	
12	Firexpress	Vatten	50	04:30	01:31	
13	Firexpress	Vatten med 3% Firexpress AR-AFFF-skum	50	04:30	01:31	
14	Oertzen	Vatten	50	04:28	01:34	
15	Oertzen	Vatten med 6%[11] Sthamex F-6 A-skum	50	04:30	01:34	
16	Firexpress	Vatten med 3% Firexpress AR-AFFF-skum	50	04:30	01:31	
17	Pulver 2 st	ABC-pulver	24	04:30	00:45	

[9] Släckningen avbröts p.g.a. ett missförstånd först efter 3 minuter, därför är massan släckmedel 150 kg i detta försök.
[10] Rekommenderad inblandning var 3% men kontrollmätning visade att aggregatet var kalibrerat för 6% inblandning vilket användes under försöket.
[11] Rekommenderad inblandning var 3% men kontrollmätning visade att aggregatet var kalibrerat för 6% inblandning vilket användes under försöket.

3.3 Observationer och mätdata

Videofilmerna från försöken har studerats och ligger tillsammans med observationer under försöken till grund för nedastående redovisningar. Temperaturen redovisas som medelvärdet av termoelementen i brandrummet (T1-T12).

3.3.1 Cobra



Figur 3.9. Medeltemperaturutveckling i brandrummet vid försök med Cobra.

Vid försök 3 sjönk temperaturen från ca 550°C initialt snabbt ner till drygt 200°C för att sedan plana ut ner mot 100°C. Då släckningen avslutats återantände A inom 10 s, B efter 22 s (Figur 3.10) och C efter 43 s (Figur 3.11). Branden utvecklades därefter snabbt vilket gav en snabb temperaturtillväxt (Figur 3.9).

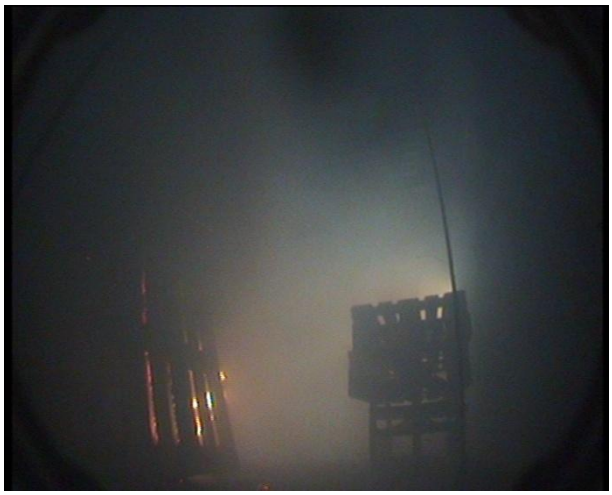
Figur 3.10. Försök 3: B återantände 22 s efter att släckningen avslutats.

Figur 3.11. Försök 3: C återantände 43 s efter att släckningen avslutats.

Vid försök 4 med tre gånger så lång släcktid och följaktligen 150 kg släckmedel sjönk temperaturen till strax under 100°C (Figur 3.9). B och C brann då släckning avslutades. C brann till viss del under

hela försöket. Efter 1 min släckning började sikten i brandrummet förbättras (Figur 3.12 - Figur 3.13). Då släckningen hade pågått i 1 min och 33 s återantände B och branden i både B och C tillväxte därefter sakta under resterande släcktid (Figur 3.14- Figur 3.15). Efter att släckningen avslutats tillväxte branden i B snabbt och temperaturen i brandrummet ökade igen (Figur 3.9).

Figur 3.12. Försök 4: släckning har pågått i 1 min.

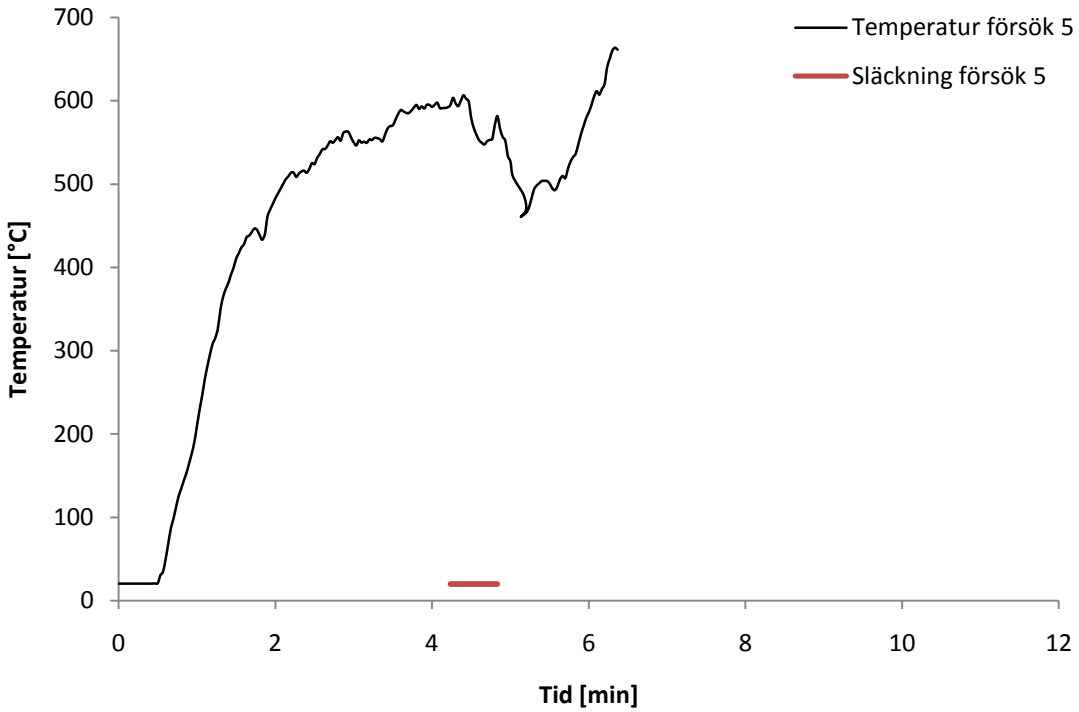


Figur 3.13. Försök 4: släckning har pågått i 1 min 20 s.

Figur 3.14. Försök 4: släckning har pågått i 1 min 33 s när B återantände.

Figur 3.15. Försök 4: släckning har pågått i 2 min.

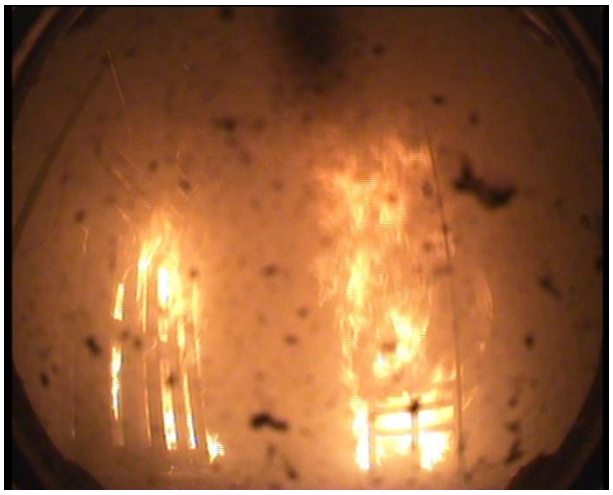
3.3.2 DSPA



Figur 3.16. Medeltemperaturutveckling i brandrum vid försök med DSPA.

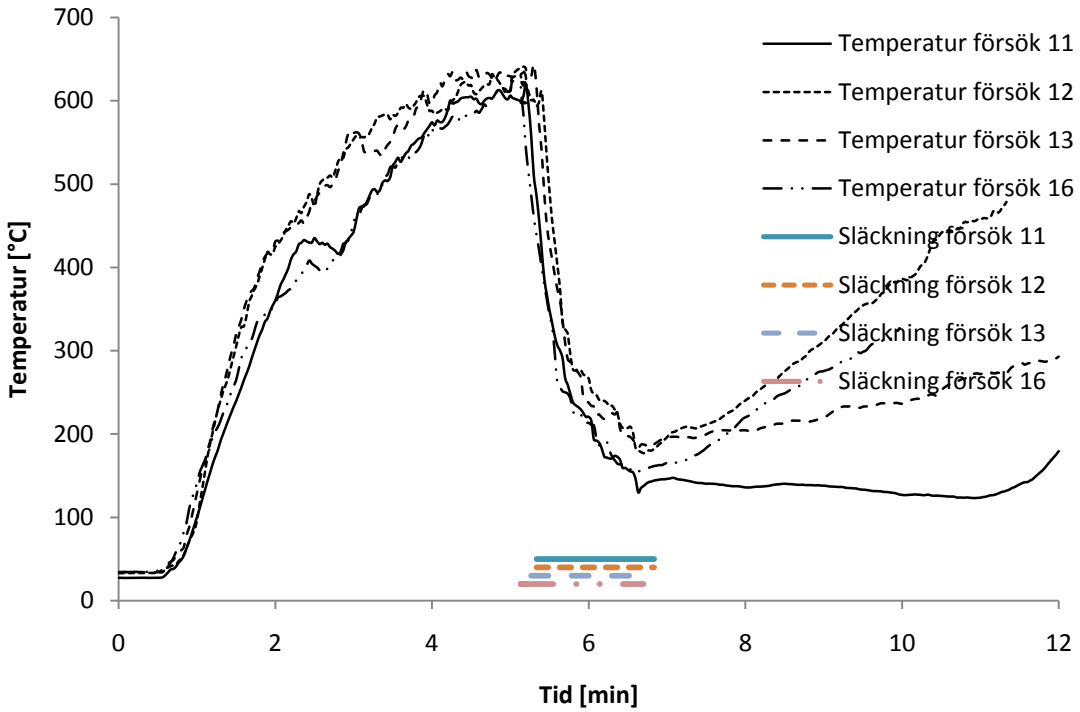
Vid försöket sänktes temperaturen från ca 600°C till drygt 450°C men steg snabbt igen efter släckningen (Figur 3.16). Brand förekom i C och heptanbålet under hela släckningen (Figur 3.17). Branden tillväxte snabbt när släckningen avslutas (Figur 3.18).

Figur 3.17. Försök 5: släckning har pågått i 15 s.



Figur 3.18. Försök 5: 30 s efter avslutad släckning.

3.3.3 Firexpress



Figur 3.19. Medeltemperaturutveckling i brandrum vid försök med Firexpress.

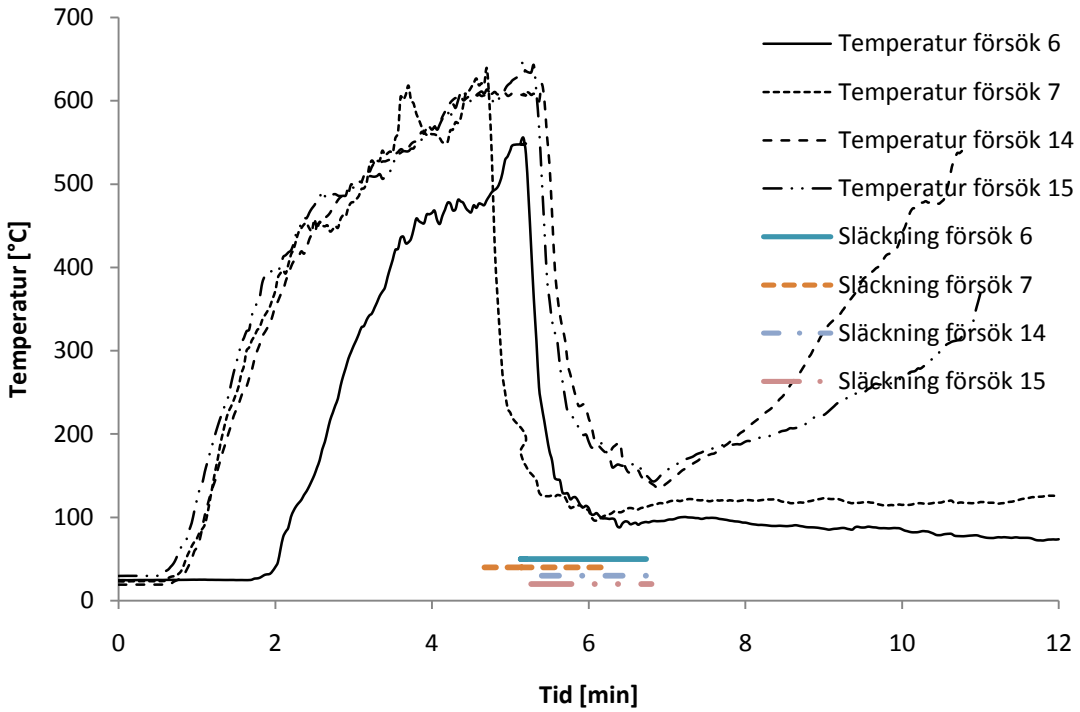
I alla fyra försöken sänktes temperaturen i brandrummet från drygt 600°C till mindre än 200°C under den tid släckningen pågick (Figur 3.19). I försök 11 återantände B 14 s och A 1 min 13 s efter avslutad släckning. Tillväxten var begränsad (Figur 3.20 - Figur 3.21) vilket avspeglade sig i temperaturutvecklingen. Vid försök 12, 13 och 16 brann det längst ner mellan lastpallarna i C när släckningen avslutades (Figur 3.22). Denna brand spreds sedan uppåt i lastpallarna olika snabbt i de olika försöken. I försök 12 brann det dessutom i B då släckningen avslutades och A antände 16 s därefter. I försök 13 återantände A efter 1 min 45 s och i försök 16 återantände B efter 28 s. I alla fyra försöken är det i de delar av bränslepaketen som inte är fullt åtkomliga för operatören som brand förekommer då släckningen avslutas alternativt återantändning först sker. Heptanbålet släcktes i samtliga fall och återantändes i försök 11 och 16 av nedfallande glöd då branden i pallarna ovanför (B) redan hade utvecklats.

Figur 3.20. Försök 11: A återantände 1 min 13 s efter avslutad släckning.

Figur 3.21. Försök 11: 3 min efter avslutad släckning.

Figur 3.22. Försök 13: Brand i C då släckning avslutades.

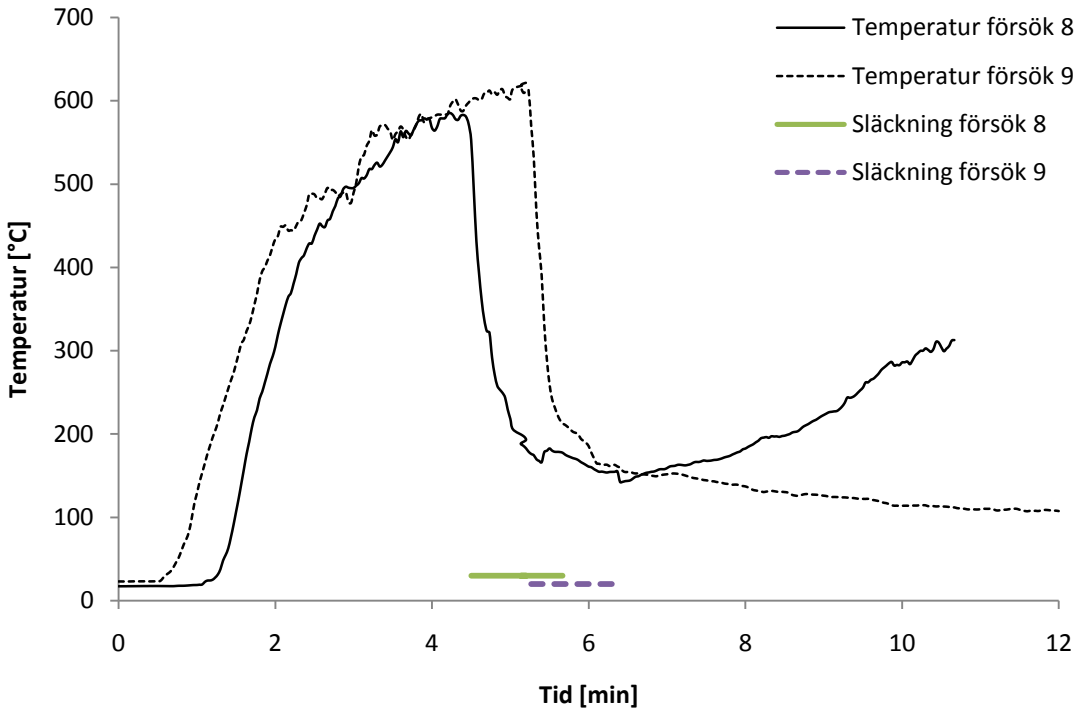
3.3.4 Oertzen



Figur 3.23. Medeltemperaturutveckling i brandrum vid försök med Oertzen.

I försök 6 och 7 förekom ingen brand då släckningen avslutades. Enstaka mindre återantändningar skedde vid försök 6 i B och C men dessa spred sig inte vidare. Vid försök 7 återantände A 25 s efter avslutad släckning. Branden spred sig därefter sakta inom A. Glöd i nedre delen av C antände då släckningen avbröts i försök 14 och 15 vilket utvecklades till brand över hela A. I försök 14 återantände strax därefter glödande pallrester på golvet bredvid B och utvecklade brand som i sin tur antände först lastpallarna i B och sedan heptanbålet. Återantändning skedde vid försök 15 i glöd i nedre delen av A vilken sakta spred sig. Vid försök 14 och 15 observerades att större mängder glödande pallrester spreds ut på golvet av strålen.

3.3.5 One Seven



Figur 3.24. Medeltemperaturutveckling i brandrum vid försök med One Seven.

I båda försöken sänktes temperaturen i brandrummet från knappt 600°C till ca 150-170°C under släcktiden (Figur 3.24). Vid försök 8 brann heptanbålet fortfarande med full effekt då släckningen avbröts medan övrigt bränsle var släckt. Lastpallarna ovanför heptanbålet antände därför så småningom men med en tydlig fördröjning, se Figur 3.25 - Figur 3.28. Trots den relativt höga strålningen från heptanbålet mot C dröjer det innan återantändning sker. Detta avspeglar sig också i den begränsade temperaturökningen från ca 150°C till 300°C på 3,5 min. Vid försök 9 fanns en liten brand i glödrester längst ner i C och glödande rester i B. Branden i dessa utvecklades så småningom men spridningen vidare inom lastpallarna var ytterst begränsad och någon temperaturökning uppmättes inte i brandrummet.

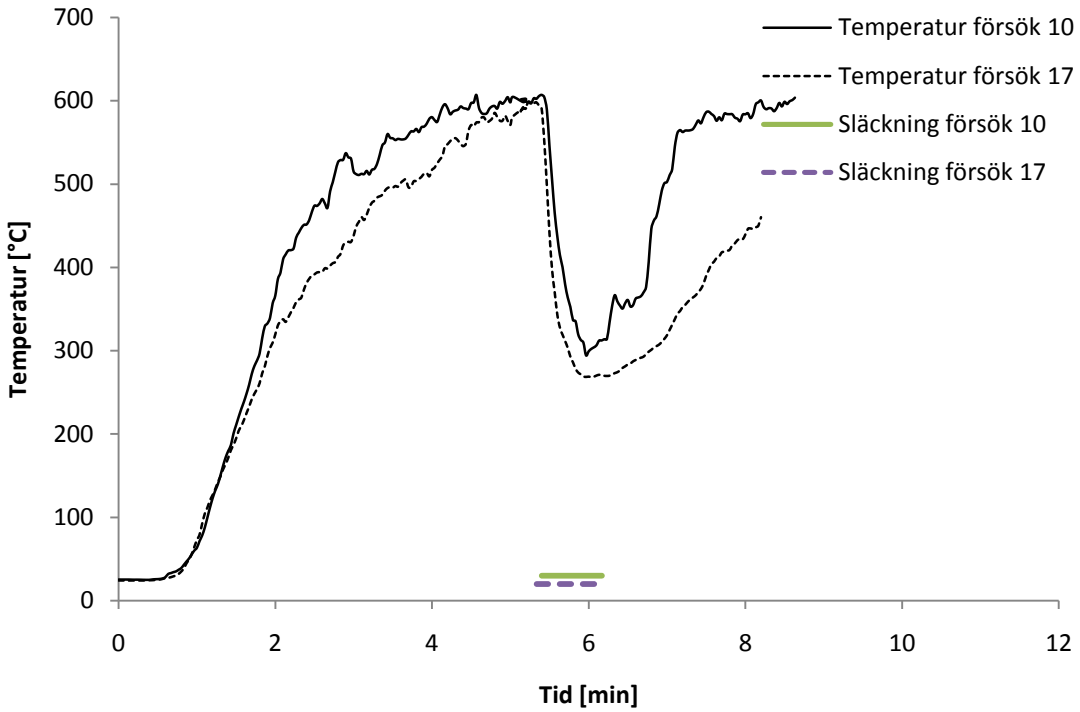
Figur 3.25. Direkt efter avslutad släckning.

Figur 3.26. 40 s efter avslutad släckning.

Figur 3.27. Tak återantände 1 min efter avslutad släckning.

Figur 3.28. C återantände 1 min 30 s efter avslutad släckning.

3.3.6 Pulver



Figur 3.29. Medeltemperaturutveckling i brandrum vid försök med ABC-pulver.

I båda försöken sänktes temperaturen från ca 600°C till knappt 300°C (Figur 3.29). Vid försök 10 försvinner sikten helt i brandrummet ca 18 s efter påbörjad släckning. 5 s efter att släckningen avslutades började brand skymta vid nedre delen av C och heptanbålet. 10 s efter avslutad släckning syntes brand på insidan i nedre delen av C samt i heptanbålet (Figur 3.30). Branden i heptanbålet spred sig snabbt uppåt i lastpallarna i B medan spridningen i C var mer begränsad till insidan (Figur 3.31). 1 min 6 s efter släckningen rasade träfiberskivorna i taket ner. Vid försök 17 syntes brand i C under hela släckningen (Figur 3.32) och när sikten i brandrummet ökade, 20 s efter släckningen, brann hela C (Figur 3.33). Taket återantände efter 30 s och B efter 50 s.

Efter försöken noterades att ytorna i brandrummet var belagda med ett klistrigt skikt som inte observerats vid tidigare försök. Detsamma gällde strålförarens mask och jacka.

Figur 3.30. Försök 10: 10 s efter avslutad släckning.

Figur 3.31. Försök 10: 30 s efter avslutad släckning.

Figur 3.32. Försök 17: vid avslutande av släckning.

Figur 3.33. Försök 17: 20 s efter avslutad släckning.

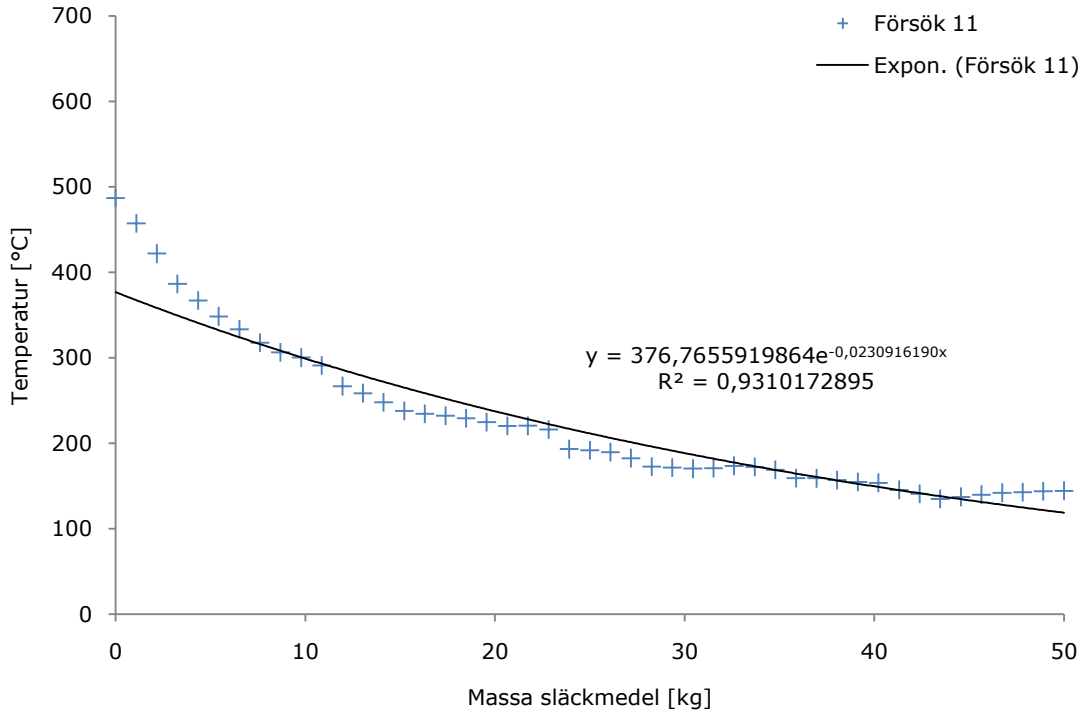
3.4 Bearbetning av mätdata

Mätdatan från försöken innehåller mindre fluktuationer som inte är av direkt intresse för tolkningen av resultaten men som ändå måste hanteras. För att jämföra mätdata mellan försök med varierande massflöde släckmedel, beroende på vilket släcksystem som användes, samt för att ta hänsyn till den variation i temperatur före släckning som är oundviklig vid brandförsök i den aktuella skalan, bearbetades mätdatan enligt följande.

För varje försök sattes tiden då släckningen påbörjades till t_0=0 och tiden då 50 kg släckmedel påförts till t_1. Därefter beräknades den sammanlagda massan släckmedel som påförts (baserat på massflödet släckmedel från det aktuella släcksystemet) vid varje tidpunkt mellan t_0 och t_1 i respektive försök. Medeltemperaturen i brandrummet (se avsnitt 0) plottades som funktion av massan påfört släckmedel. Fördelen med detta är att temperaturkurvorna för olika försök kan jämföras med varandra oberoende av vilket flöde som släckmedlet påförts med. Detta är intressant eftersom den medförda massan släckmedel är en begränsande faktor i sammanhanget (se avsnitt 2.1). Variation i släcktid (se tabell 3.3) håller sig inom sådana ramar att tiden i sig inte bedöms påverka brandens utveckling i nämnvärd omfattning.

För att kunna göra en djupare jämförelse av de olika kurvorna över förhållandet mellan temperatur och massan påfört släckmedel beskrevs varje kurva med en matematisk funktion. Funktionen anpassades till mätdatan med hjälp av minsta-kvadrat-metoden (Blom, Enger, Englund, Grandell & Holst, 2005) och uttrycktes som en exponentialfunktion:

$T = k \cdot e^{\beta \cdot m}$ där T [°C] är temperaturen,
m [kg] är den påförda massan släckmedel,
k [-] är en konstant som anger T vid start (d.v.s. då m = 0) och
β [-] är en konstant som anger hur kurvan utvecklas.



Figur 3.34. Förhållandet mellan temperatur och massa påfört släckmedel vid försök 11 samt den anpassade exponentialfunktionen för kurvan.

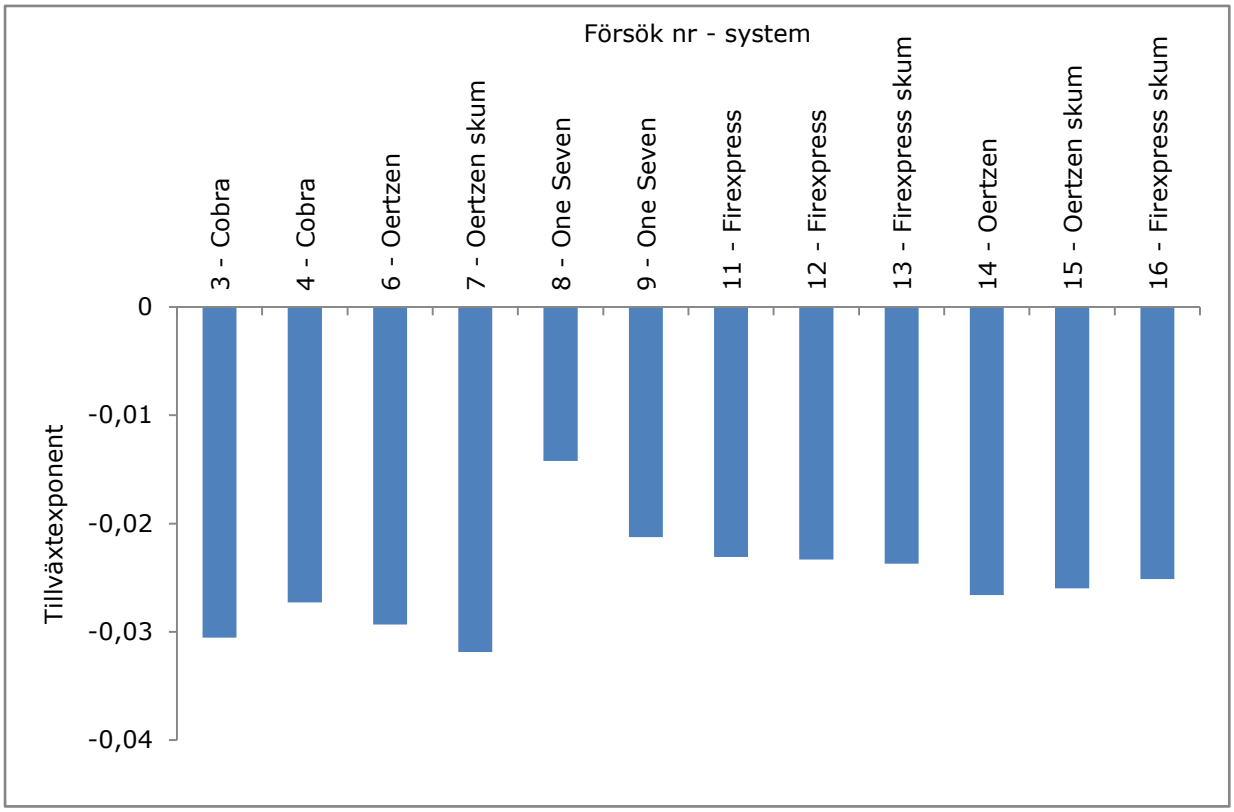
Eftersom denna jämförelse bygger på att den påförda mängden släckmedel är lika stor gjordes den endast för de vattenbaserade släcksystemen. För försök 4, där 150 kg släckmedel påfördes, användes endast mätdata för de första 50 kg släckmedel.

På motsvarande sätt bearbetades mätdatan för tiden 1 min 30 s efter det att släckningen avslutats. Skälet till valet av tidsperiod var att temperaturen vid vissa försök var på en sådan nivå efter släckningen att försöket måste avbrytas för att mätutrustningen inte skulle skadas. Således finns mätdata endast tillgänglig för denna period i samtliga försök.

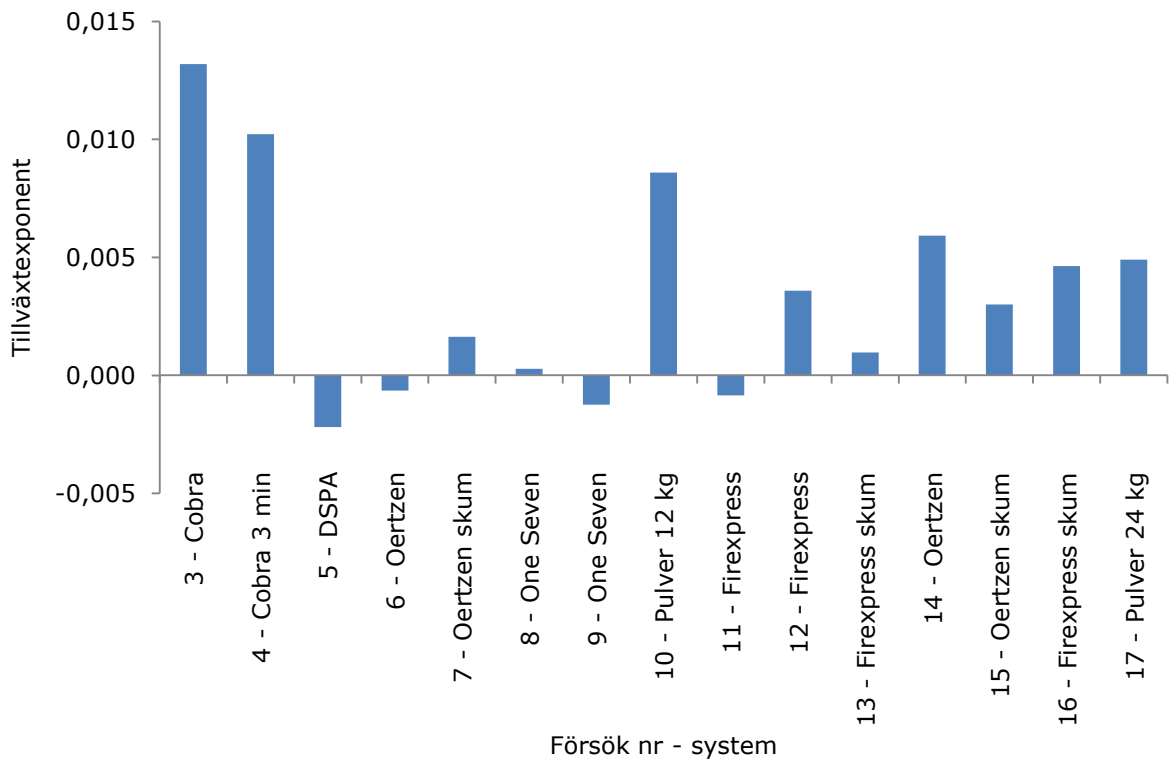
I detta fall sattes tiden då släckningen avbröts t_1 = 0 och t_2 = 1,5 min. Medeltemperaturen i brandrummet plottades nu istället som funktion av tiden från t_1 till t_2. En exponentialfunktion togs fram enligt samma procedur som för släckningen ovan. Jämförelsen kan i detta fall ske för samtliga försök eftersom perioden är av konstant längd.

Figur 3.34 visar ett exempel på grafen för den erhållna funktionen baserat på mätdata från försök 11, övriga försök redovisas i bilaga 1 och 2. Konstanten β (tillväxtexponenten) kan användas som ett jämförelsetal för hur fort temperaturen sänks i de olika försöken. Ett positivt värde på β innebär att temperaturen ökar och ett negativt värde att temperaturen avtar. Ju närmare β är noll desto mindre är temperaturändringen. Värdet på R^2 ($0 < R^2 < 1$) kan ses som ett mått på hur pass väl exponentialfunktionen stämmer överens med mätdatan, ju närmare 1 desto bättre överensstämmelse. I de fall värdet på R^2 inte ligger nära 1 kan den anpassade funktionen inte anses vara giltig och förkastas därför.

Resultatet av denna bearbetning redovisas i Figur 3.35 och Figur 3.36 samt Tabell 3.4.



Figur 3.35. Jämförelse över tillväxtexponenten för temperaturen i brandrummet under släckningen i förhållande till den påförda massan släckmedel (ju lägre tillväxtexponent desto snabbare temperatursänkning). Anpassningen av tillväxtexponenten för försök 5 kan inte anses giltig p.g.a. för lågt värde på R^2 (se Tabell 3.4).



Figur 3.36. Jämförelse av tillväxtexponenten för temperaturen under 1 min och 30 s efter avslutad släckning (ju högre tillväxtexponent desto snabbare temperaturökning). Anpassningen av tillväxtexponenten för försök 5 och 8 kan inte anses giltiga p.g.a. för lågt värde på R^2 (se Tabell 3.4).

Tabell 3.4. Värden på R^2.

Försök	**System**	***R^2***	
		Släckning	**Efter släckning**
3	Cobra	0,90	0,90
4	Cobra	0,84	0,97
5	DSPA	0,13	0,55
6	Oertzen	0,75	0,95
7	Oertzen skum	0,79	0,83
8	One Seven	0,81	0,03
9	One Seven	0,79	0,88
10	Pulver 12 kg	0,95	0,95
11	Firexpress	0,93	0,81
12	Firexpress	0,89	0,97
13	Firexpress skum	0,87	0,89
14	Oertzen	0,87	1,00
15	Oertzen skum	0,81	0,91
16	Firexpress skum	0,91	0,96
17	Pulver 24 kg	0,85	0,97

3.5 Analys

I detta avsnitt analyseras samtliga släckförsök. Avsnittet är uppdelat enligt följande:

- analys och diskussion av faktorer som kan ha påverkat försöken
- analys av släckförsök med vattenbaserade släckmedel
- analys av släckförsök med pulver samt pyrotekniskt genererade aerosoler

Påverkande faktorer

Att genomföra släckförsök i fullskala är förenat med begränsningar och av praktiska skäl krävs vissa förenklingar av försöksuppställningen. För att efterlikna det verkliga nyttjandet användes dessutom en strålförare vid försöken istället för någon form av fast installation av strålrör/motsvarande. Detta medför att försöken blir operatörsberoende vilket t.ex. kan förklara skillnaderna mellan försök med samma system såsom försök 8 och 9 respektive 11 och 12. Samtidigt är det sätt som försöken genomfördes på mer likt en verklig situation eftersom släcksystemen inte är fast installerade vid en skarp insats. Med detta i beaktande kan resultaten från försöken ge en god bild av systemens egenskaper.

Ett provförsök genomfördes med stängd dörröppning men i detta fall självslocknade branden innan släckning påbörjats. När dörren hölls öppen tryckte flammor ut genom hela fönsteröppningens höjd innan släckningen påbörjades. Detta tyder på att branden var ventilationskontrollerad.

Förbrinntiden var längre i försök 9-17 än i 3-8 (se tabell 3.3) vilket måste beaktas vid analysen av resultaten. En längre förbrinntid innebär bl.a. att en större andel av den totala fibrösa bränsleytan pyrolyseras vilket i sin tur ökar massflödet av brännbara gaser. Under förutsättning att lufttillförseln är tillräcklig utvecklar branden då en större effekt. Dessutom leder en längre förbrinntid till att glödzonen går djupare in i ett träbränsle vilket försvårar avkylningen av bränsleytan eftersom en större energimängd måste kylas bort för att produktionen av brännbara gaser ska upphöra. Även den omgivande konstruktionen värms upp mer i försöken med den längre förbrinntiden och värmestrålningen in mot rummet ökar därmed. Detta kan t.ex. förklara skillnaden mellan försök 6 och 14.

Att försöken utfördes i en stålcontainer istället för i en byggnad med väggar och tak av betong eller gipsskivor är en avvikelse mot en typisk bostadsbrand. Nackdelen med detta skulle kunna vara att stålytorna lättare värms upp och strålar in mot brandrummet. Å andra sidan leder en stålcontainer bort värme bättre än de flesta materiel i en typisk bostadsbyggnad. Det kan också antas att en större andel av det släckmedel som träffar stålytorna förångas jämfört med ett material som inte värms upp lika lätt. Det släckmedel som förångas bidrar till den termiska barlasten i brandrummet och förbättrar således släckresultatet jämfört med om det hade runnit ner till golvet.

Släckförsök med vattenbaserade släckmedel

Vid försöken med de vattenbaserade släcksystemen Cobra, Firexpress, Oertzen och One Seven sänks temperaturen snabbt i brandrummet. Jämförelsen av tillväxtexponenten (Figur 3.35) för temperaturen tyder på en snabbare sänkning i försök 3 till 7 i förhållande till de efterföljande. Dock är förbrinntiden i dessa försök kortare. Försök 6 och 7 respektive 14 och 15 utförs med samma släcksystem men med längre förbrinntid i de två senare försöken. Återantändning av glöd sker då släckningen avbryts vid försök 14 och 15 men däremot inte i de två tidigare försöken. Detta tyder på att skillnaden i återantändning och tillväxtpotential åtminstone till viss del kan förklaras av den längre förbrinntiden. Sammantaget får de vattenbaserade släcksystemen anses ge en god effekt avseende förmågan att kyla brandgaserna i brandrummet. Vissa skillnader kan noteras vid analys av temperaturdata men huruvida dessa beror på variationer mellan försöken eller på faktiska skillnader mellan systemens egenskaper kan ej fastställas enbart baserat på dessa försök.

Förloppet efter avslutad släckning visar på större skillnader avseende återantändning, brandtillväxt och temperaturutveckling vid de olika försöken. Detta avspeglas också i jämförelsen över tillväxtexponenten efter det att släckningen avbryts (Figur 3.36).

Den snabba återantändningen och att branden därefter tillväxer snabbt vid försöken med Cobra tyder på att ytkylningen inte är tillräcklig för att brandförloppet ska brytas. Vid försöket med längre släcktid sker återantändning redan då släckningen fortfarande pågår. Brandtillväxten är i det fallet svagt tillväxande under släcktiden men så fort släckningen upphör ökar den, dock inte lika kraftigt som efter den kortare släcktiden. Tillväxtexponenten är i båda försöken med Cobra högre än i något av de andra försöken trots den kortare förbrinntiden (Figur 3.36).

Den initiala släckeffekten vid försöken med Cobra kan troligen förklaras med flera samverkande faktorer. I avsnitt 2.3.1. beskrivs dessa faktorer utförligt men kan sammanfattas enligt följande;

1. brandgaskylningen medför en snabb sänkning av gastemperaturen,
2. släckeffekt genom gasfasverkan erhålls initialt genom att vattenånga, vattendroppar och brandgaser i tillräcklig mängd finns i brandrummet,
3. brandgaskylningen medför att strålningen mot bränsleytorna minskar, vilket i sin tur minskar massflödet av brännbara gaser från bränsleytan.

Det kan även antas förekomma en viss ytkylning p.g.a. droppar som inte förångas i brandgaserna. Förutsättningen är då att dessa träffar en varm bränsleyta så att den energi som åtgår för att förånga droppen tas upp från bränsleytan och inte från brandgaserna. Kyls bränsleytan tillräckligt mycket på detta sätt kommer massflödet av brännbara gaser att minska.

Att återantändningen, vid försöket med Cobra och lång släcktid (nr 4), sker strax efter det att sikten tydligt förbättras i brandrummet följer ovanstående resonemang. Siktnedsättningen i brandrummet kan antas orsakas av den kombinerade effekten av brandgaser, sotpartiklar, vattendroppar och vattenånga, vilka även utgör termisk barlast i flamman. Att sikten förbättras kan således bero på att mängden av dessa ämnen minskar i brandrummet då de ventileras ut genom öppningarna. Den termiska barlasten är då inte längre tillräckligt stor för att släckeffekt genom gasfasverkan ska uppnås. Trots att släckmedel i form av små vattendroppar fortfarande tillförs i lika stor mängd så förångas inte lika stor andel vatten eftersom temperaturen i brandrummet redan är så mycket lägre. Samtidigt är den förbränning som förekommer i brandrummet troligen för liten för att tillräcklig mängd brandgaser och vattenånga ska kunna produceras.

Samtliga försök med Firexpress skedde med den längre förbrinntiden. I tre av fyra försök förekom viss brand i de inre delarna av de lastpallar som var placerade längst bort från operatören. Även de återantändningar som sker gör det i de delar av bränslepaketen som är längst från operatörens angreppspunkt. Detta skulle kunna bero på att vattendropparna p.g.a. den lägre hastigheten har en mindre rörelsemängd varför de inte når fram till de bränsleytor som ligger längst bort och är delvis skymda. Brandtillväxten är relativt begränsad trots de bränder som kvarstår eller orsakas av återantändning. Den begränsade spridningen tyder på att bränsleytorna har kylts ner så pass mycket vid släckningen att de inte bidrar till produktionen av brännbara gaser utan att viss uppvärmning först måste ske. Någon skillnad med respektive utan inblandning av skumvätska kan inte konstateras vid försöken med Firexpress. Något som måste påpekas är att återantändningsskyddet påverkas av operatörens agerande. I försök 11 lyckas operatören släcka samtliga objekt vilket resulterade i en fördröjd utveckling av branden. I försök 12, 13 och 16 brann det däremot fortfarande i de inre delarna av C när släckningen avslutades vilket genererade en snabbare utveckling efter avslutad släckning. En möjlig orsak kan vara att återantändningsskyddet till stor del beror på hur mycket vatten som träffar ytan av det brinnande materialet vilket alltså påverkas av operatörens agerande.

Vid försöken med Oertzen kunde, som tidigare nämnts, en skillnad i brandförloppen observeras mellan försöken med olika förbrinntid. Den längre förbrinntiden gav ett förlopp efter släckning som till stor del stämmer överens med det som observerades vid försöken med Firexpress vilka samtliga skedde med den längre förbrinntiden. Detta tyder på ett likvärdigt återantändningsskydd. En skillnad som dock kan noteras är de glödande pallrester som spreds ut på golvet vid släckningen med Oertzen. Någon skillnad med respektive utan inblandning av skumvätska kunde inte konstateras vid försöken med Oertzen. I försöken med Firexpress och Oertzen var tillväxtexponenten efter avslutad släckning lägre än i försöken med Cobra, vilket tyder på ett bättre återantändningsskydd.

Vid försöken med One Seven är tillväxtexponenten under släckningen högre än för de andra vattenbaserade släcksystemen, vilket skulle kunna peka på en något sämre brandgaskylningsförmåga. Vid försök 8 kan detta till stor del bero på att heptanbålet inte släcks. Vid försök 9, som dessutom genomförs med en längre förbrinntid, släcks heptanbålet utan problem varför den skillnaden mellan försöken kan antas bero på operatörens agerande. Samtidigt kan det noteras att trots den fortsatta branden i heptanbålet är spridningen till pallstapeln B ovanför begränsad. När branden väl har utvecklats i B dröjer det innan C återantänds trots strålningen från B. Vidare var tillväxtexponenten efter släckning bland den lägsta av alla vilket tyder på en god ytkylning. Det är möjligt att den högre tillväxtexponenten under släckningen uppvägs av en effektivare ytkylningen jämfört med högtryckssystemen. Försök 9 är det enda av de med längre förbrinntid där någon temperaturtillväxt inte mäts upp efter släckningen. Sammantaget tyder detta på en något sämre förmåga vad gäller brandgaskylning men en bättre förmåga när det gäller ytkylning och därmed ett effektivare återantändningsskydd.

Släckförsök med pulver samt pyrotekniskt genererade aerosoler

Försöken med pulver av ABC-typ visar på en klar sänkning temperaturen men inte till samma nivå som de vattenbaserade systemen ger. Det bör beaktas att massan pulver som användes var 12 respektive 24 kg vid de två försöken, dvs knappt ¼ respektive ½ av den massa som användes vid försöken med vattenbaserade släckmedel. Försök 17 tyder på att det dubbla flödet pulver inte ger någon större effekt vad gäller temperaturen även om den sänks något snabbare och slutar på en något lägre nivå. Temperaturen tillväxer däremot inte lika snabbt efter släckningen. Möjligen kan detta förklaras av att flödet från *en* släckare var tillräckligt för att uppnå god gasfasverkan vid just denna försöksuppställning.

Enligt Särdqvist (2002) fås vid släckning med ABC-pulver liknande effekter som vid släckning med vatten, ”pulvret växelverkar då både med brandgaser och bränsleytan” (s. 252). Detta innebär att pulvret både kan användas vid brandgaskylning och ytkylning. Från resultaten i försök 10 och 17 verkar det dock som att pulvret är mest effektivt i brandgaserna. Redan 10 sekunder efter avslutad släckning i försök 10 syns flammor både från C och från heptanbålet och i försök 17 syns brand i C under hela släckningen. Det verkar alltså som att ytkylningen inte är tillräcklig för att hindra värmeutbytet och produktionen av brännbara gaser. Detta kan bero på att tillräcklig mängd släckmedel inte når samtliga bränsleytor för att få en effektiv ytkylning. Det klistriga skikt som observerades i brandrummet efter försöket tyder dock på att pulverpartiklar har passerat brandgaserna utan att förångas och därefter träffat ytorna i rummet, väggar såväl som bränsle, vilket talar för att en viss ytkylning ändå förekommit. Eftersom pulver av den typ som användes förångas vid ca 200°C (Särdqvist, 2002) kan det antas att en fortsatt påföring skulle ha inneburit att temperaturen i rummet närmat sig denna temperatur (jämför med vatten som förångas vid 100°C). Detta är en möjlig förklaring till att temperaturen i brandrummet inte sjunker lika mycket i försöken med pulver som i försöken med vattenbaserade släckmedel. Om påföringen av pulver hade fortsatt, så att brandgastemperaturen närmat sig 200°C, är det troligt att större andel pulver hade träffat bränsleytorna och därmed förbättra ytkylningen. Att temperaturen i brandrummet är högre vid avslutad släckning innebär också att strålningen mot bränsleytorna är större, vilket leder till en relativt snabb återantändning.

Efter avslutad släckning stiger temperaturen i rummet långsammare i försöket med dubbelt flöde. Vad detta beror på kan endast diskuteras på ett mycket övergripande plan eftersom endast två försök har utförts. Enligt tidigare resonemang verkar det som att ytkylningen inte var speciellt effektiv i något av försöken. Detta borde påverka återantändningsskyddet. Om ett sammanhängande skikt av smälta pulverkorn inte har bildats i tillräcklig stor utsträckning borde återantändningsskyddet vara näst intill likvärdigt i båda försöken. Dock visar resultaten något annat. Kanske är det så att i försöket med dubbelt flöde träffar en större andel pulver bränsleytorna och på så sätt hämmar pyrolysen i större utsträckning. En större mängd släckmedel i rummet innebär också en högre termisk barlast. Släckmedlet hinner inte ventileras ut lika snabbt som i försöket med det lägre flödet, vilket påverkar temperaturökningen i rummet efter avslutad släckning.

Den pyrotekniska aerosolen DSPA ger en liten sänkning men temperaturen ligger fortfarande på en hög nivå efter släckningen. Resulatet var inte helt oväntat då de fina partiklar som aerosolen består av lätt ventileras bort med brandgaserna genom öppningarna. Den temperatursänkning som registreras tyder på att släckmedlet ändå har en viss verkan på brandförloppet och då troligen genom gasfasverkan. Då temperaturnivåerna är så pass höga efter släckningen räcker detta dock inte till utan temperaturen stiger snabbt igen. Resultatet är inte överraskande med tanke på att systemet rekommenderas för slutna utrymmen där aerosolen kan hållas kvar så att släckverkan kan erhållas.

4 Enkät

En enkät utformades i syfte att kunna jämföra systemen (Cobra, Firexpress, One Seven och Oertzen) när det gäller användningsområde, drift- och underhållskostnader samt utbildningsbehov.

4.1 Deltagande

Leverantörerna för respektive system kontaktades för att få uppgifter om vilka räddningstjänster som använder respektive system. Leverantörerna för respektive system listas nedan.

Tabell 4.1. Leverantörerna av respektive system

System	Leverantör	Kontaktperson
Cobra	CCS AB	Anders Johansson
Firexpress	Firexpres A/S	Steen Schou
One Seven	Scanfire NUF	Daniel Halldorsson
Oertzen	Agaria Trading AB	Jonas Axelsson

Försök att kontakta samtliga räddningstjänster, som uppgavs av leverantörerna av Oertzen, Firexpress samt One Seven, gjordes. Från leverantören av Cobra erhölls namn på totalt 14 räddningstjänster som använder systemet. Räddningstjänsterna var uppdelade i tre kategorier:

1. använder mycket
2. använder mindre
3. använder lite

För att öka tillförlitligheten i svaren kontaktades endast de räddningstjänster med mest erfarenheter (grupp 1 och 2). Eftersom antalet kontaktuppgifter från de olika leverantörerna varierade, varierade också svarsantalet för respektive system.

I bilaga 5 listas de räddningstjänster samt kontaktpersoner som samtalades med och som erhöll enkät. Bland de räddningstjänster som kontaktades fanns både heltidsstationer, deltidsstationer samt brandvärn. De räddningstjänster som är markerade med fet stil i bilaga 5 svarade på enkäten. I de fall där inget svar erhölls sändes sammanlagt två påminnelser.

Från leverantören av One Seven erhölls endast en kontaktuppgift till en räddningstjänst i Norge, Räddningstjänsten i Østre Toten Kommune. Anledningen till detta är att det inte hade sålts något One Seven-system i Sverige då enkätundersökningen genomfördes samt att denna räddningstjänst är den enda i Norge med erfarenhet av systemet[12].

4.2 Enkätens utformning

Enkäten bestod av nio frågor. Respondenterna svarade fritt kring frågorna.

1. Vilken modell (beteckning och antal) av systemet finns inom er organisation?
2. Hur lång erfarenhet har ni inom er organisation av systemet?
3. Vid hur många insatser uppskattar ni att systemet används under ett år?
4. Vilka är de tre vanligaste typerna av insatser som ni använder systemet till?
5. Hur mycket utbildning/övning bedömer ni att man behöver för
    a) grundläggande handhavande och daglig tillsyn av systemet (timmar/person)?
    b) grundläggande strålförarteknik (timmar/person)?
    c) behålla kompetensen som strålförare (timmar/år)?
6. Finns något lägsta krav vad gäller utbildning för att vara berättigad att använda systemet?
7. Hur ofta måste systemet ses över?
8. Vad är drift- och underhållskostnaderna räknat på årsbasis?
9. Andra erfarenheter av systemet

[12] D. Halldorsson, Scanfire NUF, personlig kommunikation den 8 oktober 2007

a) positiva?

b) negativa?

4.3 Resultat

I bilaga 6 återfinns samtliga svar från respondenterna. Svaren är grupperade efter system.

4.4 Analys

Av resultaten från enkäten, har flera intressanta reflektioner uppmärksammats, vilka diskuteras längre fram. Det har visat sig svårt att dra några generella slutsatser från enkätstudien beroende på ett antal faktorer.

Omfattning

Antalet räddningstjänster som svarade på enkäten, med erfarenhet av respektive system var:

- 8 respondenter med erfarenheter av Firexpress PDU
- 6 respondenter med erfarenheter av Cobra
- 6 respondenter med erfarenheter av Oertzen HDL 250
- 1 respondent med erfarenheter av OS 1200 E

P.g.a. det begränsade antalet respondenter kan svaren från undersökningen inte användas som statistisk underlag. Antalet enkäter som besvarats av räddningstjänster med erfarenheter av samma system skiljer sig. För att kunna göra en rättvis bedömning av respektive system hade det varit lämpligt med ungefär lika många respondenter för varje system. Tyvärr var detta inte möjligt eftersom leverantören av One Seven endast uppgav en räddningstjänst med god erfarenhet av systemet.

Tolkning av frågor

Framförallt har uppmärksammats att svaren på frågan *Vad är drift- och underhållskostnaderna räknat på årsbasis?* varierat kraftigt mellan respondenter med erfarenheter av samma system. Detta kan bero på att vissa respondenter inte räknat in servicekostnaderna. Det hade kanske varit lämpligare att utforma enkäten så att respondenten inte hade kunnat svara fritt kring frågan, utan istället fått alternativ. Denna metod hade också inneburit att resultaten (svaren) hade kunnat redovisas på ett statistiskt sätt. På grund av den stora variationen i svaren kontaktades istället leverantörerna för att få en uppskattning av servicekostnaderna per år.

Erfarenheter

Användare av Oertzen HDL 250, Firexpress PDU samt One Seven OS1200 E har generellt mindre erfarenhet av respektive system i jämförelsen med användare av Cobra. Detta innebär att tillförlitligheten i svaren varierar mellan de olika systemen.

Användning av systemen

Flera respondenter använder systemen på andra typer av räddningsfordon än på lätta räddningsfordon, vilket innebär att alla svar inte kan jämföras rakt av.

Både heltids- samt deltidsstationer har funnits med bland respondenterna. I något fall har respondenten uppgivet att systemet sitter på en bil som används av ett brandvärn. Detta innebär att svar på frågor som beror av användningsfrekvensen varierar. Exempelvis varierar drift- och underhållskostnader beroende på hur ofta systemet används.

4.5 Intressanta reflektioner

I följande avsnitt diskuteras intressanta svar på några av frågorna. Dessa kommer vidare att vägas in i den slutliga diskussionen. I de fall då ovanstående problematik har haft betydelse för nedan beskrivna reflektioner, har detta påpekats.

Användningsområde

På frågan *Vilka är de tre vanligaste typerna av insatser som ni använder systemet till?* är de mest frekventa svaren från respondenter som använder Oertzen-system och Firexpress-system *brand i byggnad* och *bilbrand* följt av *markbrand* och *containerbrand*. På samma fråga svarar respondenten som använder CAF-systemet *brand i byggnad, bilbrand* samt *annan brand.* Annan brand avser i det fallet *gräsbrand, brand i bildäck, avfall, trävirke, olja, bensin, parafin* samt *brand i elektrisk utrustning*. Respondenter med erfarenheter av Cobra svarar genomgående *brand i dolda utrymmen* samt *brand i ventilationskontrollerade utrymmen*.

Drift- och underhållskostnader

På frågan *Vad är drift- och underhållskostnaderna räknat på årsbasis?* skiljer sig svaren mellan olika respondenter med samma system avsevärt. Detta kan bero på att frågan kan ha misstolkats då det verkar som att inte alla respondenter har räknat in servicekostnaderna. Vidare beror skillnaden också på att olika räddningstjänster använder systemen olika mycket, vilket delvis beror på vilken typ av station som systemet är stationerat på. Vissa räddningstjänster har också haft svårt att uppskatta kostnaden eftersom användandet av systemet inte riktigt kommit igång.

För att göra någon form av jämförelse kan nämnas att en heltidsstation som har ett års erfarenhet av Oertzen HDL 250 uppskattar drift- och underhållskostnaderna till ungefär 3000 kr. Enligt leverantören[13] beräknas kostnaderna uppgå till ca 500 kr efter de 5 första driftstimmarna och därefter ca 1345 kr efter 50 drifttimmar eller minst årligen. För detaljerad information se bilaga 6.

En heltidsstation med tre års erfarenhet av Firexpress PDU uppskattar årskostnaden till 2000-3000 kr. Södertörns brandförsvarsförbund, med fyra års erfarenhet av Firexpress, har idag fem bilar med systemet. Dessa uppskattar kostnader för service samt små reparationer till ca 12 000 kr/år räknat på fem system. Leverantören[14] av Firexpress uppger ingen uppskattning av kostnaden för drift- och underhåll per år. Han uppger att oljebyte måste ske var 50:e användningstimme och att driftkostnader i form av bensin samt skumkostnader tillkommer.

När det gäller respondenter med erfarenheter av Cobra, skiljer sig svaren mest. En heltidsstation med mer än sju års erfarenhet av systemet svarar 2000-4000 kr beroende på vilken typ av fordon utrustningen är placerad samt på vilken typ av station. Värt att notera är att övriga respondenter med erfarenhet av Cobra svarar allt från 5000 kr till 25 000 kr (mest frekvent svar är runt 10 000 kr). Leverantören[15] uppger att en *grundservice* med byte av *kända slitagedelar* inklusive resa och boende för servicepersonalen, kostar 9700 kr. Denna grundservice ska göras årligen. Kostnader för extra delar som inte är kända slitagedelar tillkommer.

Leverantören[16] av One Seven-system uppger att det inte finns några underhållskostnader för OS 300 T förutom kontroll av luftflaskor. Vidare tillkommer driftkostnader i form av att fylla luftflaskor, vattentank samt skumtank efter behov. I de fall då OS 300 T levereras med extern skuminblandare tillkommer en kostnad av 100 kr för byte av O-ringar samt filter.

Utbildningsbehov

Tre frågor ställdes till respondenterna som berörde utbildningsbehov;

Hur mycket utbildning/övning bedömer ni att man behöver för

a) grundläggande handhavande och daglig tillsyn av systemet (timmar/person)?
b) grundläggande strålförarteknik (timmar/person)?
c) behålla kompetensen som strålförare (timmar/år)?

Att döma av svaren varierar antalet utbildningstimmar per person mycket. I Tabell 4.2 redovisas svaren från samtliga respondenter.

[13] J. Axelsson, Agaria Trading AB, personlig kommunikation den 19 december 2007
[14] S.F. Schou, Firexpress A/S, personlig kommunikation den 18 december 2007
[15] A. Johansson, CCS AB, personlig kommunikation den 18 december 2007
[16] D. Halldorsson, Scanfire NUF, personlig kommunikation den 14 december 2007

Tabell 4.2. Respondenternas svar på utbildningsbehov.

Utbildningsbehov			
	a	b	c
Oertzen	1-4 h	0,5-8 h	0,5-2 h
Firexpress	2 h	1-6 h	0,5-4 h
Cobra	2-12 h	2-16 h	1-10 h
One Seven	7,5 h	4 h	8 h

En intressant reflektion är variationen i svaren mellan respondenter med erfarenhet av Cobra. Enligt AFS 1994:54 3 § krävs att ”den som använder högtrycksutrustning med högre sprutvattentryck än 200 bar skall ha genomgått särskild utbildning och ha tillräcklig färdighet i detta arbete” . Detta innebär att Cobra omfattas av denna föreskrift. Föreskriften är dock luddigt skriven. Det sägs inget om vad ”särskild utbildning” är eller vem som har rätt att genomföra den. Det sägs heller inget om utbildningstiden. Förmodligen är det så att denna oklarhet är en förklaring till respondenternas skilda svar på frågan om utbildningsbehov. En annan förklaring till att timantalet varierar kan vara att respondenterna menar olika saker. Det krävs viss utbildning/färdighet för att kunna använda utrustningen på ett säkert sätt ur arbetsmiljöhänseende. Utöver detta krävs kunskaper för att kunna bedöma när och hur man skall använda (alternativt inte använda) utrustningen för att nå målet med räddningsinsatsen.

5 Diskussion

Vilket släcksystem är det bästa valet till ett lätt räddningsfordon?

Det är lätt att förledas till att angripa frågan ur ett tekniskt perspektiv. Avvägningar mellan olika tekniska faktorer såsom släckteknik och räddningsfordonets tekniska begränsningar är oundvikliga för att ett underbyggt beslut ska kunna fattas. Det är därför angeläget att påpeka att det inte är de tekniska egenskaperna som bör vara avgörande vid valet av släcksystem. Innan man börjar väga olika tekniska aspekter mot varandra måste man ha definierat vilket syfte man har med enheten som ska utformas. Vilka hjälpbehov[17] är det som ska mötas? Behoven avgör vilka uppgifter som ska kunna lösas av enheten. De metoder som väljs för att lösa uppgifterna styr i sin tur vilka verktyg, t.ex. släcksystem, som bör användas. Se Figur 5.1 för exempel på arbetsgång.

Valet av verktyg bör ske genom att olika bedömningskriterier tas fram baserat på behoven. Utvärderingen av de olika verktyg som finns att välja mellan kan då ske på ett systematiskt sätt. Det blir då behovet och de uppgifter som *ska* kunna lösas för att möta behovet som avgör valet av metod och verktyg istället för tvärtom – att uppgifterna som *kan* lösas styrs av tekniska avvägningar.

Figur 5.1. Illustration över lämplig arbetsgång vid val av släcksystem.

Följaktligen är det alltså inte möjligt att ge ett generellt svar på vilket släcksystem som är det bästa för ett lätt räddningsfordon. Det måste avgöras utifrån de lokala förutsättningarna och svaret blir därmed specifikt för det behov och de uppgifter som har definierats. Uppskattad insatstid och tid till att förstärkande enheter kan anlända är exempel på lokala förutsättningar. Likaså objektstyper, en brand i personbil ställer helt andra krav än en brand i ett flerfamiljshus eller en villa. Ett system med hög brandgaskylningseffekt har en fördel om man snabbt vill kunna sänka temperaturen i ett slutet utrymme men är däremot mindre lämpligt att använda för att skydda en intilliggande byggnad vid fullt utvecklad brand i en villa t.ex. I det fallet är ytkylningseffekten av större intresse.

I linje med rapportens syfte, att den ska kunna användas av räddningstjänsten som en del av beslutsunderlaget, är det således av större intresse att diskutera ett antal aspekter för att lyfta fram för- och nackdelar med olika system för att det lokala beslutet ska underlättas.

Släcktekniska egenskaper

Försöken med högtryckssystemen Cobra, Firexpress och Oertzen tyder på att förmågan att kyla brandgaser är i princip likvärdig. De skillnader som föreligger mellan försöken sammanfaller med variationen i förbrinntid varför någon enskild avgörande förklaring till de olika resultaten inte kan klarläggas i alla försök. Återantändningsskyddet verkar dock av försöken att döma avsevärt bättre vid användning av Oertzen och Firexpress än med Cobra, även då hänsyn tas till förbrinntiden. One Seven verkar i sin tur ge ett ännu bättre återantändningsskydd men något sämre förmåga att kyla brandgaser. Pulverförsöken tyder på en sämre förmåga att kyla brandgaser och ett avsevärt sämre återantändningsskydd jämfört med de vattenbaserade systemen. P.g.a. den mindre massan släckmedel jämfört med de vattenbaserade systemen kan några slutsatser inte dras om pulvrets släckförmåga i sig. Resultaten tyder dock på att enbart *handbrandsläckare* (med 12 kg pulver) är ett mindre lämpligt alternativ som släcksystem. Alternativa pulversystem, såsom pulveraggregat, skulle ändå kunna utgöra ett alternativ men detta bör utvärderas ytterligare. Försöken med DSPA visar inte nämnvärd effekt på brandförloppet. Visserligen minskar flammorna och temperaturen något under och strax efter släckningen men detta är ytterst tillfälligt. Att resultatet inte blir bättre är i sig inte förvånande eftersom systemet är avsett för slutna eller mycket begränsat ventilerade utrymmen. Resultatet av försöken är ändå av ett visst värde eftersom de pekar på att pyrotekniskt genererade aerosoler, i detta utförande och denna mängd, inte kan anses lämpliga som släcksystem

[17] Se t.ex. Fredholm (2006) och Svensson, Cedergårdh, Mårtensson & Winnberg (2005) för diskussion kring hjälpbehov och hur dessa bör beaktas vid planering och genomförande av räddningsinsatser.

för detta ändamål. I likhet med pulver kan det dock inte uteslutas att en större mängd släckmedel, i någon form av applikationssystem som är lämpat för räddningstjänständamål, skulle kunna vara ett alternativ.

Tidigare försök genomförda av Arvidson och Bobert (2002) på FMV:s uppdrag har visat att Cobra ”fungerar mycket väl för att kontrollera eller släcka pool- eller spraybränder i ett slutet rum med begränsad ventilation” (s. 9) under förutsättningen att effektutveckling är tillräckligt stor. Att effektutvecklingen påverkar släckresultatet kan antas bero på att mängden brandgaser och vattenånga måste bli tillräckligt stor för att gasfasverkan ska uppnås (Särdqvist, 2002).

Enkätsvaren från användare av Cobra lyfter fram att de vanligaste användningsområdena är vid brand i ventilationskontrollerade utrymmen eller dolda utrymmen. Även våra försök får anses vara ventilationskontrollerade. Att resultaten vad gäller återantändning i dessa försök med Cobra jämfört med Arvidson och Bobert blir annorlunda kan bero på olika typer av bränsle, öppningarnas placering och, i viss mån, area. Vid försöken som genomfördes på uppdrag av FMV användes dieselpoolbrand vilket får anses rimligt med tanke på att försöken avsåg en användning av Cobra på marinens fartyg där såväl bränsletyp som möjliga brandscenarier är möjliga att identifiera inom ett relativt begränsat område. Kommunal räddningstjänst har en annan scenariovariation att ta hänsyn till och den försöksuppställning som valdes baserades på att bostadsbrand begränsad till startutrymmet är en frekvent insatstyp. Valet av dominerande andel fibröst bränsle och en mindre andel vätskebränsle samt brandbelastningens storlek får anses rimligt för vad som kan återfinnas i ett bostadsrum. Vidare var vid Arvidson och Boberts försök öppningarna endast placerade i taket på försöksrummet vilket medför att tillströmningen av luft in i brandrummet får antas ytterst begränsad. Öppningarnas antal, area och placering vid våra försök får anses rimliga i förhållande till vad som kan förekomma vid en brand i bostad. Detta pekar på att det är troligt att graden av ventilationskontroll var avsevärt större vid Arvidson och Boberts försök. Således skulle det kunna vara så att ventilationsfaktorn, utöver bränsletypen, är en förklaring till att resulaten vid våra försök skiljer sig i jämförelse med Arvidson och Boberts försök. Detta är en viktig faktor för räddningstjänsten att beakta vid utvärdering av systemet eftersom det tyder på att det inte är tillräckligt att branden är ventilationskontrollerad. Omsättningen eller ventilationen av brandgaser och vattenånga ut ur brandrummet får inte vara för stor.

Skillnaden i återantändningsskydd var vid försöken bättre för Oertzen och Firexpress jämfört med Cobra. Eftersom alla tre är högtryckssystem kan en förklaring vara att strålföraren har möjlighet att rikta släckmedlet direkt mot branden vid släckning med Firexpress och Oertzen. Detta medför att den andel vattendroppar som träffar bränsleytorna innan de förångas i brandgaserna kan antas vara större vilket alltså skulle inverka positivt på ytkylningen. En annan förklaring kan vara att vattendropparna i sprayen från Cobra är så små att de hinner förångas innan de når fram till bränsleytorna medan de andra högtrycksystemen ger något större droppar som därför når fram. För att klargöra om så är fallet behövs jämförbara underlag för droppstorleksfördelningen i vattensprayen från respektive system. Sådan data har inte varit tillgänglig vid undersökningen. Dessa alternativ förklarar båda ett bättre återantändningsskydd, vid försöken med Firexpress och Oertzen, eftersom bränsleytorna helt enkelt har kylts av mer. Brandgasproduktionen minskar således och även risken för återantändning p.g.a. hög temperatur i bränslet.

Universitetet i Canterbury på Nya Zeeland genomförde 1998 två typer av släckförsök, vilka redovisas av Persson (2005), där jämförelser gjordes mellan släckning med högtryck och CAFS. Försöken är mycket lika våra men med skillnaden att högtryckssystemet hade ett mycket högre flöde, 170 l/min vid ett tryck på 26 bar. Rummet var också något mindre och endast en öppning fanns tillänglig. Branden var fullt utvecklad innan släckförsöken inleddes. Resultaten vad gäller temperatursänkningen i rummet vid de olika försöken är mycket lika de resultat som vi erhöll från våra försök. Temperatursänkningen i rummet varierade alltså inte beroende på om högtryck eller CAFS användes. För- respektive nackdelar vid släckning med de olika systemen som uppmärksammades i Canterbury återges av Persson. Bl.a. menar man att fördelen med användning CAFS är att sannolikheten för återantändning är mindre i jämförelse med användning av ett högtryckssystem vilket alltså överensstämmer med våra försök. Vidare menar man att nackdelen vid användning av CAFS är att strålföraren inte är skyddad på samma sätt mot flamfronten då en barriär av vattendimma inte är möjlig att skapa. Å andra sidan framhålls det att strålföraren kan befinna sig på ett längre avstånd från flammorna då släckningen påbörjas. Detta resultat är inte speciellt märkligt, då släckning med skum ofta ger ett bättre återantändningsskydd på grund av det skyddande skumtäcke som appliceras på det brinnande materialet. En möjlig förklaring till att återantändningsskyddet med CAFS är bättre än då skumvätska blandas in i släckvattnet på högtryckssystem kan vara att det färdigexpanderade skum som ges av CAFS klarar av värmestrålningen bättre. Den främsta effekten av skumvätskeinblandning i vattnet är att släckvattnet tränger in lättare i fibrösa bränslen vilket förbättrar ytkylningen (Särdqvist, 2002) men däremot skyddas inte materialet mot infallande värmestrålning. Detta tyder alltså på att den eventuella, något sämre brandgaskylningen med CAFS, jämfört med högtryckssystem, kompenseras

av bättre ytkylning och återantändningsskydd. Möjligen är detta också en förklaring till att systemet används vid flera olika typer av bränder enligt enkätsvaren. Underlaget från enkätsvaren är dock för litet för att dra några slutsatser om detta.

Baserat på försöken kan det sammantaget antas att om en större andel av den värme som släckmedlet kyler bort tas från bränsleytorna så kommer också brandens fortsatta förlopp att påverkas i större utsträckning än om en större andel av energin tas från brandgaserna. I det senare fallet, dvs. övervägande andel brandgaskylning, kommer bränsleytorna fortsätta att pyrolysera och avge brännbara gaser. Eftersom ytorna är varma (glöder) är det också stor risk att gaserna antänds. Tidigare studier har även visat att ytkylning är den dominerande faktorn vid experiment med manuella släckinsatser (Palm, 2000, återgivet av Särdqvist, 2002).

Kostnader

Vid val av släcksystem till ett lätt räddningsfordon kan det vara väsentligt att beakta faktorer som inköpspris, drift- och underhållskostnader samt utbildningsbehov och ev. kostnader för detta.

Inköpspriset skiljer sig markant mellan de vattenbaserade systemen. Cobra H300 är det absolut dyraste systemet och kostar drygt sex gånger mer än det billigaste, Firexpress PDU. Inköpspriset för One Seven 300T och Oertzen HDL 250 är drygt 100 000 kr vilket motsvarar ungefär 1/4 av priset för Cobra. Baserat på våra försök uppvisar Cobra ingen bättre effekt än övriga system när det gäller brandgaskylning och vidare visar resultaten på en sämre effekt (än övriga system) när det gäller återantändningsskydd. Detta innebär att frågan måste ställas om Cobrans specifika systemegenskap, dvs. skärförmågan, motsvarar den prisskillnad som föreligger.

Försöken med Cobra, Oertzen samt Firexpress tyder på ungefär samma verkan när det gäller brandgaskylning, tätt följt av One Seven. Försöken tyder också på att släckning med One Seven ger ett bättre återantändningsskydd. Inköpspriset för One Seven är något högre än för Firexpress vilket bör beaktas vid jämförelsen av återantändningsskyddet.

Servicekostnaderna skiljer sig också mellan systemen. En grundservice av Cobra kostar knappt 10 000 kr och bör göras årligen. För de övriga systemen överstiger inte priset 2500 kr per år. Variation i pris beror på att specifik kompetens behövs för att utföra servicen i fallet med Cobra, vilken inte är nödvändig vid service av övriga system. Övriga drift- och underhållskostnader varierar beroende på hur mycket systemen används. Skillnader i servicekostnader samt övriga drift och underhållskostnader är förmodligen inte den avgörande faktorn för valet av släcksystem men prisskillnaden kan dock vara värd att påpeka.

Utbildningsbehov är en ytterligare faktor som kan vara värd att nämna i samband med kostnader. På grund av att Cobra omfattas av AFS 1994:54 en krävs en speciell utbildning för att använda systemet. Tyvärr anges i föreskriften inte utbildningens mål eller riktlinjer för vad den ska innehålla. Leverantören erbjuder en halvdagsutbildning i samband med leverans, vilken ingår i inköpspriset. Syftet med utbildningen är att redogöra för teknik och handhavande av systemet samt underhållsrutinerna. Utöver detta erbjuder de en tvådagarsutbildning som kostar 15 000 kr[18]. Vilken utbildning som krävs för att uppfylla Arbetsmiljöverkets krav måste utredas av arbetsgivaren.

Begränsningar med lätta räddningsfordon

Den begränsade lastkapacitet som är tillgänglig på ett lätt räddningsfordon medför att kompromisser måste göras oavsett vilket släcksystem som väljs. Vilka kompromisser som blir aktuella beror till stor del på syftet med enheten och vilka uppgifter som ska kunna lösas. De troligen viktigaste parametrarna kan vara hur bra olika uppgifter (t.ex. släckning av olika typer av brandscenarier/objekt) kan lösas och hur mycket släckmedel som kan medföras. Den senare parametern påverkar dels enhetens aktionstid men även vilka uppgifter som kan lösas på egen hand utan förstärkning av andra enheter.

Mängden släckmedel begränsas av hur mycket som kan lastas på fordonet och då är det oftast vikten som blir begränsande. Eftersom annan utrustning dessutom ska medföras på fordonet är det rimligt att betrakta släcksystemet inklusive släckmedel som en enhet ur vikthänseende. Systemets egenvikt blir då en parameter som bör minimeras för att kunna maximera mängden släckmedel, eller uttryckt med andra ord: varje kg släck*system* är ett förlorat kg släck*medel*. Samtidigt måste systemets släckeffektivitet beaktas. En högre släckeffektivitet kan kompensera en högre vikt men bara till en viss gräns. De vattenbaserade släcksystem som användes vid försöken väger mellan 55 kg och 400 kg vilket är en inte obetydlig skillnad i sammanhanget.

Hur viktig aktionstiden blir beror t.ex. på hur lång tid det tar innan förstärkande släckresurser kan vara på olycksplatsen. Här är det helt och hållet de lokala förutsättningarna som måste avgöra. I en

[18] A. Johansson, CCS AB, personlig kommunikation den 25 mars 2008.

stad där det lätta räddningsfordonet ingår i en enhet som snabbt ska kunna påbörja en insats i väntan på tyngre och långsammare släckresurser blir aktionstiden inte lika viktig under förutsättning att resurserna inte är upptagna på annat håll. Gäller det däremot landsbygd kan den förväntade tiden innan förstärkande resurser kommer till platsen medföra att aktionstiden blir en viktigare parameter. Alltså är det angeläget att sådana faktorer är utredda och klargjorda innan utvärdering av olika system påbörjas.

6 Slutsatser

Det går inte att ge ett svar på den inledande frågan: *Vilket eller vilka typer av släcksystem är bäst lämpade att använda som släckutrustning på ett lätt räddningsfordon*. Syfte med den lätta enheten och de lokala förutsättningarna måste klarläggas innan frågan kan besvaras. Eller med andra ord - *det finns inga genvägar till den perfekta brandsläckningen*.

Släckförsöken tyder på att:

- Cobra, Firexpress och Oertzen har likvärdig förmåga att kyla brandgaser och One Seven eventuellt något sämre.
- One Seven ger ett mycket gott återantändningsskydd i jämförelse med övriga system. Firexpress och Oertzen gav en gott återantändningsskydd, dock inte lika bra som One Seven, medan Cobra var klart sämre.
- Den mängd släckmedel som påfördes med DSPA var inte tillräcklig för försöksuppställningen.
- Den mängd pulver som påfördes inte var tillräcklig för försöksuppställningen.

Cobra H300 är mer än sex gånger dyrare än Firexpress PDU och knappt fyra gånger dyrare än One Seven och Oertzen i inköp. Även vad gäller drift- och underhållskostnaderna är Cobra avsevärt dyrare.

Egenvikten skiljer sig betydligt åt mellan de olika systemen vilket i sin tur påverkar såväl hur stor mängd släckmedel som vilken annan utrustning som kan medföras. Cobra väger ca sju gånger mer än One Seven.

7 Förslag på vidare forskning

För att ytterligare förbättra räddningstjänstens möjlighet att fatta ett väl underbyggt beslut vid valet av släcksystem bör följande utforskas vidare:

- Släckförsök med andra objekt och scenarier för att klargöra de olika systemens för- och nackdelar.
- Släckförsök med pulveraggregat (50 kg eller större) för att klargöra om det skulle kunna vara ett alternativ till vattenbaserade system.
- Släckförsök med flera och/eller större pyrotekniska aerosol-aggregat för att klargöra om det skulle kunna vara ett alternativ till vattenbaserade system.
- Släckförsök där CAFS kombineras med övertrycksventilation för att klargöra
    - dels eventuella skillnader jämfört med då högtryckssystem kombineras med övertrycksventilation och
    - dels om detta kan ge snabbare brandgaskylning och samtidigt ett fullgott återantändningsskydd.

Referenser

AFG GROUP. (2007). *Dry sprinkler Aerosol, type 5*. Nederländerna: AFG Group.

AFS 1994:54. *Arbeten med högtryckssträle*. Arbetsmiljöverket.

Agaria. *Driftinstruktion Högtrycksläckningsaggregat OERTZEN HDL 250 inbyggnad*. Vallentuna: Agaria Traiding AB.

Arvidson, M. & Bobert, M. (2002). *Släckförsök med skärsläckare i ett 500 m^3 försöksrum.* Opublicerat manuskript. Borås: SP Brandteknik.

Arvidson, M. & Hertzberg, T. (2001). *Släcksystem med vattendimma – en kunskapssammanställning*. Borås: SP Brandteknik, SP Rapport 2001:26.

Bengtsson, L.-G. (2001). *Inomhusbranden.* Karlstad: Räddningsverket.

Blom, G., Enger, J., Englund, G., Grandell, J. & Holst, L. (2005). *Sannolikhetsteori och statistikteori med tillämpningar* (5:e uppl.). Lund: Studentlitteratur.

Flameguard. Dry sprinkler powder aerosol extinguishing systems. Nederländerna: Flameguard.

Fredholm, L. (2006). Hantering av små till stora samhällspåfrestande olyckor. i L. Fredholm, & A.-L. Göransson, *Ledning av räddningsinsatser i det komplexa samhället.* Karlstad: Räddningsverket.

Firexpress (2007). Hämtat från Firexpress: http://www.firexpress.com den 2 december 2007.

Jaldell, H. (2004). *Tidsfaktorns betydelse vid räddningsinsatser – en uppdatering av en samhällsekonomisk studie*. Karlstad: Räddningsverket.

Kangedal, P., Hertzberg, T., & Arvidson, M. (2001). *Pyrotekniskt genererade aerosoler för brandsläckning – en litteraturstudie*. Borås: SP Brandteknik, SP Rapport 2001:28.

Persson, H. (2005). *En sammanställning av kunskaper och erfarenheter kring Klass A-skum och CAFS,* Borås: SP Brandteknik, SP Rapport 2005:46.

Fallberg, R., Palmkvist, K., Edholm, U. & Ingason, H. (2004). *Övertrycksventilation kombinerad med skärsläckare.* Opublicerat manuskript. Karlstad: Räddningsverket.

Holmstedt, G. (2000). *Kompendium i släckmedel och släckverkan.* Lund: Brandteknik LTH.

Karlsson, B., & Quintiere, J. (1999). *Enclosure fire dynamics*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Körkortslag (SFS 1998:488).

Räddningsverket. (1997). *Försök med högtrycksbrandsläckning*. Karlstad: Räddningsverket.

Räddningsverket. (2000a). *Högtrycksbrandsläckning*. Aktuellt från Räddningsverket Nr 3. Karlstad: Räddningsverket.

Räddningsverket. (2000b). *Skärsläckaren – tillkomst och utveckling*. Karlstad: Räddningsverket.

Räddningsverket. (2007a). *Räddningsverkets insatsstatistik*. Hämtat från Räddningsverket IDA-portalen: http://ida.srv.se den 29 maj 2007.

Räddningsverket. (2007b). *Räddningstjänst i siffror, Fakta om räddningstjänstens insatser 1996–2006.* Nationellt centrum för lärande från olyckor. Karlstad: Räddningsverket.

Svensson, S., Cedergårdh, E., Mårtensson, O. & Winnberg, T. (2005). *Taktik, ledning, ledarskap*. Karlstad: Räddningsverket.

Svensson, S. (2007). Investigating Tactical Patterns in a Residential Type Structure. *Fire Technology*, 43, ss. 195-212.

Särdqvist, S. (2002). *Vatten och andra släckmedel.* Karlstad: Räddningsverket.

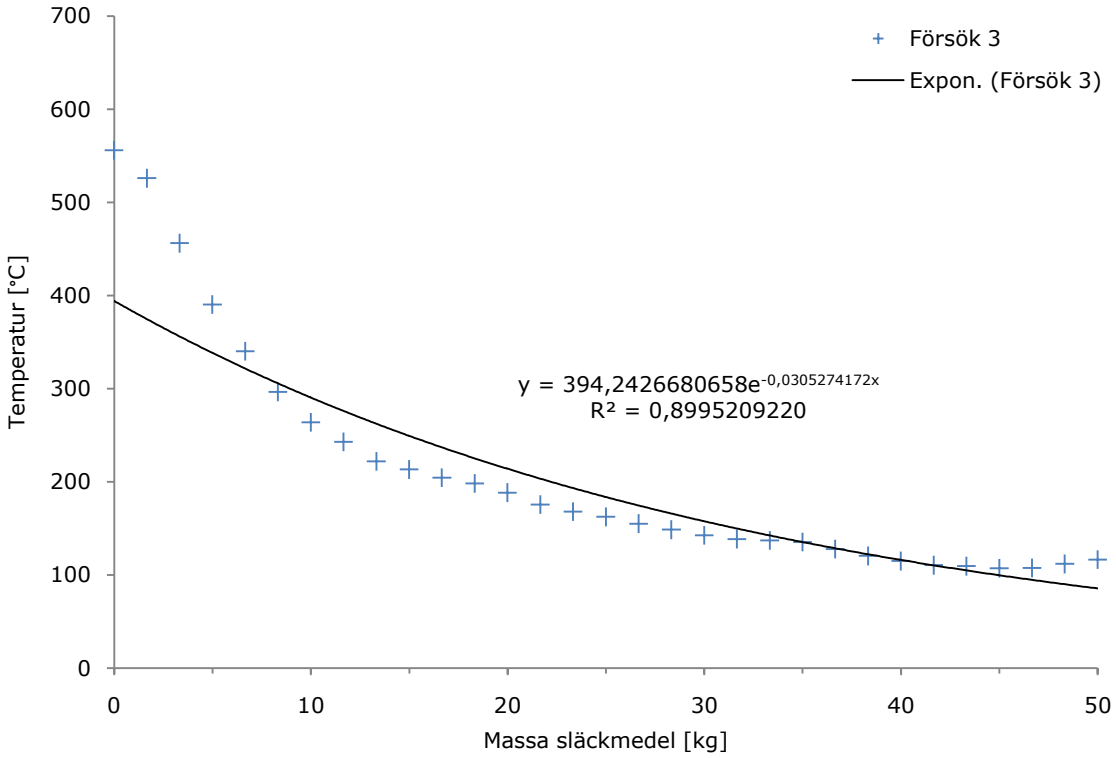
Bilaga 1 Systemegenskaper

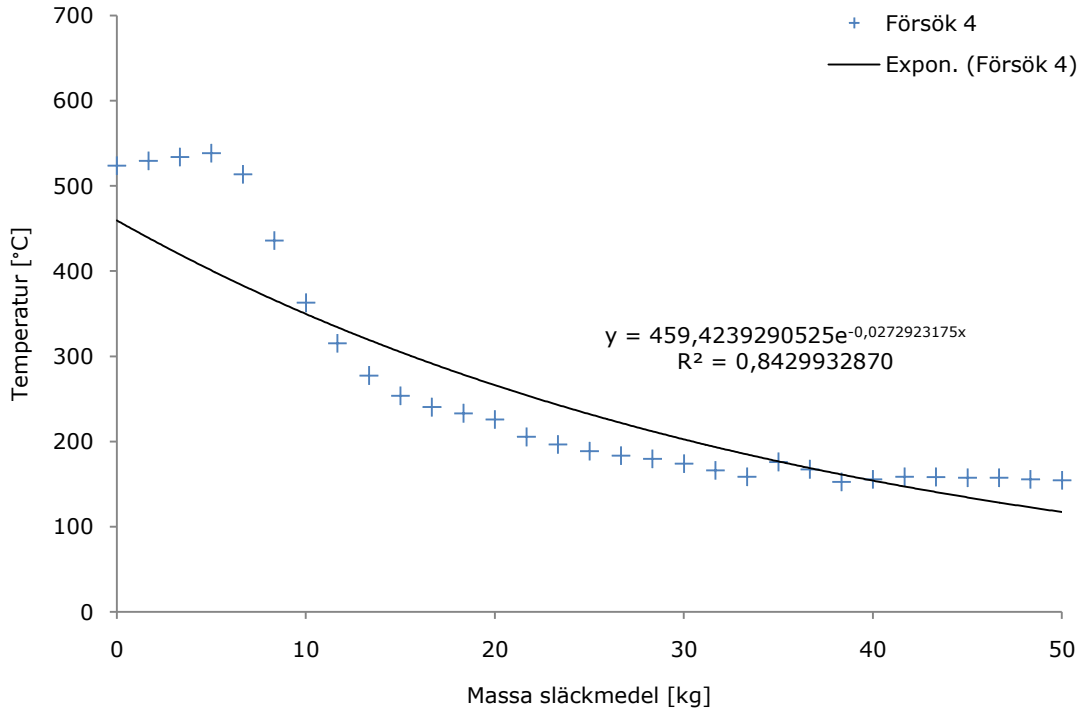
Baserat på information från respektive leverantör (kontrollmätningar etc har ej genomförts).					
System	**Oertzen**	**One Seven**	**Firexpress**	**Cobra**	**Presto PG12**
Modell	HDL250 (200-32)	300T	PDU (Pump Driven Unit), Petrol version	H300	PG12
Typ	Högtryck	CAFS (leverantören kallar systemet Compressed Foam System, CFS)	Högtryck	Högtryck med skärförmåga	Pulver ABC
Tryck pump	200 bar	8 bar	40 (Arbetstryck = 35 bar)	250 - 300 bar	ca 15 bar i flaskan vid 20+
Kraftkälla	Integrerad bensinmotor med elstart	Tryckluft, 2 luftflaskor á 6 l, tryck 300 bar.	Integrerad bensinmotor	Hydrauldrift	Kvävgas
Tryck munstycke	Med 100 m slang ca. 175 bar vid munstycket	1 bar vid öppet munstycke (när munstycket är stängt är trycket i slangen 8 bar)	23 bar	Ingen uppgift. Med en tryckförlust på 0,4 bar/meter i slangen och 80 meters slang → 220 - 270 bars munstyckstryck (ingen hänsyn tagen till tryckförlust i lans)	12 bar (3 bars tryckfall över munstycke och ventil)
Flöde släckmedel	32 l/min vatten/skum	våtskum 320 l/min. (varav vatten 42 l/min)	33 l/min vatten/skum	50 l/min	24 kg/min
Skuminblandning, möjliga alternativ	Standard 3-5 %. Genom injustering kan man få önskat förhållande (6 % vid försök).	A skum 0,3%. B skum 0,5%. B-AR skum 0,6%. (0,3 % vid försök)	1 - 6 % (3 % vid försök)	Ett fixt läge mellan 1,5 - 2%	-
Expansionstal vid ev. skumläge på strålrör	Ej exakt uppmätt men med Duplex och Triplex erhålls ett tungskum och med separat mellanskumrör ett mellanskum	1:7 våtskum, 1:21 torrskum	1:5	Saknar skumläge	-
Vikt aggregat exkl. vatten/skumtank etc.	Aggregat med 50 m slang: 148 kg. Aggregat med 100 m slang: 173 kg. Extra vikt för elektrisk drivning av slangtrumman: 15 kg	Aggregat med vattentank och slang: 55 kg (exkl. luftflaskor)	Aggregat: 72 kg (exkl. slang)	Aggregat med 80 m slang ca 400 kg varav vikt hydraulpump, oljetank, oljekyl med fläkt, hydrauldriven vattenpump, anslutningsslangar: 204 kg. Vikt eldrivning av slang: 35 kg.	Stålbehållare+12 kg släckmedel
Torrvikt slang med strålrör	Slangvikt 100 m: 45 kg, Triplex-lans: 2 kg	Inkluderat i aggregatets vikt om 55 kg (slang ca 5 kg)	Slangvikt: 260 g/m, Strålrör: 3,6 kg	Vikt slang: 0,5 kg/m, Vikt lans: 6 kg	-
Storlek aggregat LxBxH (exkl tank, slang etc)	Aggregat med 50 m slang 0,98 x 0,58x 0,56 m. Aggregat med 100 m slang och eldrivning på slangtrumman 1,35x0,58x0,56 m	0,70x0,85x0,75 m inkl. slang och tank.	0,60x0,57x0,41 m	Pump/Motorenhet 0,33x0,22x0,20 m	0,61x0,2x0,19 m
Slanglängd	Valbart upp till 100 m	15 m	Valbart upp till 100 m	80 m (valbart upp till 300 m)	0,6 m

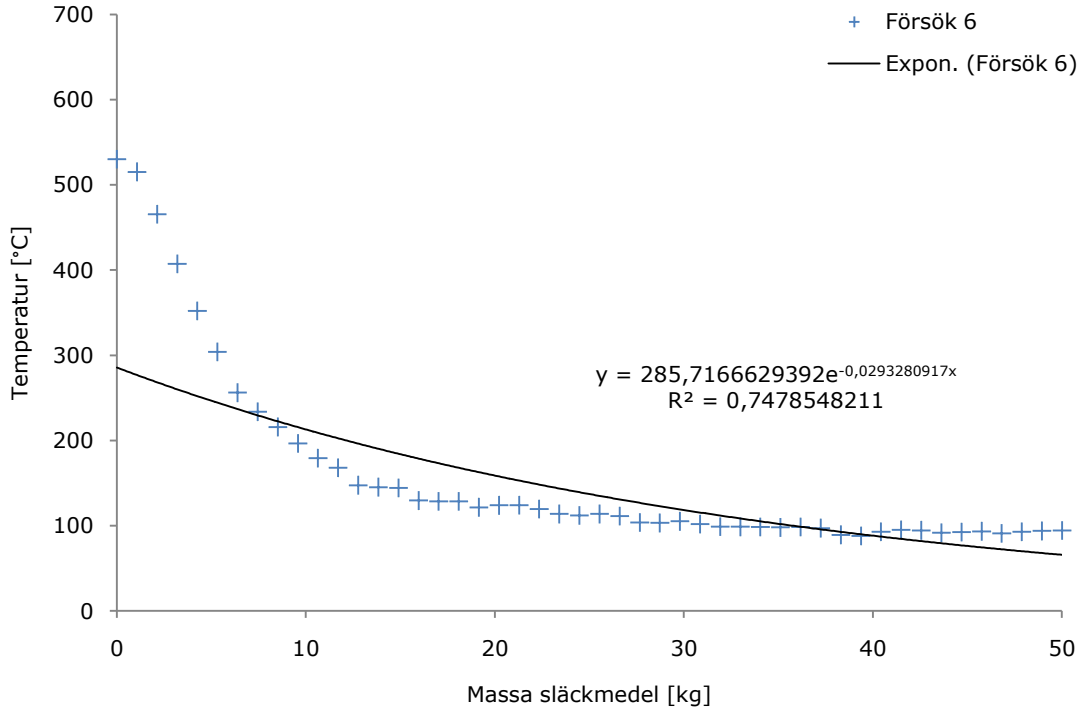
Baserat på information från respektive leverantör (kontrollmätningar etc har ej genomförts).					
System	**Oertzen**	**One Seven**	**Firexpress**	**Cobra**	**Presto PG12**
Kastlängd	Långkast: 15 m, Dimma: 10 m, Tungskum: 10 m (Triplex-lans)	12-15 m	Kastlängd skum: 15 m, Kastlängd microdroppar: 15 m	20 m utomhus (vindstilla)	Kastlängden testas inte längre i EN3 standarden men leverantören bedömer den till ca 10 m
Pris aggregat inkl slang, strålrör (exkl tank)	Aggregat HDL250 (200-32) med 50 m slang och Triplex 105 000 SEK. Aggregat HDL250 (200-32) med 100 m slang och Triplex 125 000 SEK. Merpris för eldrivning av slangrulle 15 000 SEK	111 962 SEK inkl. slang, strålrör, tank (exkl luftflaskor)	6 729 EUR	400 000 SEK inkl. tank (270 l) samt montering	2 035 SEK (priset på pulver varierar från 10 kr/kg till 100 kr/kg)
Övrigt	För alkoholresistent skum kan separat skumpump monteras in.		12 L integrerad skumtank	Vikt hydraulpump, oljetank, oljekyl med fläkt, hydrauldriven vattenpump, anslutningsslangar: 204 kg. Vikt eldrivning av slang: 35 kg. Abrasivbehållare 10 l: vikt 90 kg (full), volym 0,348x0,271x0,681 (LxDxH). Abrasivbehållare 20 l: vikt 131 kg (full), volym: 0,348x0,271x0,994 (LxDxH).	>88% av pulvret ammoniumdivätefosfat $NH_4H_2PO_4$
	Skillanden i vikt mellan aggregatet med 50 m slang och aggregatet med 100 m slang beror på större och tyngre slangtrumma, förlängning av aggregatets ram samt 50 m. extra slang.			Vid eftermontering krävs kraftuttag till hydrauldriften. Flera bilar har inte detta uttag. Ett likvärdigt system kan väljas (C360P). Vikten är likvärdig men systemet drivs av två bensinmotorer. Flödet och pumptycket skiljer sig något. C360P levererar ett flöde på 56 l/min med ett tryck från pumpen på 250 - 280 bar	

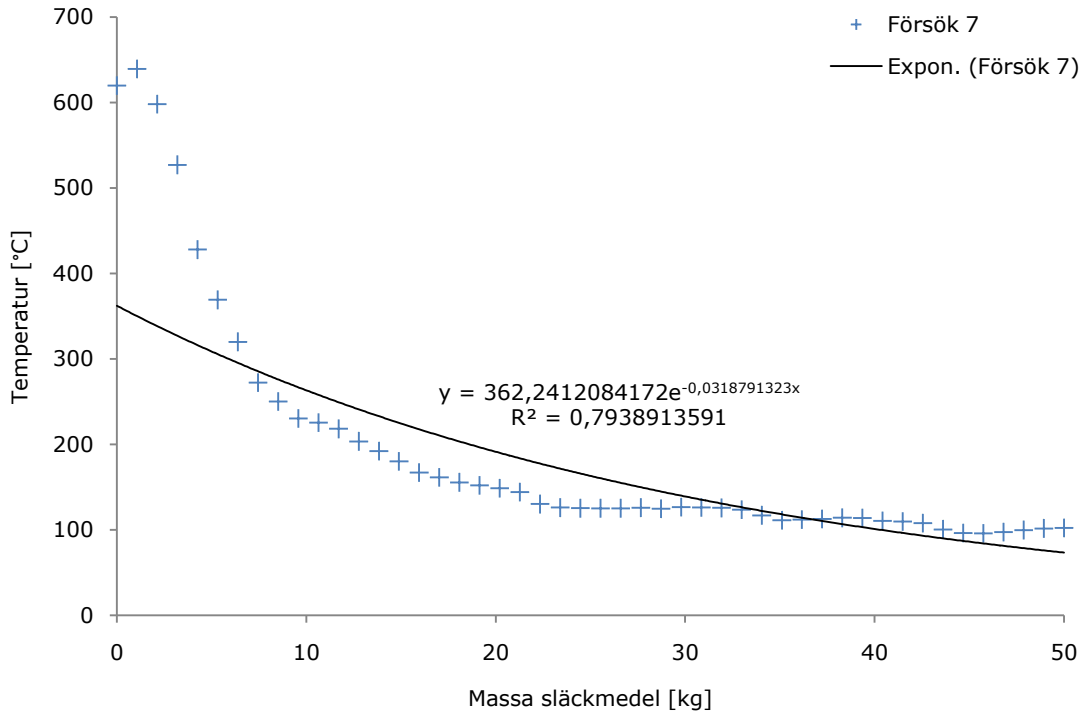
Baserat på information från leverantören (kontrollmätningar etc har ej genomförts).	
System	**DSPA**
Modellbeteckning	DSPA-5
Typ	Pyrotekniskt genererad aerosol
Vikt system	5,4 kg
Storlek Diameter x Höjd	0,217 x 0,101 m
Massa släckmedel	3,3 kg före förångning
Fördröjningstid	6-10 s
Släcktid	20-28 s
Tid som aerosolen stannar kvar i ett slutet utrymme	Minst 50 min
Släckkapacitet, volym	40 m^3 (rekommenderad volym) 60 m^3 (vid hermetiskt tillslutet utrymme)

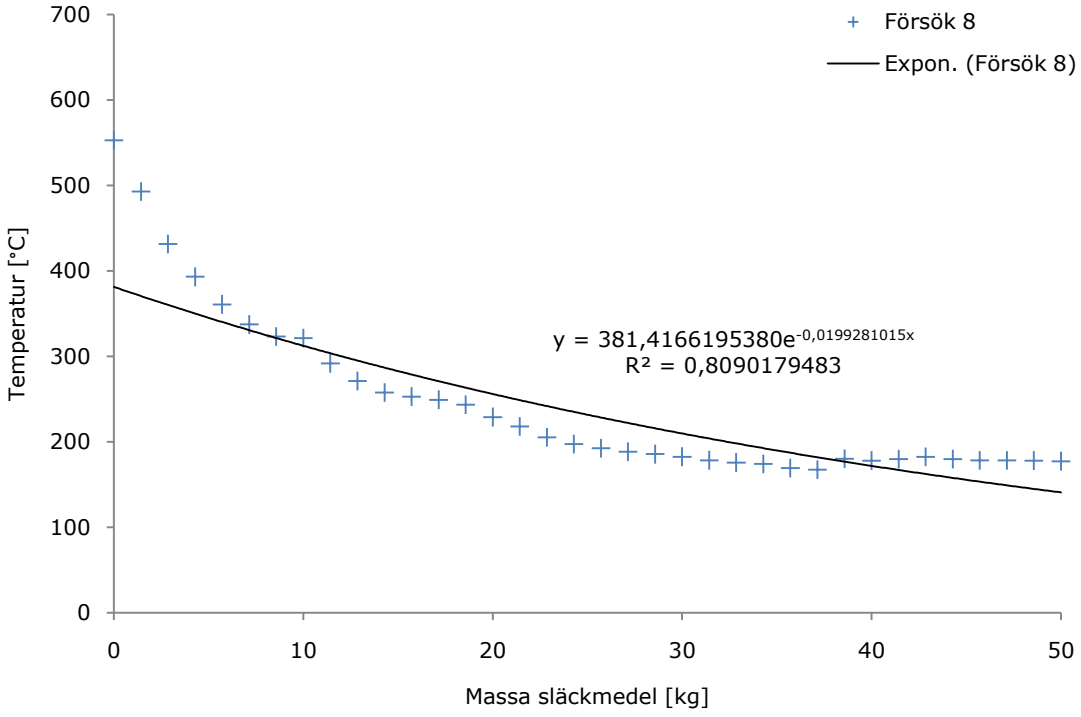
Bilaga 2 Bearbetad mätdata: under släckning

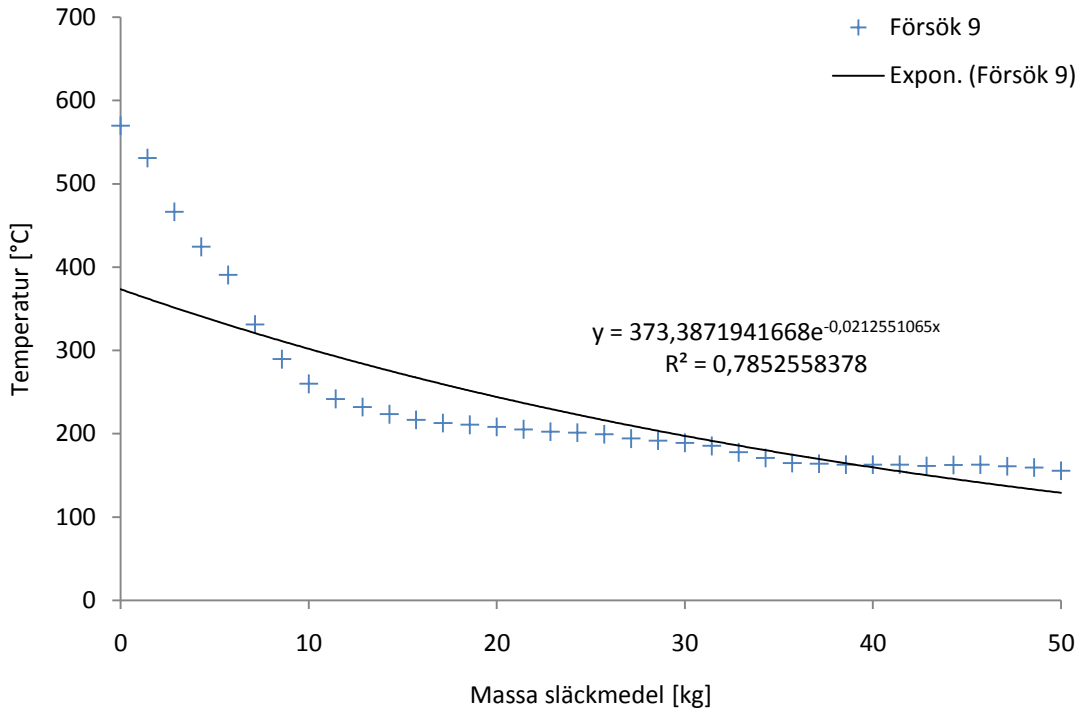


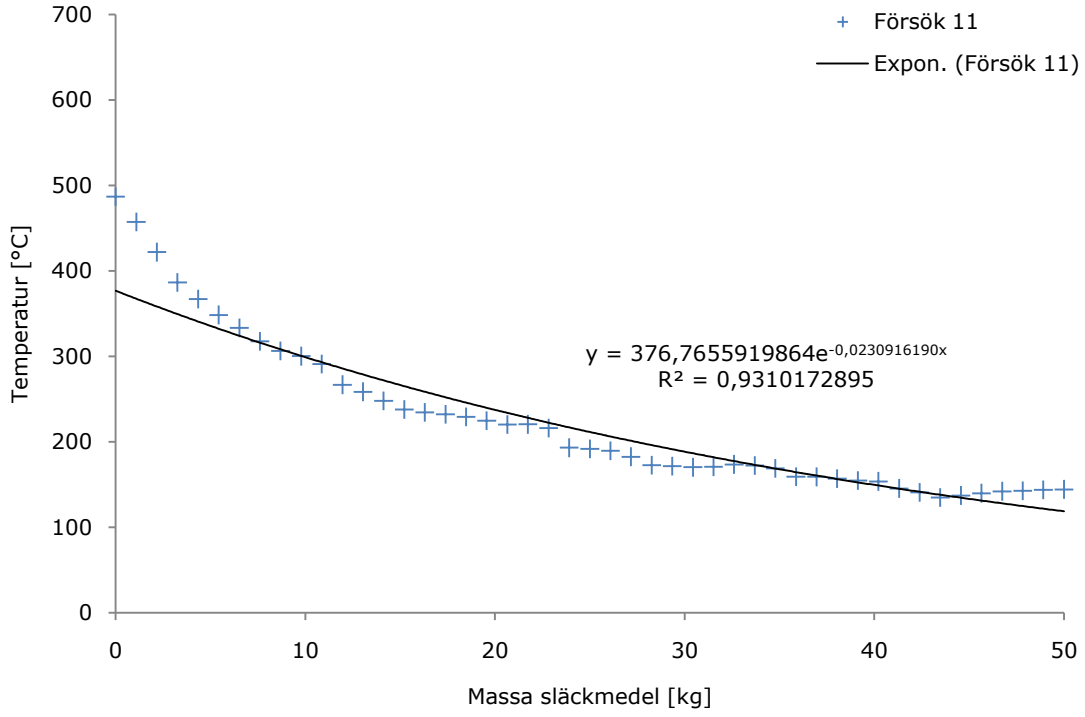


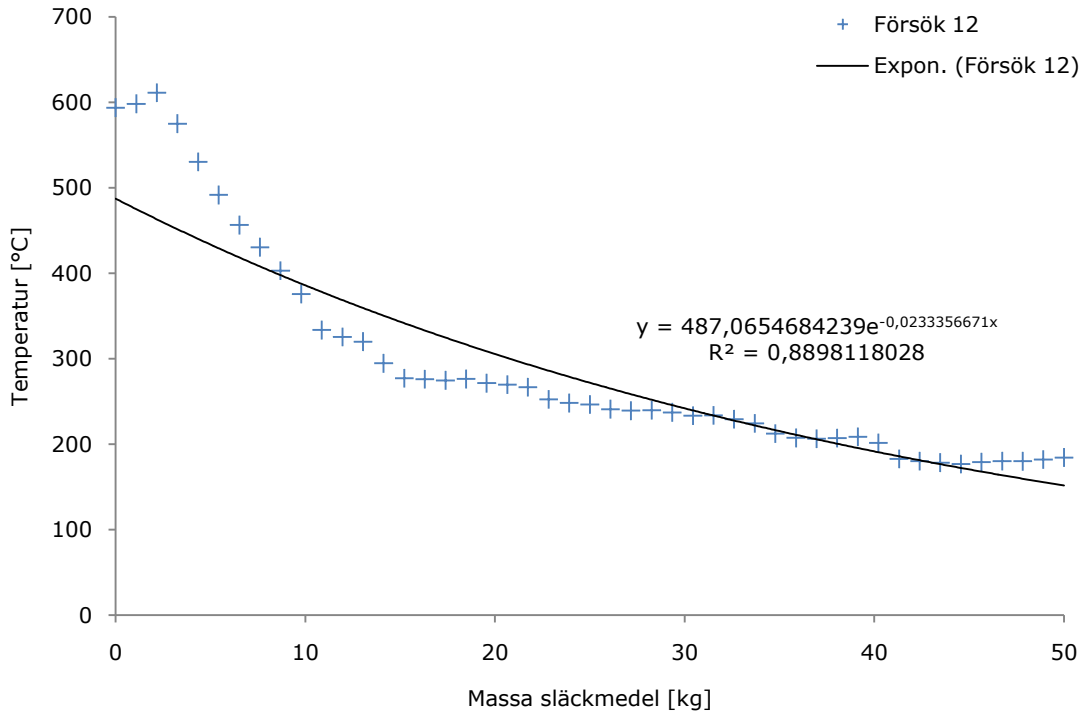

Försök 6
Expon. (Försök 6)
y = 285,7166629392e-0,0293280917x
R² = 0,7478548211
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

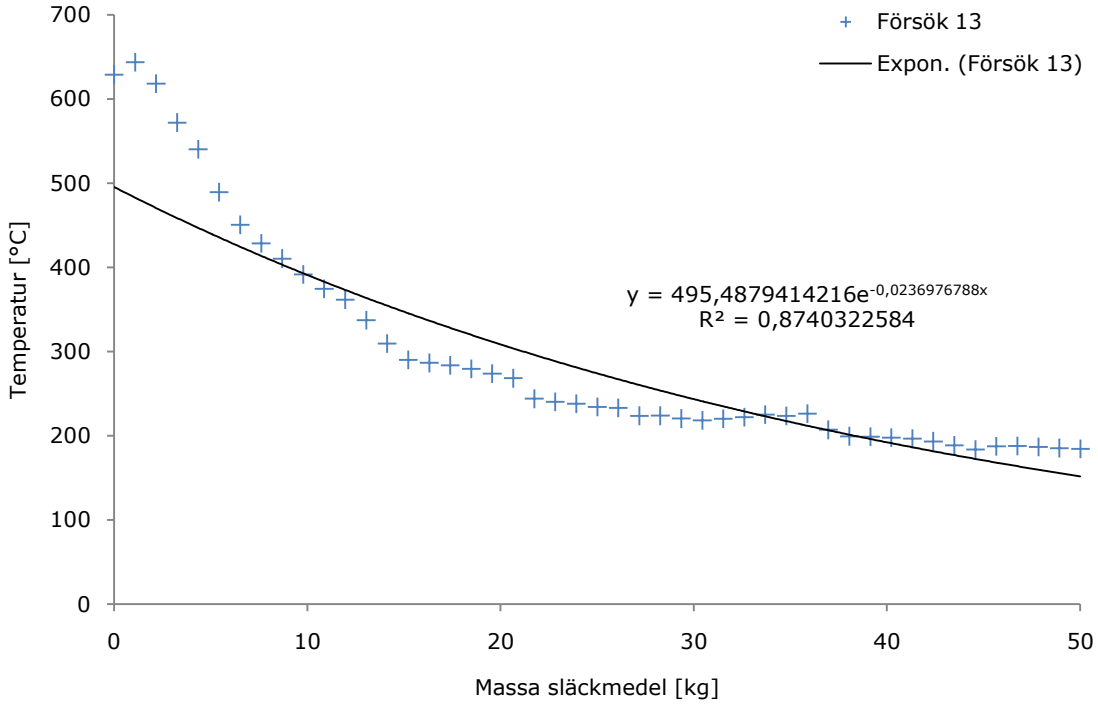

Försök 7
Expon. (Försök 7)
y = 362,2412084172e-0,0318791323x
R² = 0,7938913591
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

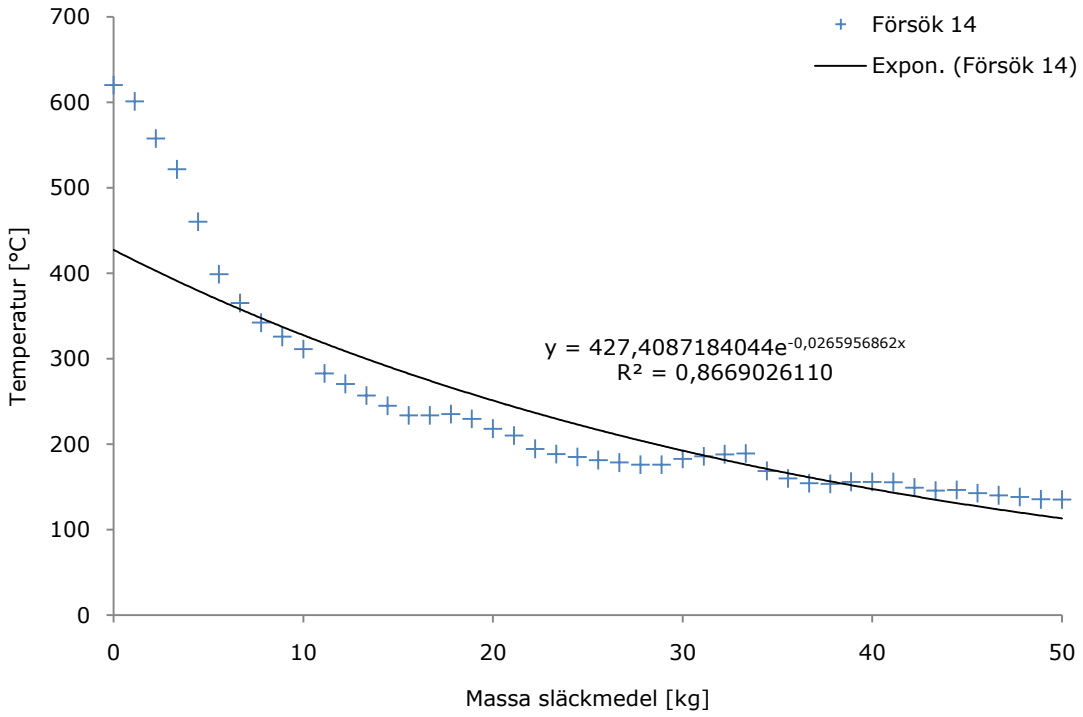

Försök 8
Expon. (Försök 8)
y = 381,4166195380e-0,0199281015x
R² = 0,8090179483
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

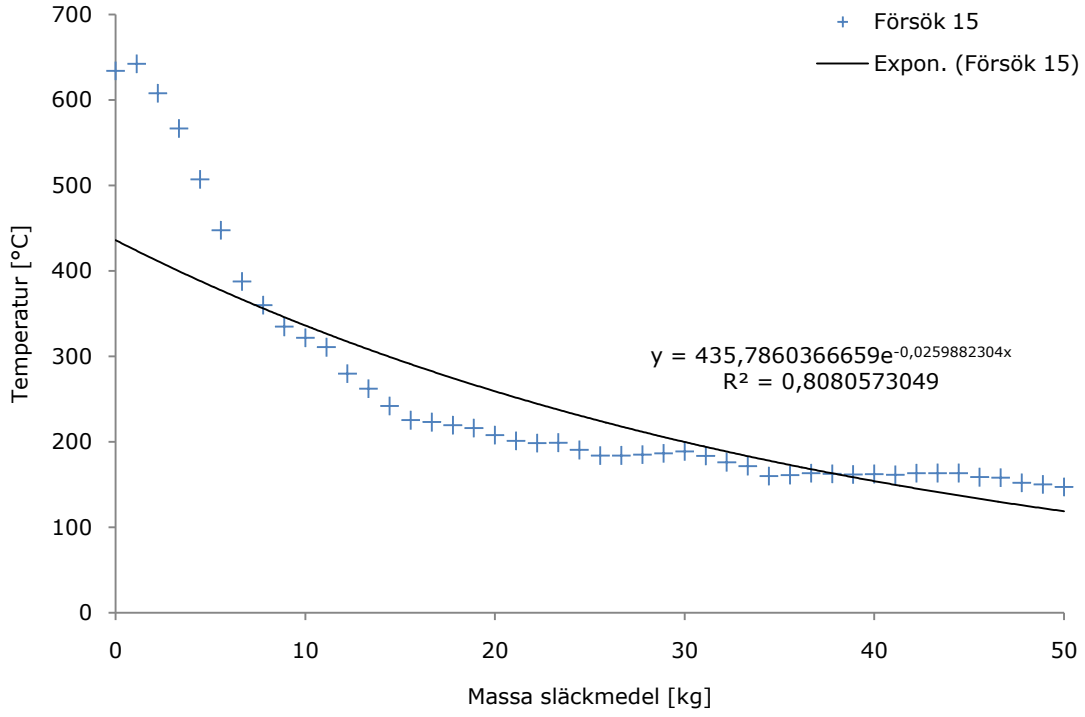

Försök 9
Expon. (Försök 9)
y = 373,3871941668e-0,0212551065x
R² = 0,7852558378
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

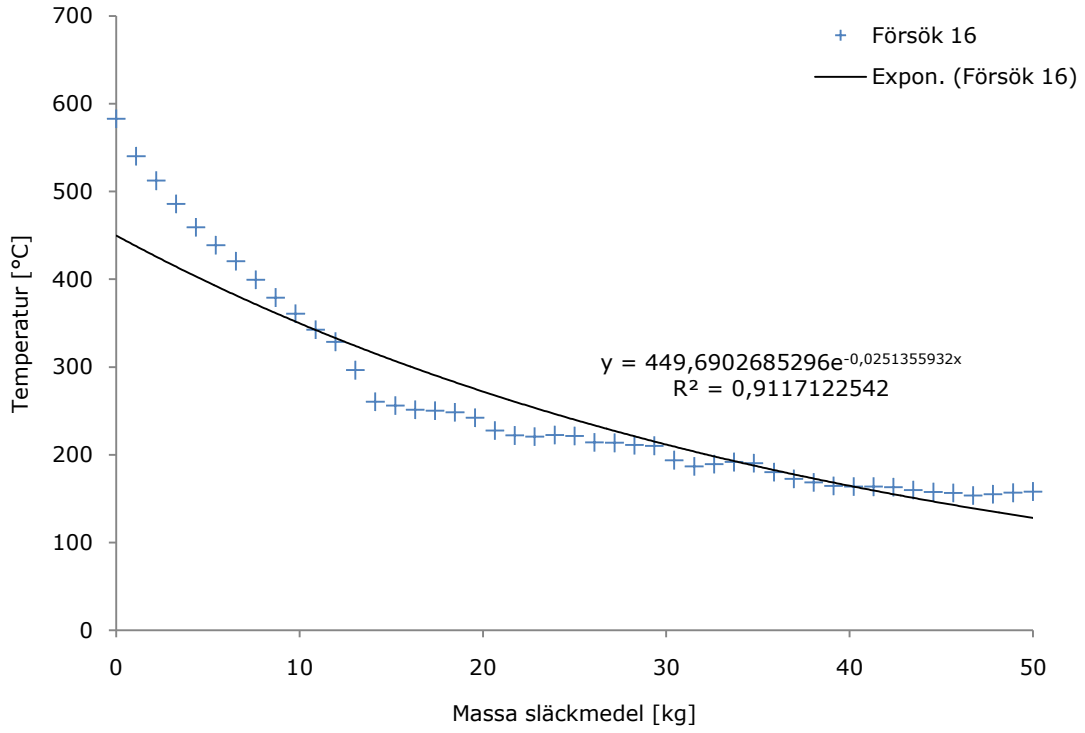

Försök 11
Expon. (Försök 11)
y = 376,7655919864e-0,0230916190x
R² = 0,9310172895
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

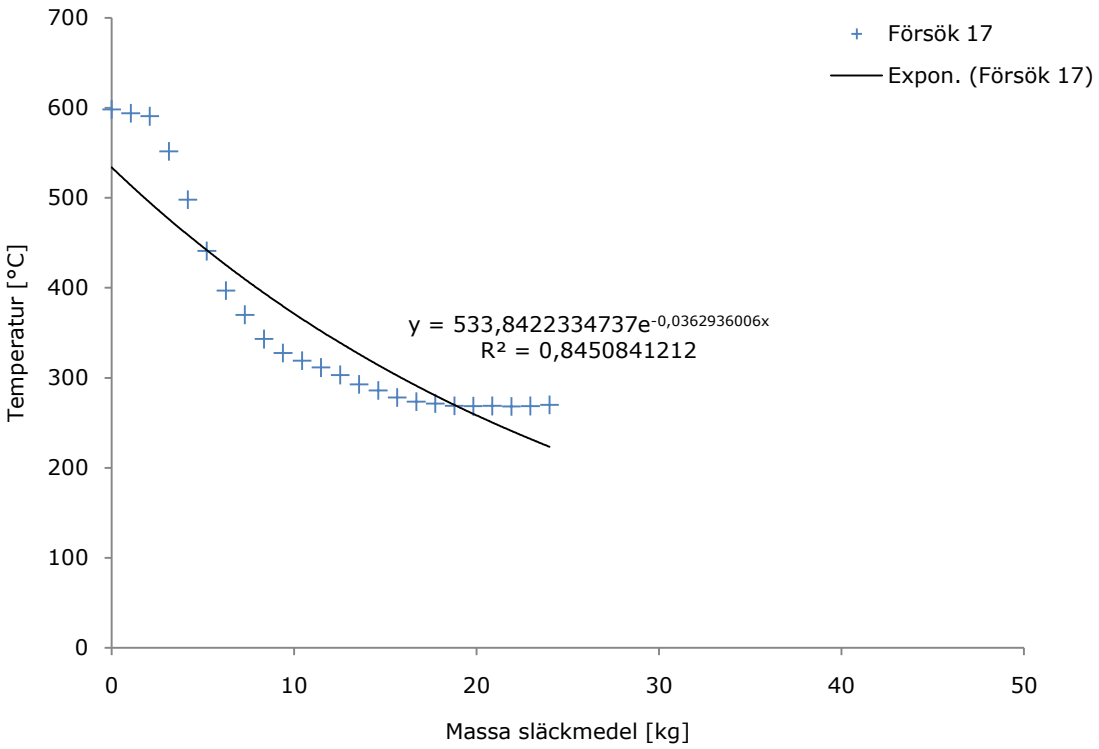

Försök 12
Expon. (Försök 12)
y = 487,0654684239e-0,0233356671x
R² = 0,8898118028
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50


Försök 13
Expon. (Försök 13)
y = 495,4879414216e-0,0236976788x
R² = 0,8740322584
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

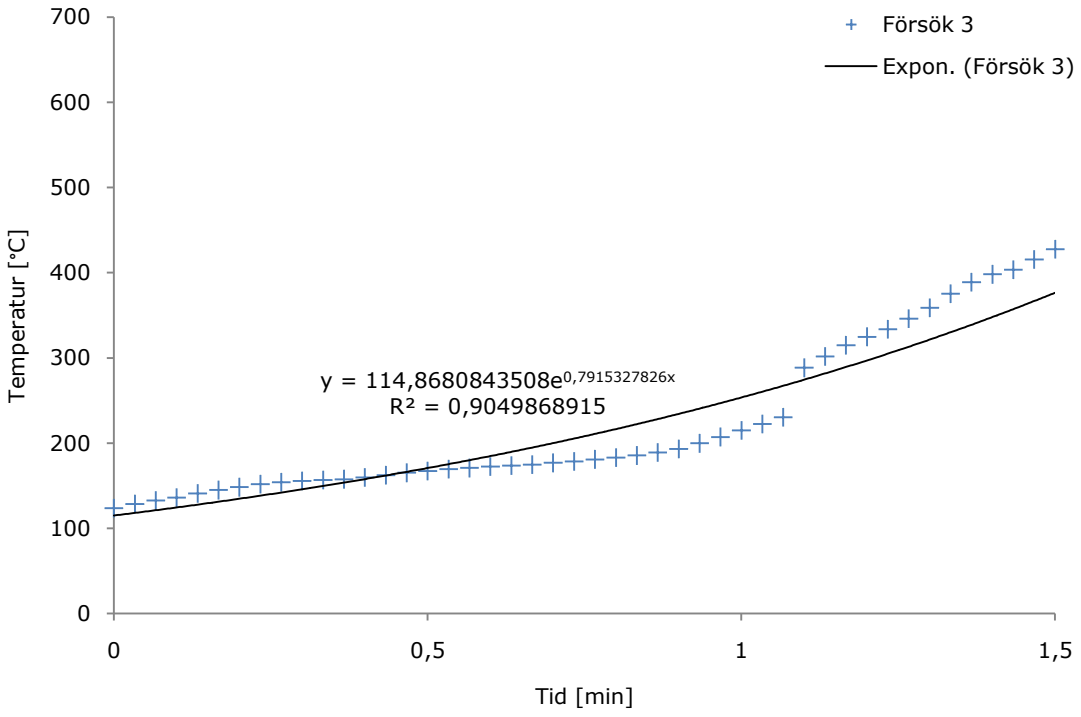

Försök 14
Expon. (Försök 14)
y = 427,4087184044e-0,0265956862x
R² = 0,8669026110
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

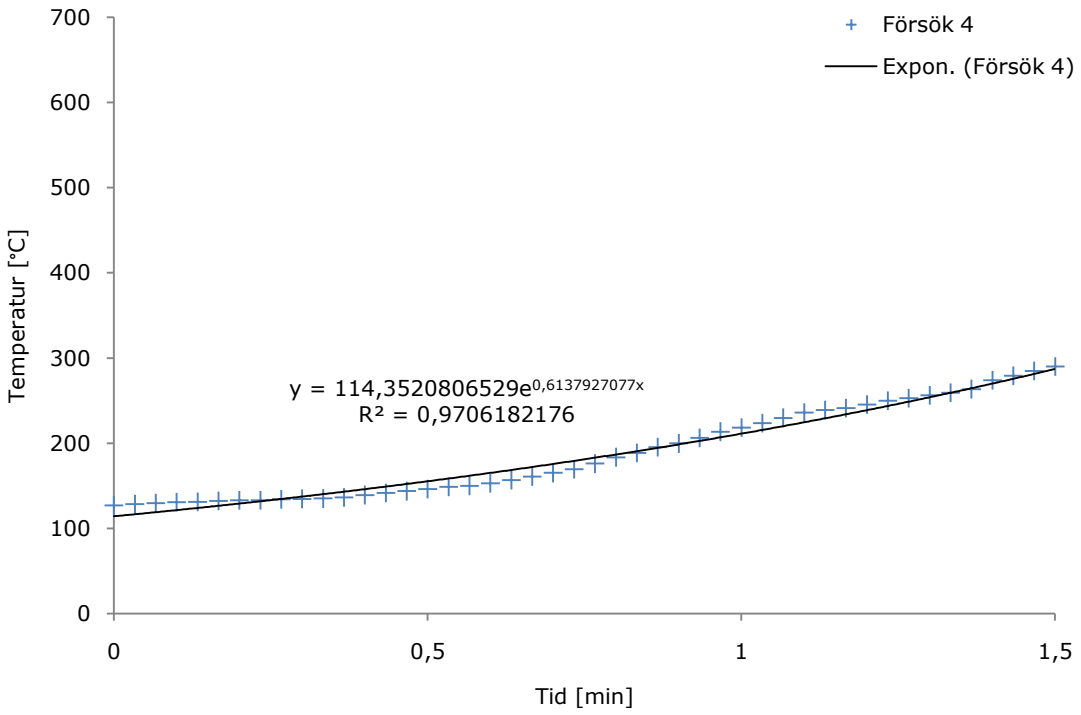

Försök 15
Expon. (Försök 15)
y = 435,7860366659e-0,0259882304x
R² = 0,8080573049
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

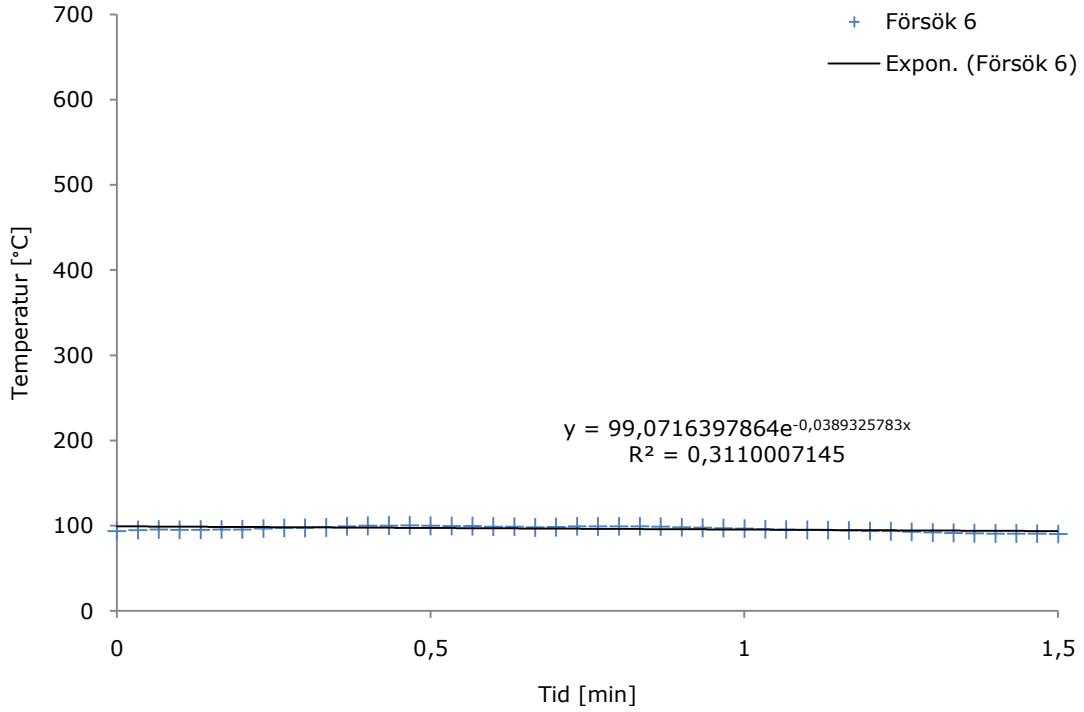

Försök 16
Expon. (Försök 16)
y = 449,6902685296e-0,0251355932x
R² = 0,9117122542
Temperatur [°C]
Massa släckmedel [kg]
0
100
200
300
400
500
600
700
0
10
20
30
40
50

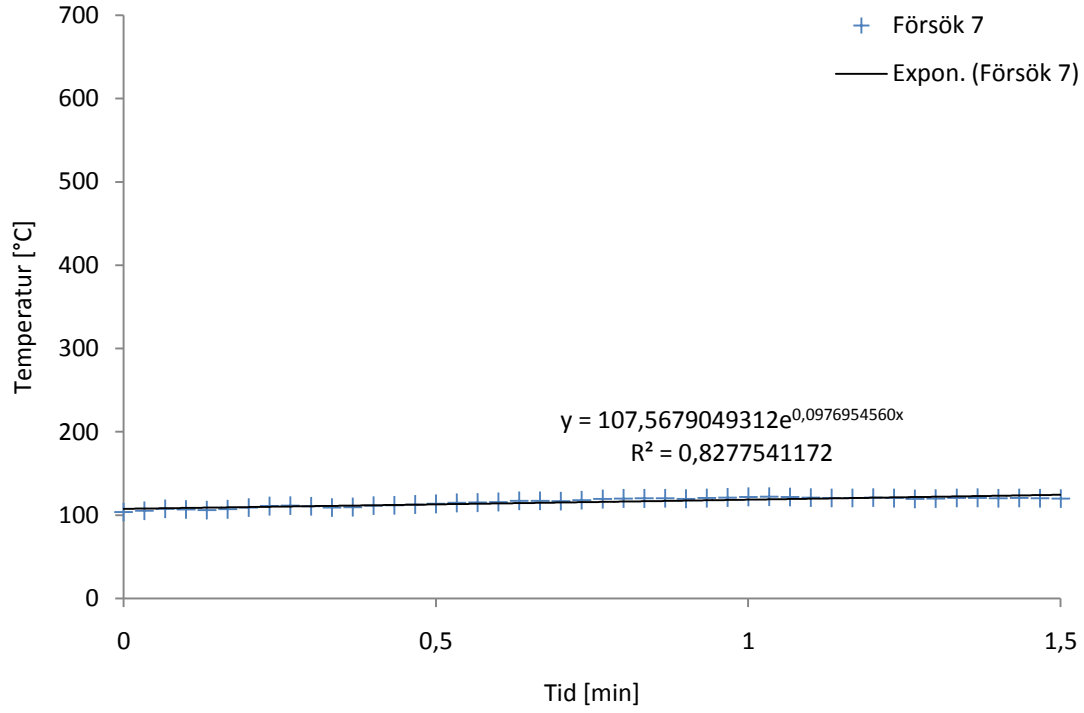

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
10
20
30
40
50
Massa släckmedel [kg]
Försök 17
Expon. (Försök 17)
y = 533,8422334737e-0,0362936006x
R² = 0,8450841212

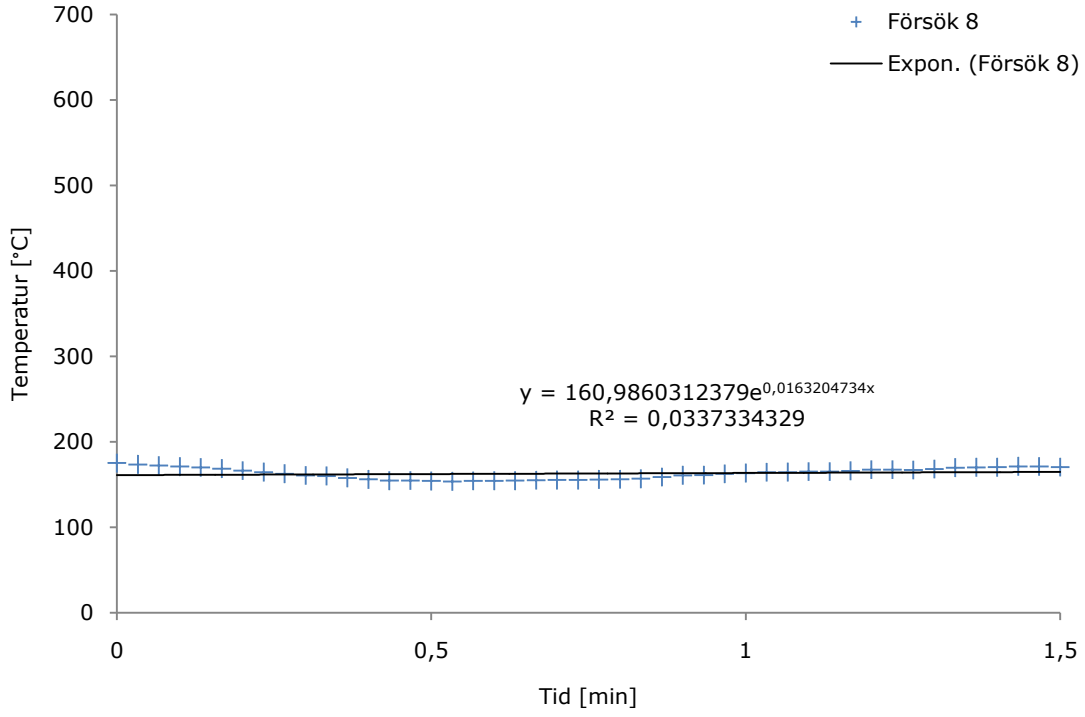
Bilaga 3 Bearbetad mätdata: efter släckning

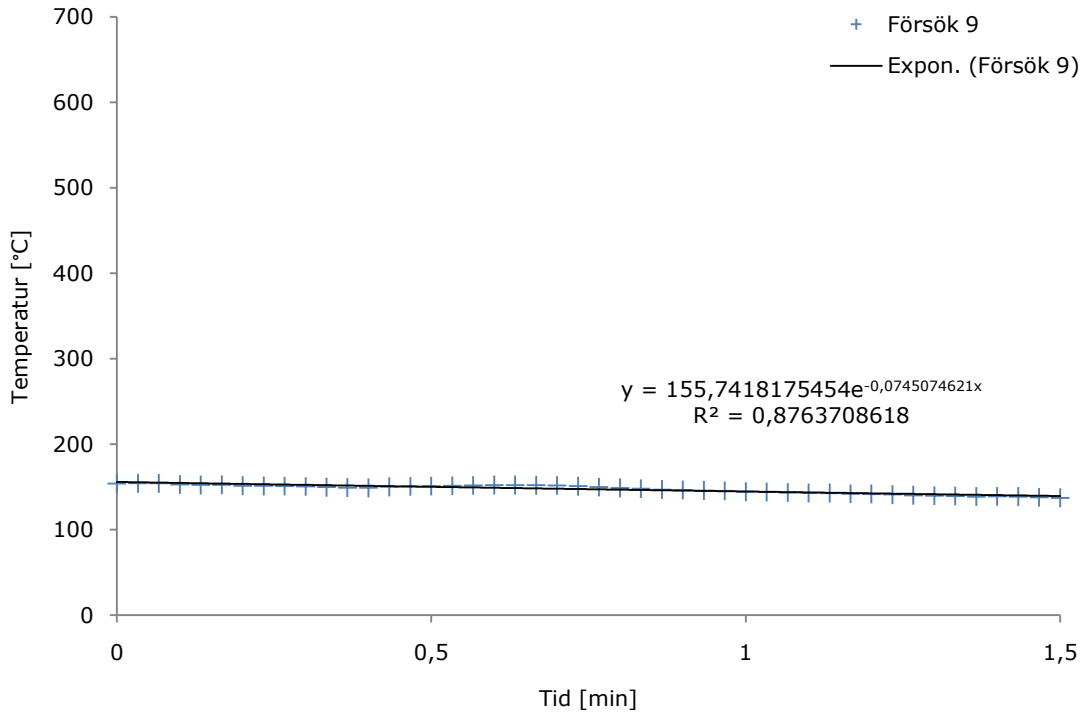


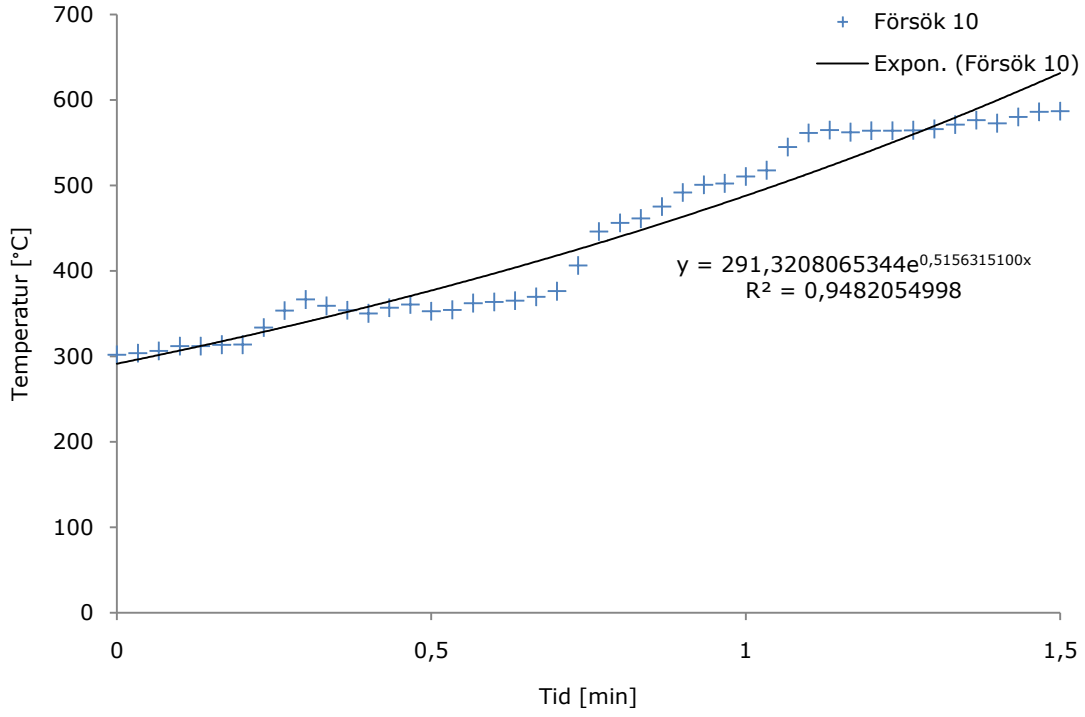


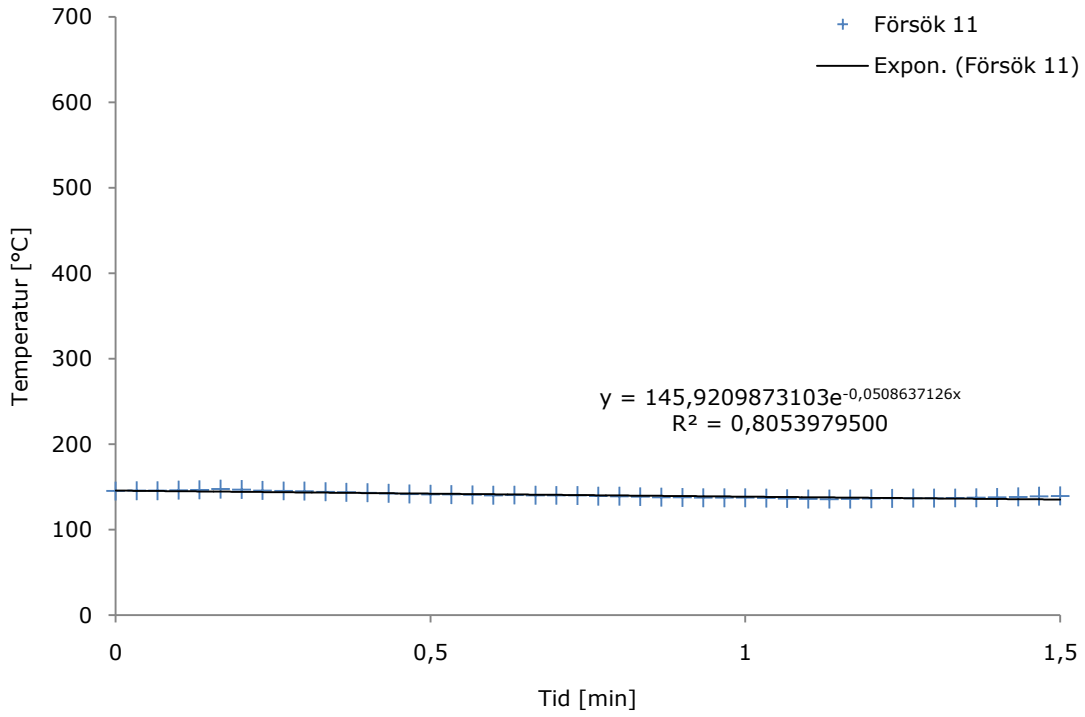

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 6
Expon. (Försök 6)
y = 99,0716397864e-0,0389325783x
R² = 0,3110007145

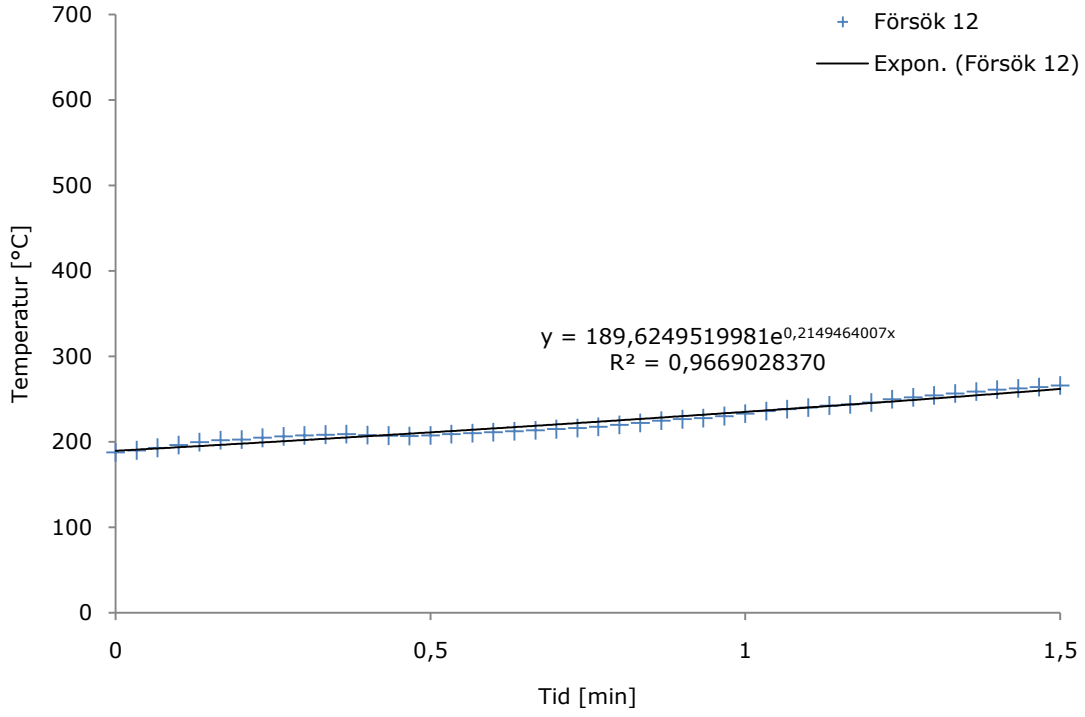

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 7
Expon. (Försök 7)
y = 107,5679049312e0,0976954560x
R² = 0,8277541172

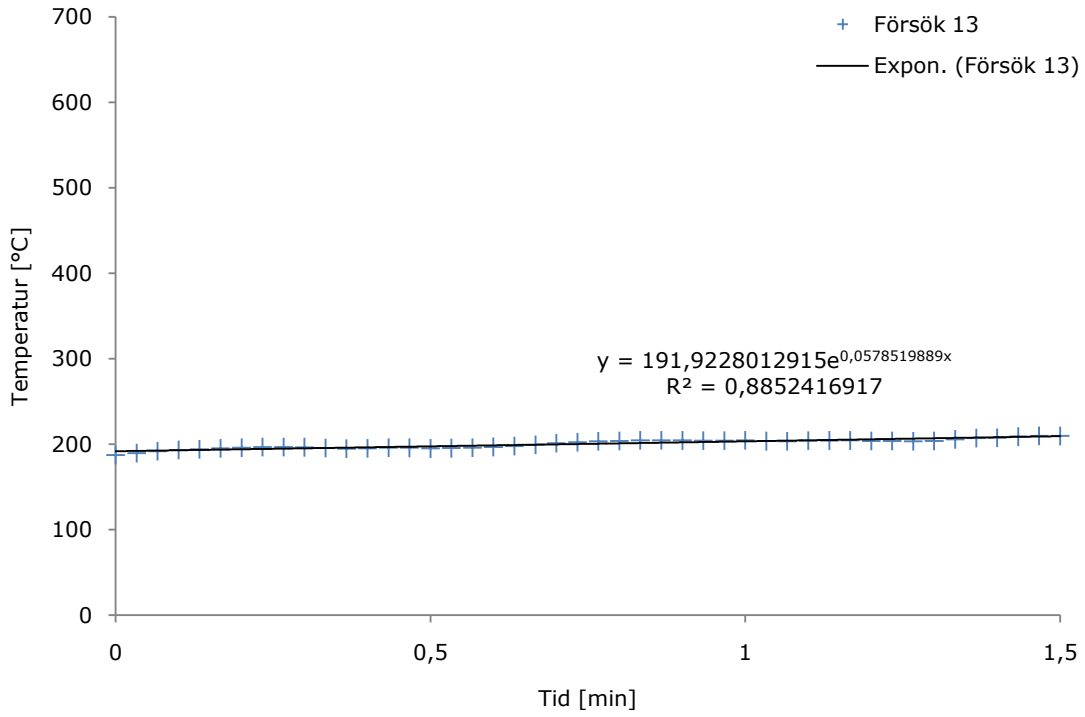

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 8
Expon. (Försök 8)
y = 160,9860312379e^0,0163204734x
R² = 0,0337334329

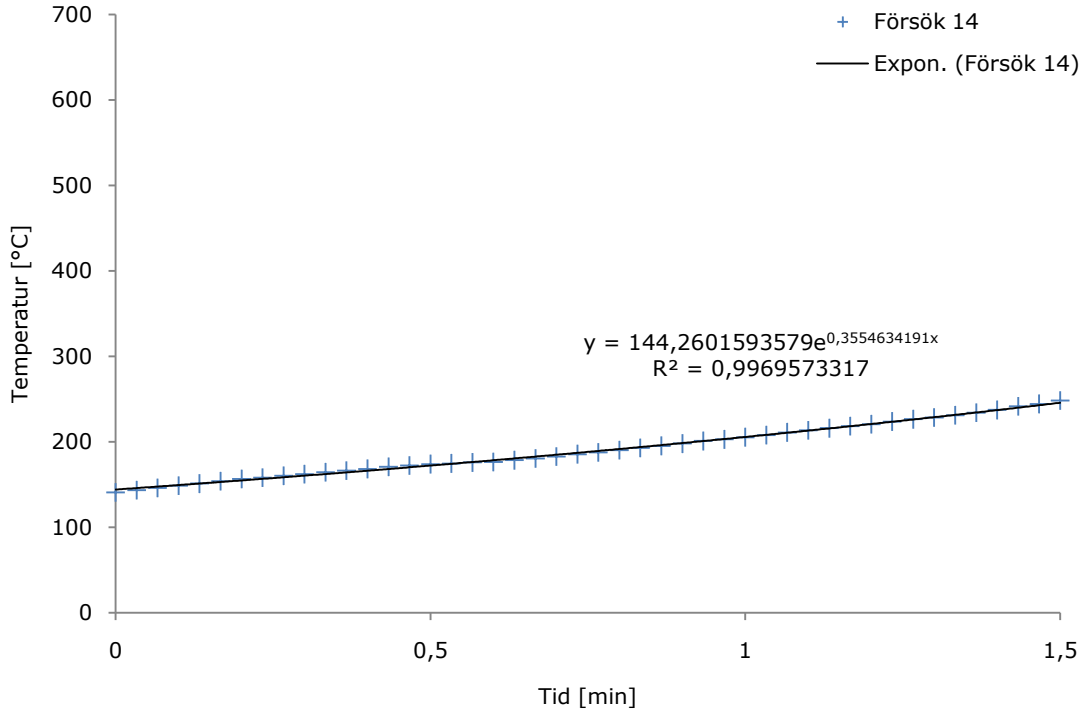

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 9
Expon. (Försök 9)
y = 155,7418175454e^-0,0745074621x
R² = 0,8763708618

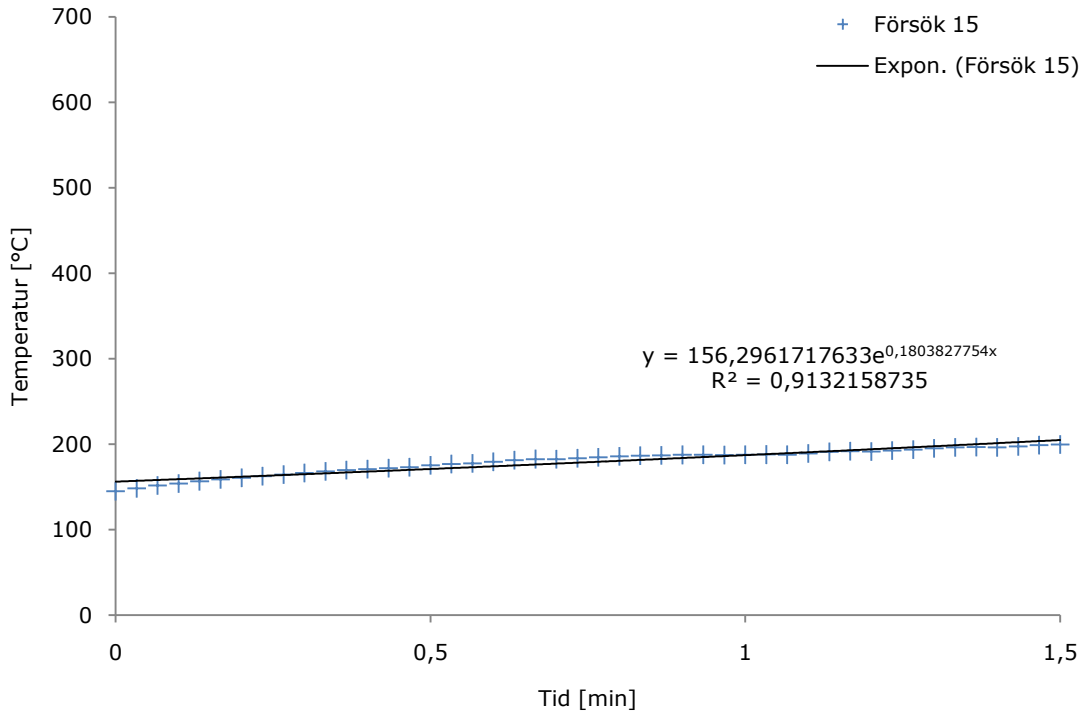

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 10
Expon. (Försök 10)
y = 291,3208065344e^0,5156315100x
R² = 0,9482054998

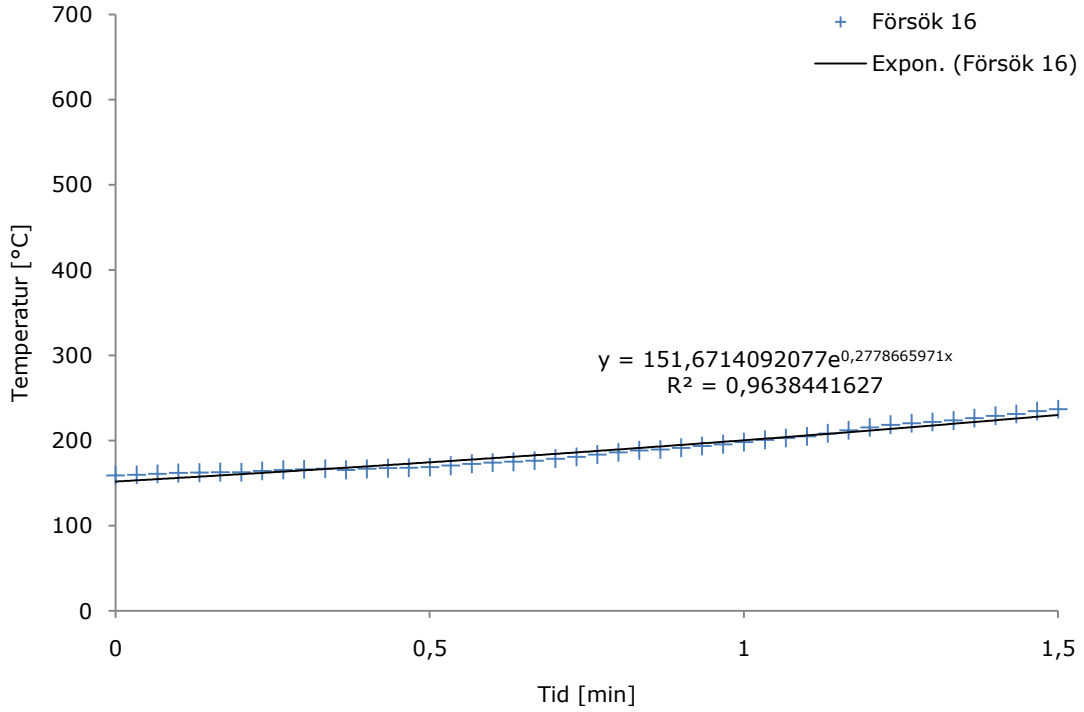

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 11
Expon. (Försök 11)
y = 145,9209873103e^-0,0508637126x
R² = 0,8053979500

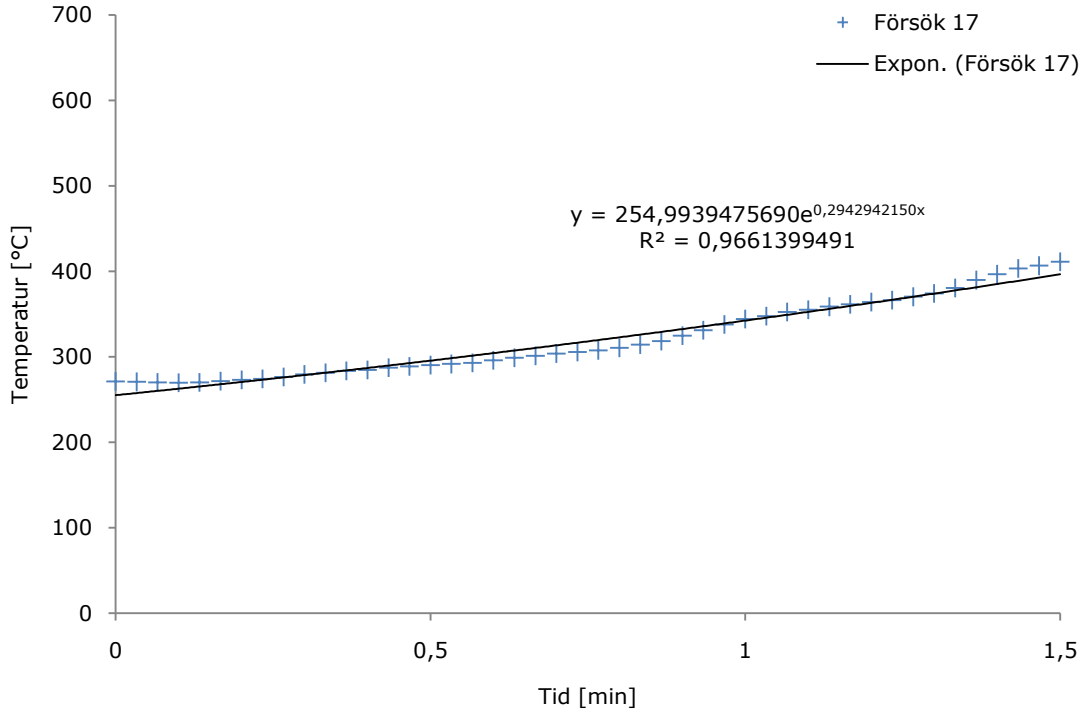

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 12
Expon. (Försök 12)
y = 189,6249519981e^0,2149464007x
R² = 0,9669028370


700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 13
Expon. (Försök 13)
y = 191,9228012915e^0,0578519889x
R² = 0,8852416917

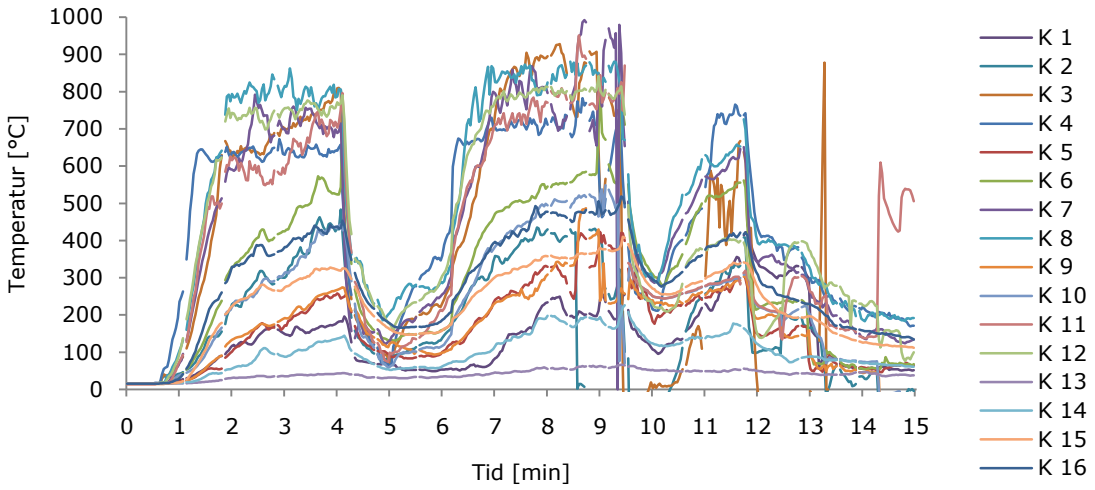

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 14
Expon. (Försök 14)
y = 144,2601593579e^0,3554634191x
R² = 0,9969573317


700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 15
Expon. (Försök 15)
y = 156,2961717633e^0,1803827754x
R² = 0,9132158735

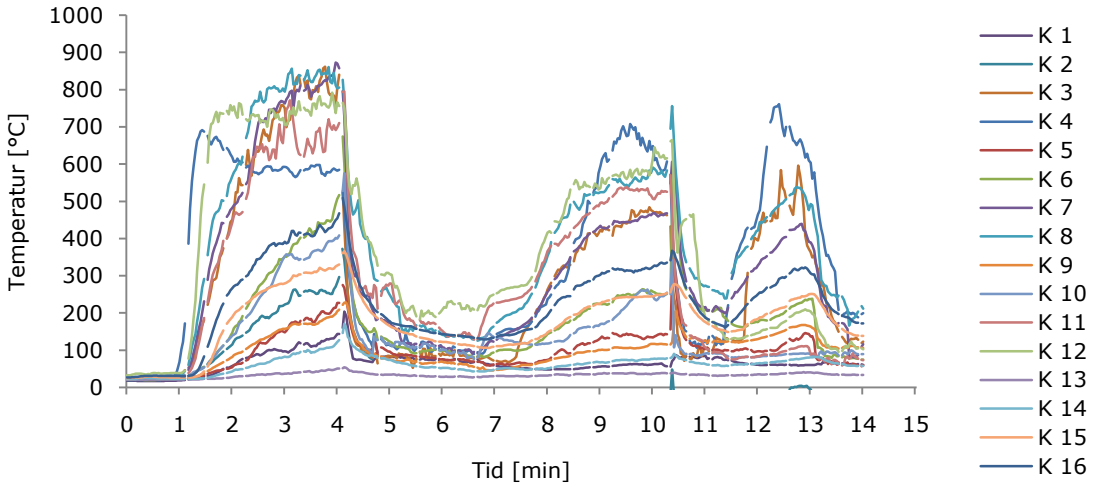

700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 16
Expon. (Försök 16)
y = 151,6714092077e^0,2778665971x
R² = 0,9638441627


700
600
500
400
300
200
100
0
Temperatur [°C]
0
0,5
1
1,5
Tid [min]
Försök 17
Expon. (Försök 17)
y = 254,9939475690e^0,2942942150x
R² = 0,9661399491

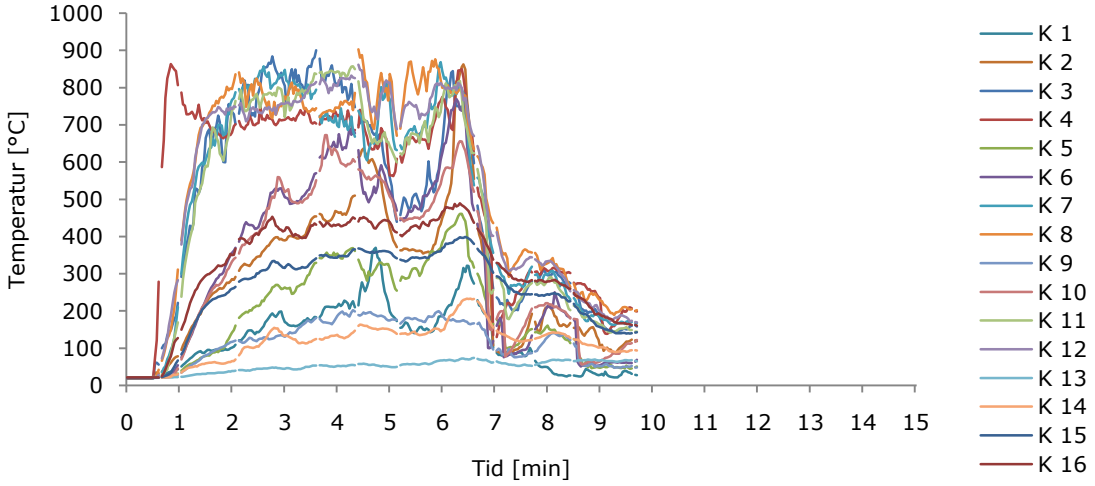
Bilaga 4 Mätdata



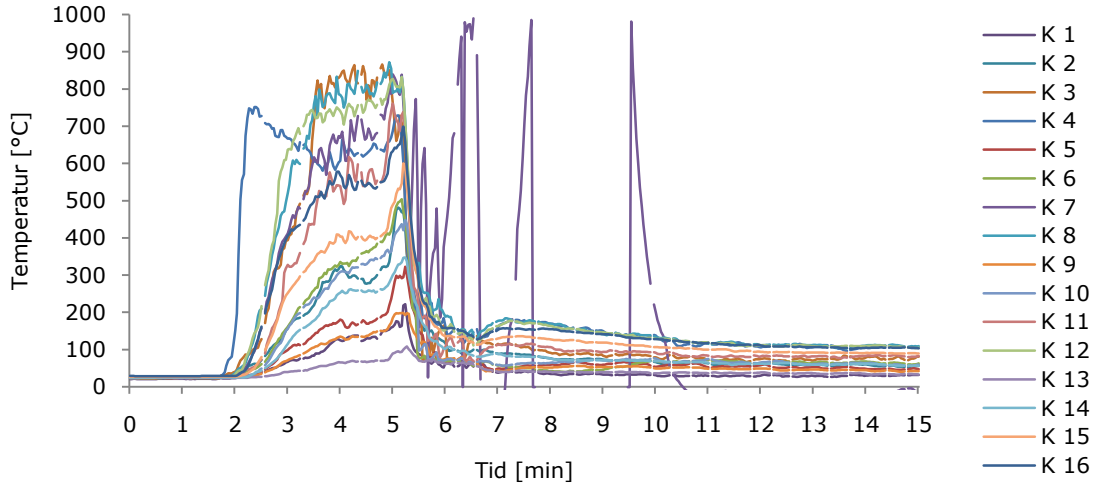
Försök 3 Cobra.



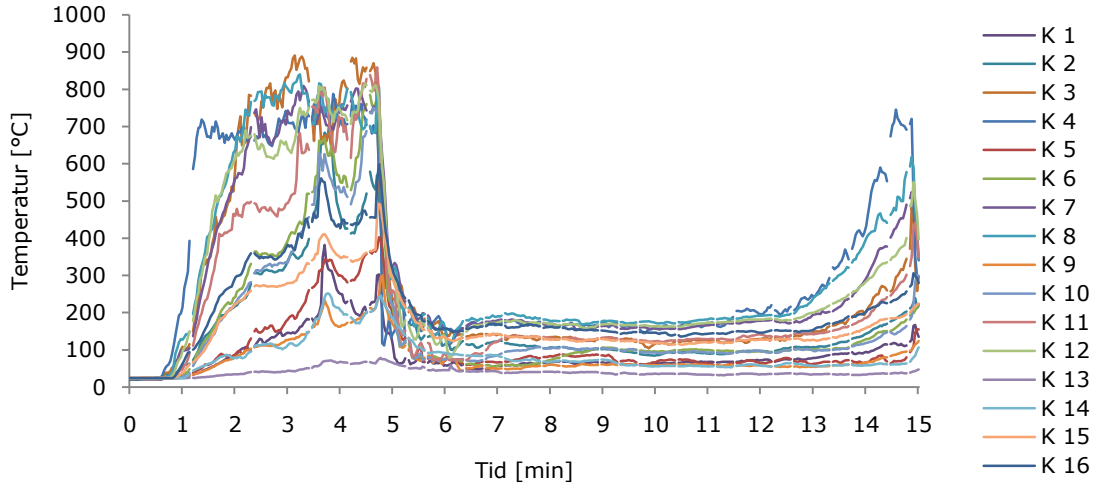
Försök 4 Cobra.



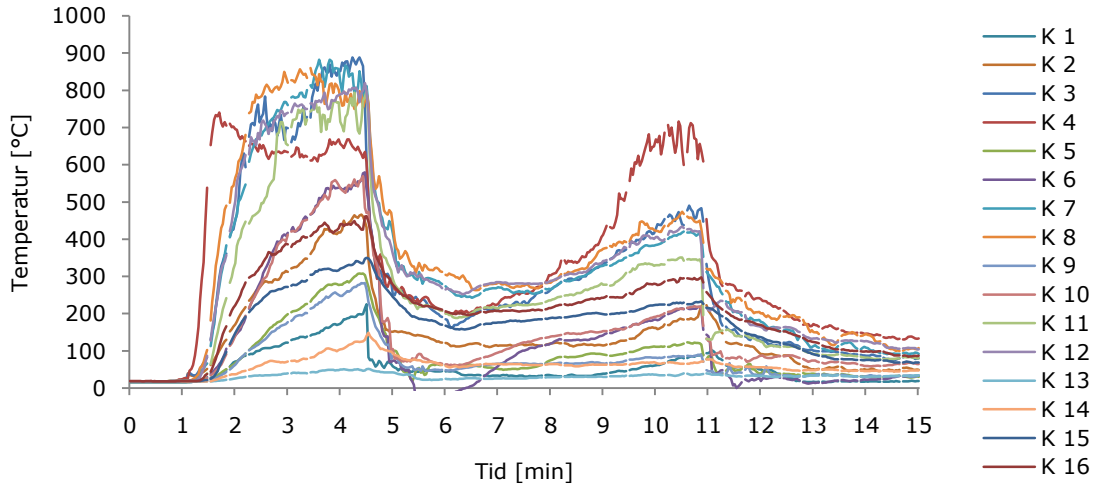
Försök 5 DSPA.



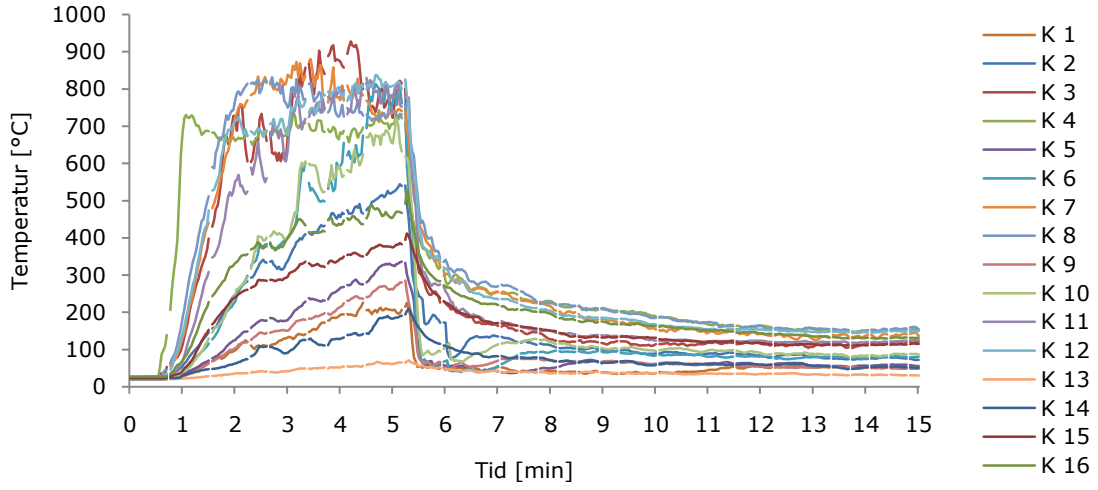
Försök 6 Oertzen vatten.



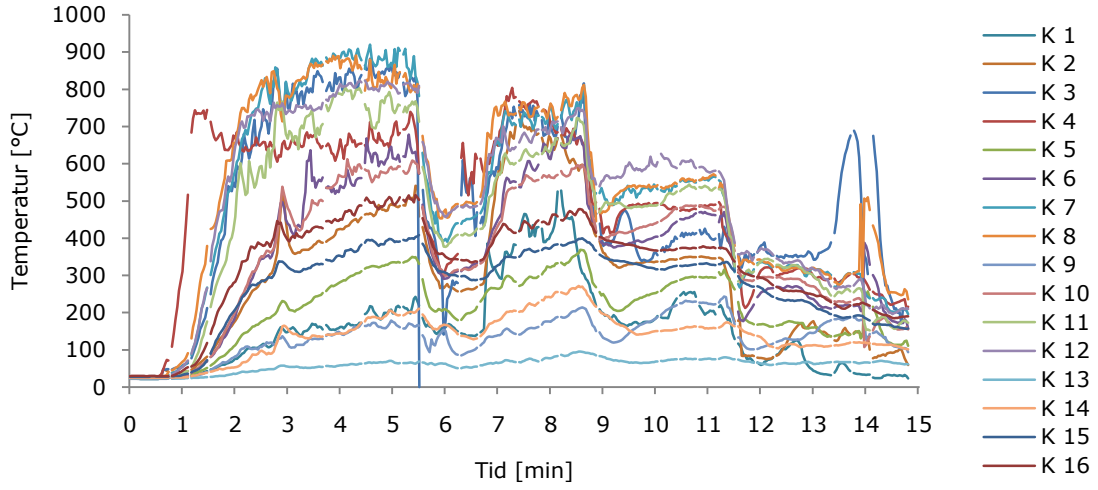
Försök 7 Oertzen skum.



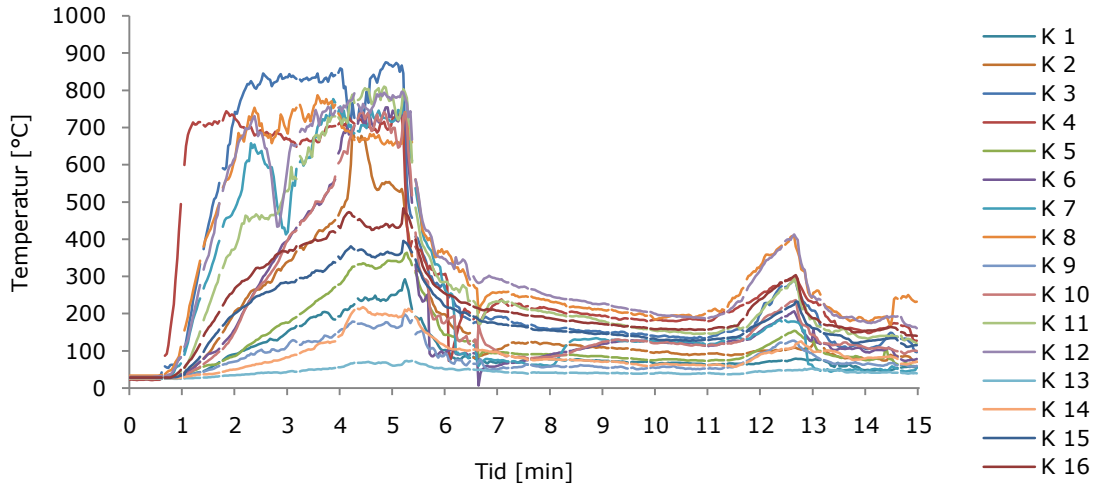
Försök 8 One Seven.



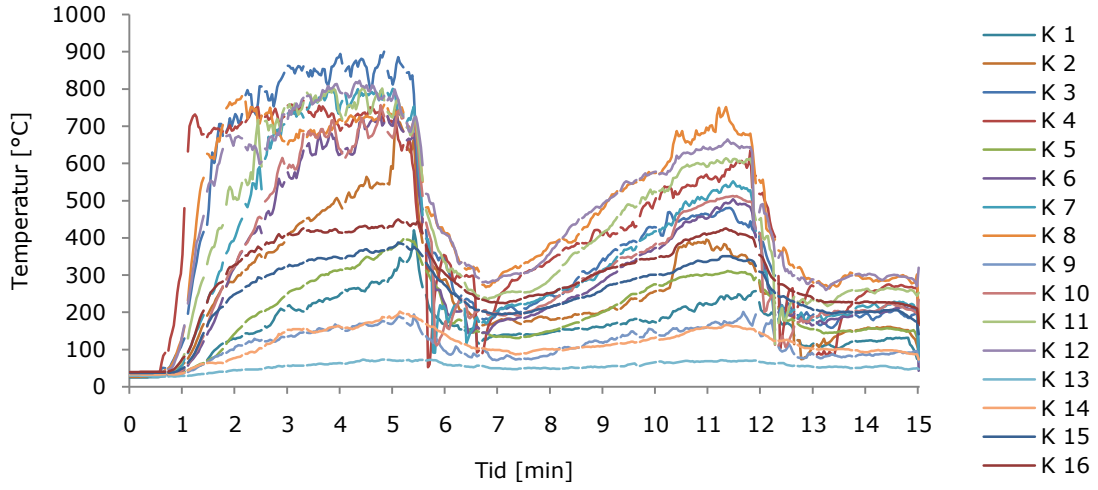
Försök 9 One Seven.



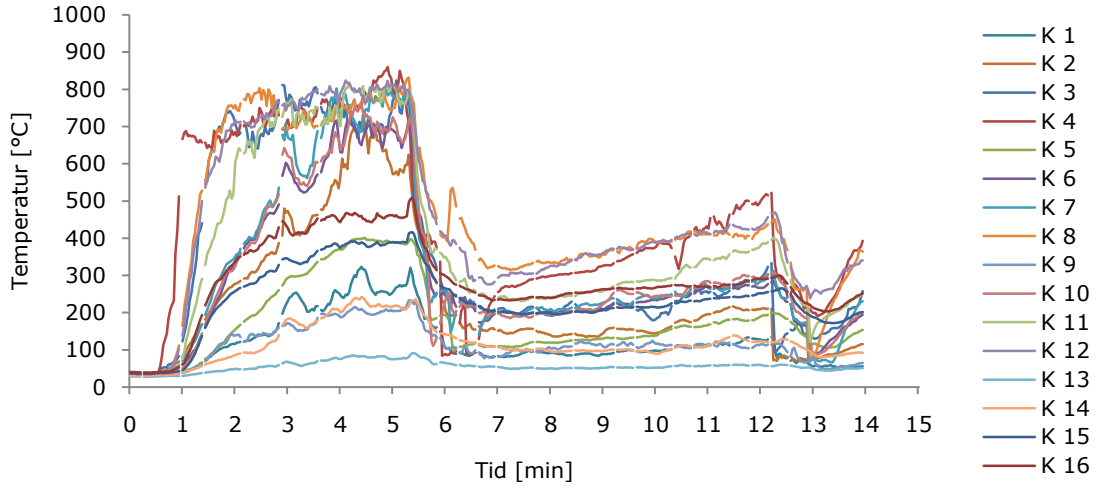
Försök 10 Pulver enkel.



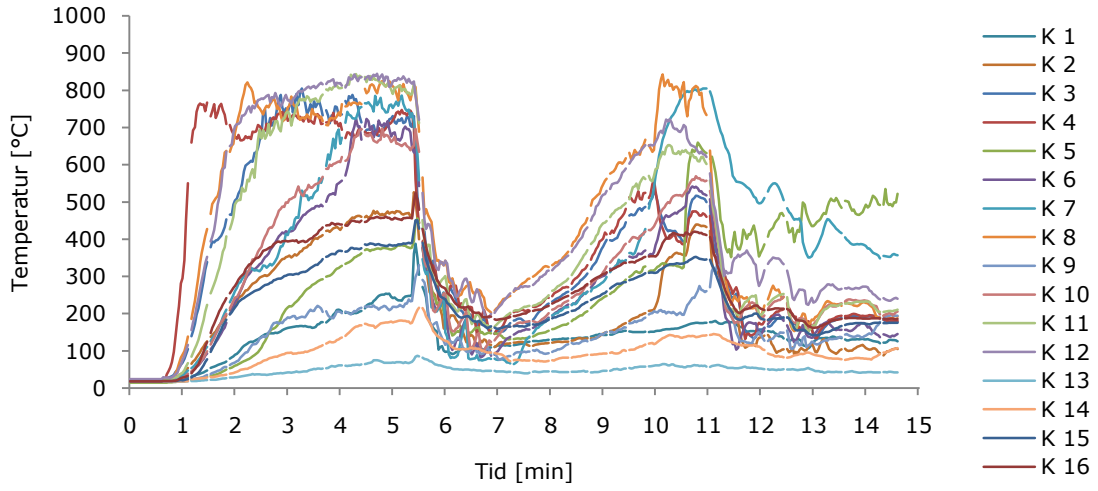
Försök 11 Firexpress vatten.



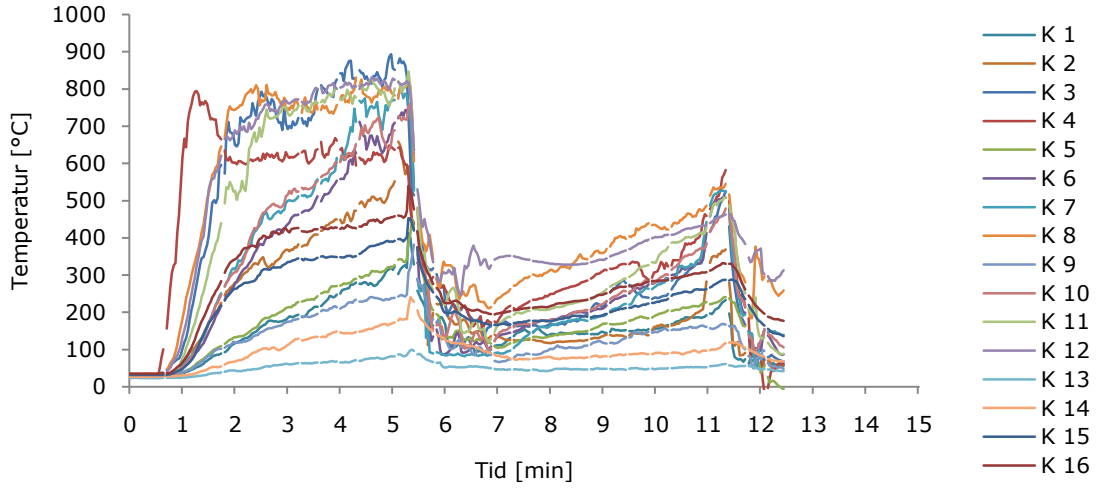
Försök 12 Firexpress vatten.



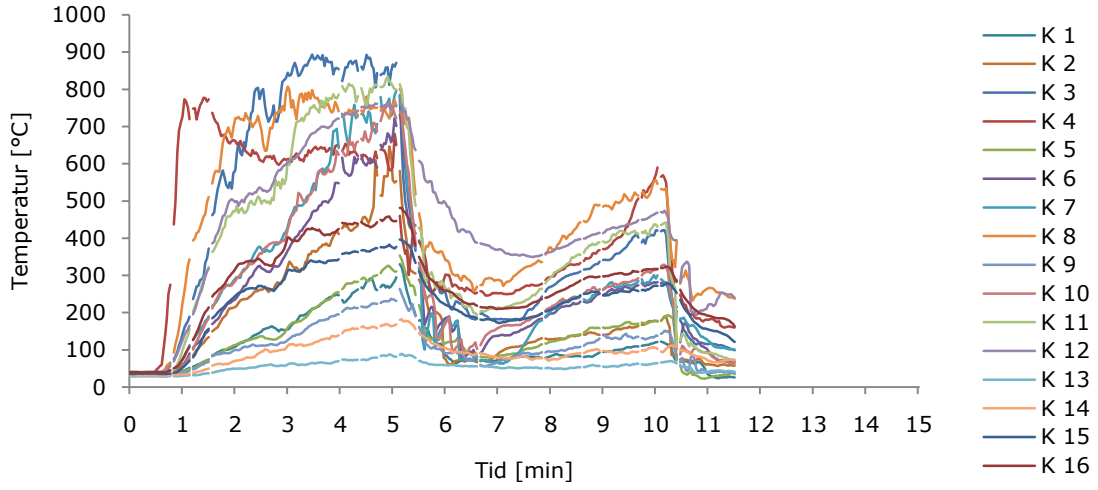
Försök 13 Firexpress skum.



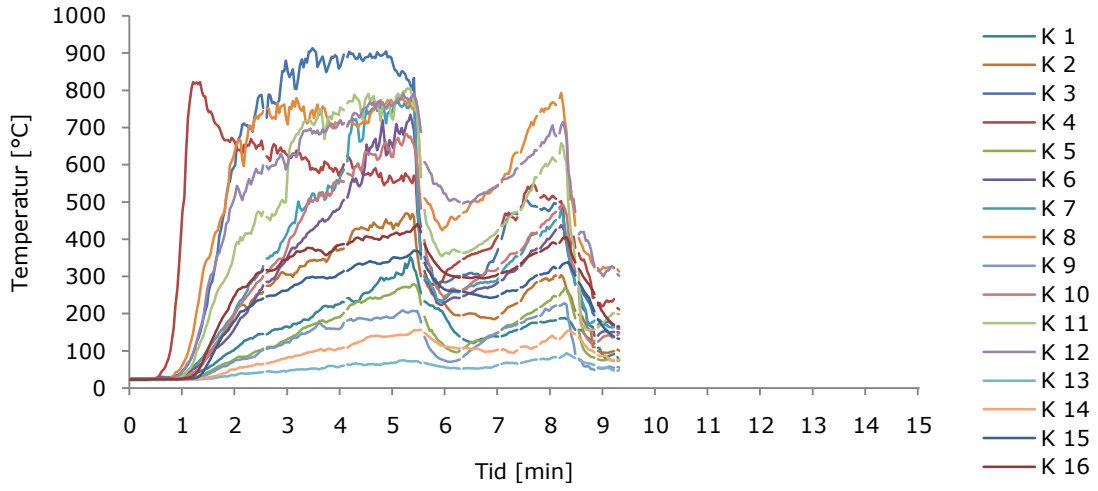
Försök 14 Oertzen vatten.



Försök 15 Oertzen skum.



Försök 16 Firexpress skum.



Försök 17 Pulver dubbel.

Bilaga 5 Enkät: respondenter

System	Räddninsgtjänst	Kontaktperson	Bortfall (%)
Cobra	Räddningstjänsten i Bollnäs kommun	Torbjörn Wannqvist	
	Södra Älvsborgs räddningstjänstförbund	**Krister Palmqvist**	
	Räddningstjänsten Gislaved Gnosjö	**Roger Emanuelsson**	
	Räddningstjänsten Mjölby	**Torbjörn Karlsson**	
	Sörmlandskustens räddningstjänst	**Jörgen Englund**	33
	Räddningstjänsten Smedjebacken	Kent Jonasson	
	Räddningstjänsten i Enköping och Håbo kommun	**Krister Eriksson**	
	Räddningstjänsten Dala Mitt	**Jonas Hindsberg**	
	Södertörns brandförsvarsförbund	Klas Sundqvist	
Firexpress	**Södertörns brandförsvarsförbund**	**Kenneth Karlsson**	
	Räddningstjänsten i Bengtsfors kommun	**Svante Ohlson**	
	Räddningtjänsten i Sorsele kommun	**Jan Fransson**	
	Räddninsgtjänsten i Storumans kommun	**Lars-Erik Sundqvist**	
	Räddninsgtjänsten Strängnäs	**Mårten Eskilsson**	20
	Mälardalens Brand- och Räddningsförbund	**Per Vikner och Lennart Andersson**	
	Räddningstjänsten i Öckerö kommun	**Daniel Åström**	
	Räddningstjänsten Östra Kronoberg	**Roland Nordstedt**	
	Räddningstjänsten i Vilhelmina	Tord Pålsson	
	Nerikes Brandkår	Pelle Lindgren	
Oertzen	**Sundsvall-Timrå räddningstjänstförbund**	**Magnus Nymark**	
	Södra Roslagens brandförsvarsförbund	**Hans Blomberg, Joakim Ekholm, Peter Sjöman**	
	SÖRF	**Mats Svensson**	
	Räddninsgtjänsten Lindesberg	**Tommy Larsson**	14
	Räddninsgtjänsten i Norrhälsinge	**Peter Schönborg**	
	Räddningstjänsten Höga Kusten - Ådalen	**Pär Hamrén**	
	Räddningstjänsten i Berg	Bertil Mohlin	
One Seven	**Räddningstjänsten i Østre Toten Kommune**	**Anders Brusveen**	0

Bilaga 6 Enkät: utformning och svar

Upplägg och genomförande

En enkät utformades i syfte att kunna jämföra systemen vad gäller inköpspris, drift- och underhållskostnader, utbildningsbehov mm. Leverantörerna för respektive system kontaktades för att få uppgifter om vilka räddningstjänster som använder systemen. I princip samtliga räddningstjänster som uppgavs av leverantören kontaktades. Bland de kontaktade räddningstjänsterna fanns både större heltidsstationer, mindre heltidsstationer samt deltidsstationer.

Enkätens utformning

Enkäten bestod av nio frågor.

1. Vilken modell(beteckning och antal) av systemet finns inom er organisation?

2. Hur lång erfarenhet har ni inom er organisation av systemet?

3. Vid hur många insatser uppskattar ni att systemet används under ett år?

4. Vilka är de tre vanligaste typerna av insatser som ni använder systemet till?

5. Hur mycket utbildning/övning bedömer ni att man behöver för

    a) grundläggande handhavande och daglig tillsyn av systemet (timmar/person)?
    b) grundläggande strålförarteknik (timmar/person)?
    c) behålla kompetensen som strålförare (timmar/år)?

6. Finns något lägsta krav vad gäller utbildning för att vara berättigad att använda systemet?

7. Hur ofta måste systemet ses över?

8. Vad är drift- och underhållskostnaderna räknat på årsbasis?

9. Andra erfarenheter av systemet

    a) positiva?
    b) negativa?

Sammanställning

Frågeutskicken sammanställdes med uppspaltning av svar på respektive fråga. Sammanställningen delades in efter systemtyp och innehåller svar från samtliga räddningstjänster som deltagit i frågeutskicket.

Oertzen

Sammanställning av svar från respondenter som använder Oertzen.

Respondent 1: Södra Roslagens brandförsvarsförbund

Respondent 2: SÖRF

Respondent 3: Sundsvall – Timrå räddningstjänstförbund

Respondent 4: Räddningstjänsten i Norrhälsinge

Respondent 5: Räddningstjänsten Höga Kusten - Ådalen

Respondent 6: Räddningstjänsten Lindesberg

Fråga 1

1. 1 st Oertzen 250 HDL, med placering på station Vaxholm som är heltid 1+4 dagtid och deltid 1+4 nätter och helger.
2. Oertzen HDL 200 – 22
3. 1 st. Oertzen HDL 250
4. Oertzen HDL 250
5. Oertzen 250 eller 280
6. Oertzen HDL 25032 och vi har bara en.

Fråga 2

1. Cirka 3 år. Cirka 1 år som projekt på heltid station Åkersberga med 1+5. Sedan ca 2 år på Waxholm.
2. Ingen, har ej startat vårt snabbinsatsprojekt
3. Som jag nämnde vid vårat telefonsamtal så är erfarenheten väldigt liten. Vi håller som sagt på att se vid vilka insatser detta system skulle vara optimalt i vår organisation. Detta uppdrag kommer att avslutas under december månad, så det kan vara ”lite tunt” vad gäller svaren från vår sida.
4. 1 år
5. Ca 2 år
6. Ca 3 år

Fråga 3

1. I dagsläget cirka 10-15 insatser
2. Vet ej
3. Detta är omöjligt att svara på eftersom vi inte vet var systemet kommer att placeras i organisationen.
4. Ca 15
5. Ca 4 st på en deltidskår
6. 5-10 st.

Fråga 4

1. Första insats vid i stort sett alla typer av brand, ej rökdykning
2. Ej klart än

3. Vi kommer endast att använda systemet till utvändig släckning då det gäller ”brand i byggnad”. Då kommer vi att borra oss in via fönstret och släcka/begränsa brand i fastigheten. Vi kommer naturligtvis att använda det till andra insatser ex skydda närliggande byggnader vid brand, bilbränder, markbrand etc.
   I dags datum är det ej fastlagt var systemet kommer att vara stationerat. Eventuellt kommer det att bli en mindre enhet på deltidstation eller ev. en liten enhet på dagstyrka (heltid).
4. Initialbränder, gräsbränder och bilbränder
5. Den används på alla typer det är enda vattentillgången på en mindre enhet
6. Bilbrand och utvändigsläckning

Fråga 5a

1. 0-1 timmar/person
2. Grundläggande utbildning 6 timmar är det vi har planerat för.
3. Svårt att svara på men det kommer inte att bli mycket, kanske en utbildningsdag och därefter kontinuerliga övningar.
4. Preparandutbildning, teori 2 tim, praktik 2 tim
5. Det tror jag beror på vilka objekt man övar på riktiga hus eller containers
6. 30 minuter

Fråga 5b

1. 4-6 timmar/person
2. Se ovan
3. Se ovan
4. Preparandutbildning, teori 4 tim, praktik 4 tim
5. Har ej någon uppfattning om detta
6. 30 minuter

Fråga 5c

1. 1-2 timmar/år
2. Vet ej.
3. ??? Förstår inte frågan. Övning kommer att ske kontinuerligt.
4. 1 tim teori, 2 tim praktik
5. 2ggr per/år med värme i olika situationer
6. 30 minuter

Fråga 6

1. Kunna använda systemet, dvs grundläggande stålförarteknik samt uppstart av pump.
2. ??
3. Ja, förmodligen som ovan.
4. Preparandutbildning, teori 2 tim, praktik 2 tim
5. Nej
6. Nej

Fråga7

1. Veckokoll- batterier, allmän koll. Service?
2. Troligen årlig service samband med, när fordonet skall servas.
3. Daglig- och månadstillsyn. Som vi gör med all vår materiel som används operativt.

4. Efter användning, samt service 1 gång / år vid normal drift
5. Ej svarat
6. En gång i halvåret

Fråga 8

1. Driftkostnader är bensinkostnader och det beror på användandet. Underhåll?
2. Ej beräknat.
3. Ca 5000 kr
4. Ca 3000
5. Vet ej men det kan inte vara mycket ev några backventiler för skummet
6. Låga kan ej precisera

Fråga 9a

1. Flexibelt, lätthanterligt, snabb uppstart, liten vattenmängd, tar liten plats.
2. Förhoppningsvis blir det positivt, utbildning påbörjas under nästa vecka.
3. Lätthanterligt och smidigt.
4. Snabbhet, rörlighet, möjlighet att fördröja brandförloppet i väntan på förstärkning, mindre vattenskador.
5. Lite vatten stor släckeffekt i täta ytrymmen
6. Inga

Fråga 9b

1. Driftsäkerheten, slangen kan nypa vid hörn
2. Inget svar
3. Begränsningen. Går ej att släcka en rumsbrand utifrån då ett fönster har krossats och branden får tilluft.
4. Inte godkänd som säkert vatten vid rökdykning
5. frysrisk
6. Inga

Firexpress

Sammanställning av svar från respondenter som använder systemet Firexpress

Respondent 1: Räddningstjänsten i Sorsele kommun

Respondent 2: Räddningstjänsten i Storumans kommun

Respondent 3: Räddningstjänsten i Bengtsfors kommun

Respondent 4: Räddningstjänsten Strängnäs

Respondent 5: Räddningstjänsten i Öckerö kommun

Respondent 6: Mälardalens Brand- och Räddningsförbund

Respondent 7: Räddningstjänsten Östra Kronoberg

Respondent 8: Södertörns brandförsvarsförbund

Fråga 1

1. 1 st. Fire Express
2. Fire express, tank 360L. Vi har en utrustning men avser skaffa en till nästa år.
3. 1 st Firexpress Serie A1-41 07

4. Vi har en anläggning av typen Firexpress PDU med 180 liters tank. Den är monterad på en pickup av typen Mitsubishi L 200 och bilen är placerad på deltidskåren i Mariefred
5. 1 st Firexress monterad på en mindre enhet som går på brandvärnet på Grötö.
6. 4 st Fire Express
7. 1 st Firexpress. Tyvärr vet jag inte beteckningen på den.
8. Vi har 5 st bilar med Firexpress. På dessa bilar har vi 400 l vatten samt 100 m slang och 40 m extra slang. Vi har även 2 st skumtankar med vardera 12 l skumvätska. Den ena innehåller A-skum och den andra AR-FFF

Fråga 2

1. 1 år
2. Togs i bruk våren 2006.
3. Ca: 2 år
4. Systemet togs i drift under sommaren 2007 och vi har därför inte hunnit använda det speciellt mycket.
5. Den är inköpt under våren 2007
6. Sedan 2007-01-01 ett aggregat. Sedan hösten 2007 totalt fyra aggregat.
7. Drygt tre år
8. I ca 4 år

Fråga 3

1. 5-10 insatser
2. 5-10 st
3. 2-3 st insatser
4. Jag skulle gissa att släckanläggningen kommer att användas 20-25 gånger per år.
5. Den har ej används vid skarpt läge ännu, men kommer nog att användas till max 5 insatser per år. (Grötö har inte mer än ca 10 larm per år)
6. Uppskattningsvis ca. 10 ggr.
7. Då aggregatet är monterat på ett räddningsvärns bil används det inte mer än 2-3 ggr/år
8. Runt 300 gånger per år räknat på 5 st bilar

Fråga 4

1. Bilbränder, bygdebränder, skogsbränder
2. Bilbränder, säkring vid trafikolyckor
3. Bränder i fordon och gräsbränder
4. Förstainsats vid brand i fasader, gräsbrand och bilbrand. Anläggningen är placerad i Mariefred för att leva upp till förslag enligt den brandskyddsinventering som gjorts i Mariefreds innerstad. Där pekades på behov av en liten enhet för att ta sig in i trånga gränder.
5. Är tänkt att användas till alla typer av bränder men framför allt brand i byggnad, gräsbränder och båtbränder.
6. Förrådsbrand. Lägga begränsningslinje i ett tidigt skede för att hindra brandspridning. Bilbrand. Dessa bedömningar är mer statistiskt utfall
7. Bilbrand, brand i terräng, brand i byggnad
8. Mindre markbränder, + container. Bilbränder. Lägenhetsbränder, typ torrkokning

Fråga 5a

1. 2 tim/pers
2. Svårt att säga men underhållet är mycket viktigt. Utrustningen är mycket känslig för

störningar (skräp, läckage etc.) . Om det strular under insats ligger det nära till att man har alldeles för många kranar och spakar att pröva. Behovet av underhåll och tillsyn är betydligt större än för traditionella motorsprutor.

3. 2 tim/person
4. 2 timmar per person
5. 2 timmar/person
6. 2 timmar
7. Under förutsättning att man har grundläggande brandmannautbildning tror jag att man kan hantera systemet på ett effektivt sätt vid brandsläckning utomhus
8. Två dagar per person, i dessa två dagar inkluderas grundläggande strålförarteknik.

Fråga 5b

1. 2 tim/pers
2. 4 - 6 timmar. Man bör ha vissa grundläggande brandmannakunskaper t.ex. kunna läsa brandgaser, kunna tolka rökens utseende m.m. innan man börjar använda utrustningen.
3. 1 tim/person
4. 1 timme per person
5. 4 timmar
6. 2 timmar
7. Ingår i ovanstående
8. -

Fråga 5c

1. 2 tim/år
2. 2-4 tim/år
3. 1 tim/år
4. 1 timme per person och år
5. 2 timmar
6. 0,5 timmar
7. 2 timmar × 2 tillfällen
8. Vid de tillfällen varma rökövningar görs, övas strålförartekniken (2 ggr/år). Vidare övas även strålförartekniken vid skarpa lägen.

Fråga 6

1. Nej
2. Se 5b
3. Grundutbildning
4. Nej, inte i vår organisation. De som fått en genomgång av systemet får också använda det.
5. Nej, men inom vår organisation så utbildar vi personalen 4 timmar per/år
6. Nej
7. ?
8. Ja det finns det. Man ska kunna hela systemet från motor till pumpenhet samt kunna hantera släcksystemet.

Fråga 7

1. Varje månad
2. På en liten kår som denna bör man köra systemet minst en gång i månaden.
3. Efter varje användartillfälle

4. Jag har ingen uppfattning eftersom anläggningen är så ny. Den skall kollas vid veckotillsyn (gäller funktion) och ses över årligen av vår reparatör.
5. Vi servar/ser över det 1 gång i månaden.
6. Översyn och provkörning varje vecka. Pumpservice en gång per år.
7. Vi har hittills inte gjort någon riktig service. Efter att systemet setts över och återställts efter insats, har det sedan fungerat klanderfritt på följande insatser.
8. Ca. 3 gånger per år. Vi uppgraderar hela tiden om vi stöter på några fel. Det har varit väldigt lite problem

Fråga 8

1. 2000-3000/år
2. Oräknat servicepersonalens arbetstid borde kostnaden vara ganska låg. Det handlar mest om att spola rent och liknande.
3. ??????????????????
4. De är försumbara enligt vad jag kan förstå hittills. Det kan jämföras med elverken eller högtryckstvätten i tvätthallen.
5. För tidigt att säga.
6. Ca. 1000kr. Då ingår byte av olja och tändstift.
7. De enda kostnaderna vi haft är för drivmedel (bensin) samt skumvätska
8. Vanlig service samt små reparationer ca 12 000 kr per år räknat på 5 st bilar.

Fråga 9a

1. Snabb insats
2. Imponerande effektivitet när det används rätt. Relativt lättskött. Troligen bra att ha på räddningsvärn.
3. Snabbt att få fram vatten / skum. Smidigt att använda vid gräsbränder pga. 60 m slang (Firexpressen sitter på vår tankbil)
4. Lätt att lära sig och använda men i övrigt för tidigt att uttala sig.
5. Rent släckmässigt vet vi ju inte än, men vi hoppas på bra resultat (vilket tester visar på). Det är ett mycket lätt använt system och det drar lite vatten vilket är ypperligt att ha på ett brandvärn där de måste vänta tills förstärkning anländer.
6. Fungerat väl vid de insatser vi har haft. Brand i cykelförråd. Brand i förråd där aggregatet användes för att hindra branden från att sprida sig till intilliggande byggnad. Lätthanterligt och förhållandevis låg vikt . Kulan på lansen möjliggör krossning av glasruta. Lätt att växla till skum.
7. Effektivt släcksystem i förhållande till sin ringa storlek. Låga underhållskostnader.
8. Väldigt lite problem med Firexpressen. Kombinationen med skumkörning ger mycket bra resultat. Övrigt positiva erfarenheter.

Fråga 9b

1. Begränsad effektivitet
2. Man bör ha rimliga förväntningar på vad systemet klarar av. Vi har kunnat öva vid två tillfällen vid husbränningar och det var synnerligen lärorikt. De husbränder man kan släcka är ganska begränsade men däremot att använda det som vi gör, på en framskjuten enhet, för att begränsa/fördröja ett brandförlopp i väntan på de större brandbilarna är mycket effektivt. Om det ska användas utanför tätort bör man välja den större vattentanken.
3. Magnetventil till skumtanken har hängt sig en gång i öppet läge.
4. Inga hittills.
5. Inga hittils, men skulle kunna tänka mig att det kan ha för lite effekt på fullt utvecklade bränder.
6. Det krävdes särskilda installationer och intyg för fast montage i våra Caddy-bilar som vi inte var förberedda på.

7. Personalen vid räddningsvärnet upplever det som ”frustrerande” att inte ha någon ”riktig” brandbil. (Trots detta har det enligt min bedömning inte inträffat att man ”kommit till korta” pga att man endast haft denna lätta utrustning)
8. Lansen (strålröret) är lite klumpigt. I övrigt kan jag inte komma på något negativt.

Cobra

Sammanställning av svar från respondenter som använder Cobra

Respondent 1: Räddningstjänsten Dala Mitt

Respondent 2: Räddningstjänsten i Gislaved (Burseryd)

Respondent 3: Sörmlandskustens räddningstjänst (Nyköping)

Respondent 4: Räddningstjänsten Öckerö

Respondent 5: Räddningstjänsten Mjölby

Respondent 6: Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund

Fråga 1

1. 3 st Cobror placerade på släckbilar. Drivs av bilarnas kraftuttag. År 2004/2005 tror jag.
2. CCS-COBRA . SKÄRSLÄCKARE på 2 st Mercedes Sprint 316 CDI. Har även skuminjektor
3. Skärsläckare CCS cobra. 3 stycken
4. 1 st Cobra skärsläckare monterad på en mindre enhet för snabb insats, kallad Räddningsenhet inom vår organisation.
5. Totalt finns 2 i Mjölby kommun. Hävare heltid Mjölby, Mercedes-sprint deltid Skänninge.
6. 5 st hydrauldrivna sk H300 originalutförande. 1 st E 300

Fråga 2

1. Varierande då vi har två enheter på heltidskårerna och en enhet på en deltidskår.
2. 2.5 år i tjänst
3. 7 år
4. Har haft den sedan våren 2002
5. Vi har haft vårt system på hävaren sedan 2001. Sprint sedan 2005.
6. 7 års erfarenhet

Fråga 3

1. 10-20 st i hela förbundet.
2. Ca 20-25 larm om året
3. Ca 10 st
4. Vi är ju en liten station med inte alltför många larm, ca 250 per år inklusive IVPA (ca hälften) Uppskattningsvis så används den på ca 5-10 larm per år.
5. Svårt att uppskatta men ca: 1 – 5 g/år
6. 20-40 insatser per år. Antalet har ökats vartefter erfarenheterna har infunnit sig.

Fråga 4

1. Bränder som är ventilationskontrollerade. Begränsning av brandspridning i tak/vind. Skapar säkrare angreppsväg för rökdykarinsats.
2. Punktering, kylning av heta brandgaser. Släckning i rörsystem. Trossbottnar och mellanvägar.
3. Övertändning/kylning. Dold brand. Begränsning.
4. Den används i princip bara till brand i byggnad och brand i båt/fartyg.
5. Jag kan ej påstå att vi har använt den till varken kyla brandgaser/sänka temperatur. Men vår tanke är att använda detta verktyg för att göra dessa moment i huvudsak. Nackdelen

som jag se är att vi har handlansen på fel fordon, (hävare).

6. Översiktligt dolda bränder är rikt representerade. Tak- och vindsbränder. Dolda bränder i väggar och golvkonstruktion. Kyla brandgaser under pågående brand i små och stora utrymmen.

Fråga 5a

1. Cirka 8 timmar
2. 10 – 12 timmar
3. 4 timmar
4. 2 timmar
5. 8 tim/år och person, uppdelat på två tillfällen.
6. Grundutbildning 16 timmar fördelat på år 1. Uppstartsutbildning 4-6 timmar, därefter periodförlagt: grund/skärning /taktik /brand/säkerhet/ osv.

Fråga 5b

1. Cirka 4 timmar
2. Ca 10 timmar
3. 4-6 timmar
4. 16 timmar
5. 4 tim/år och person, uppdelat på två tillfällen.
6. Ca 2-3 timmar teknik samt tillämpad brandbekämpning.

Fråga 5c

1. Cirka 2,5 timmar per år.
2. Ca 10 timmar utveckla säkerhetstänkande
3. 1 timme
4. 8 timmar
5. Min personliga åsikt är att man bör ha dessa 12 tim för att kunna hantera handlansen på ett säkert sätt.
6. 4-6 timmar

Fråga 6

1. Ja, i Dala Mitt har vi en lägsta nivå som samtliga skärsläckaroperatörer skall uppnå. En internutbildning samt krav på repetition varje år.
2. Grundutbildning
3. Säkerhetsföreskrifter
4. Inom vår organisation så är det totalt ca 8 timmar per år vi utbildar på skärsläckaren. Samtliga måste delta i utbildningen.
5. Nej
6. Ca 8 timmars basutbildning

Fråga 7

1. Oftare än vad CCS tror. Dvs gärna minst en gång per år för att bibehålla driftsäkerheten från leverans. ”Daglig tillsyn” efter varje användning.
2. Servas 1 gång/år
3. Service: 1 gång/år. Månadskontroll: 12 gånger/år
4. Vi servar vid behov samt ca 1 gång per år.
5. En gång/år
6. Koll varje arbetspass. Ses över 1 ggr i veckan. Serviceperiod (varierat innehåll) beroende på

frekvens i användandet. 6 mån alternativt 1 ggr per år.

Fråga 8

1. 15000 - 25 000 kr/år och enhet uppskattningsvis.
2. Vet ej
3. Service ca 10 000 kr/enhet. Slang och ev. annan slit mtrl ca 30 000 kr.
4. Ca 5000-10000
5. Service 6000 kr samt 3000 kr abrasiv som man använder vid skärning . Jag har uppskattat detta dels på utryckning samt utbildning per år.
6. 2000-4000:- kronor (varierar stort) pga. frekvens per anläggning och fordonsplacerad utrustning.

Fråga 9a

1. I sitt rätta användningsområde är det ett bra verktyg. Snabb uppstart på brandplats.
2. Lien, snabb och flexibel enhet. Kyler – släcker snabbt och säkert utifrån. Skummet förlänger tiden till återantändning samt markerar när det är fullt i trossbotten. Vid brand är vi en egen styrka som gör bedömning vad vi kan göra.
3. Bara positiva. Detta är ett utmärkt verktyg i vår verktygslåda som fungerar bättre ju mer i vi använder den.
4. Mycket bra hjälpmedel vid invändig släckning utifrån, brandbegränsning, dolda bränder, bränder i svåråtkomliga utrymmen, bränder i båtar, vindsbränder, brand i källare. Använd vid rätt tillfälle är det en överlägsen metod.
5. Jag har ej använt skärsläckaren skarpt. Mina kollegor har använt denna vid glödbränder i trossbotten, brand i vägg, med positiv effekt.
6. Har under åren ökat användningen stort.

   Slående stor effekt där traditionell brandsläckningsutrustning kommit till korta.

Fråga 9b

1. Driftsäkerheten har varit väldigt dålig på 2 av enheterna. Det påverkar pålitligheten vilket gör att den inte kommer till användning så ofta! Omständigt att fylla abrasiv.
2. Öppen eld. Stora utrymmen
3. Att folk inte förstår hur bra detta system är i kombination med övriga.
4. Inte direkt negativa, men det kräver en hel del utbildning i handhavande i och med att den kan vara farlig att använda på fel sätt.
5. Nej!
6. Det har tagit tid att lära sig vad metoden har sin fulla effekt samtidigt med att förstå begränsningen. Erfarenheten har fått erhållas från oss själva. Dvs ingen hyllvara.

One Seven

Sammanställning av svar från respondenter som använder systemet One Seven 1200 E

Respondent 1: Räddningstjänsten Østre Toten Kommune

Fråga 1

1. ONE SEVEN OS 1200 E, montert på en mannskapsbil for 4 personer, Ford F450.

Fråga 2

1. 1,5 år

Fråga 3

1. 15-25 insatser

Fråga 4

1. Brann i bygning, bilbrann og annen brann(gressbrann, brann i søppel, trevirke, olje, bensin, parafin, bildekk, el-kraft m.m..)

Fråga 5a

1. 7,5 time(1 dag).

Fråga 5b

1. 4 timer

Fråga 5c

1. 8 timer

Fråga 6

1. Nei

Fråga 7

1. Ettersyn/test 1 gang pr. uke. Service 1 gang pr. år.

Fråga 8

1. Skumkostnad ca. 6 500,- nok, inkl. merverdigavgift.

Fråga 9a

1. Mengde slokkemiddel på liten bil, 8000 L.
   Mindre vannforbruk.

   Nok slokkemiddel i utkant strøk.

   Effektivt, brannen slokkes raskere enn med vann.

   Lavere kostnader ved utrykninger, vi bruker mindre tid

   God kjølende effekt.

   Ingen vanndamp som påvirker mannskapene.

   Større sikkerhet for mannskapene.

   Mer effektiv slokking fra utvendig posisjon.

   Kastelengde på inntil 25 meter.

   Lette brannslanger, mest luft i slangen.

   Effektivt for å begrense brann mot nabobygninger.

   Unngår "oversvømmelse" av vann i rom/bygning.

   Miljøvennlig, 95 % brytes ned innen 14 dager.

   Nok med førerkort klasse C.

   Eksempel:

   Ved å redusere tidsbruk på en bygningsbrann fra 40 timer til 25 timer så vil regnestykket bli som følger:

   40 timer, kostnad kr. 12 000,-

   25 timer, kostnad kr. 7 500,-

   Sparte lønnskost. Kr. 4 500,-

   Kostnad skum Kr. 2 160,- (96 000 L slokkemiddel og 36 L skum)

   Netto gevinst Kr. 2 340,-

Fråga 9b

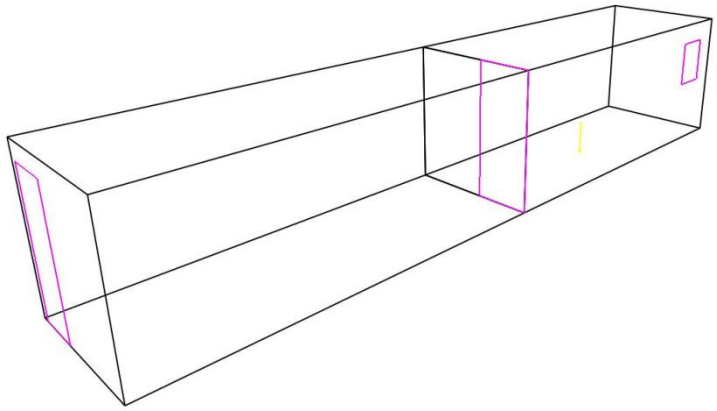
1. Helt nytt, og ukjent i Norge, vi er de første som har tatt i bruk systemet i Norge.
   Ukjent firma i startfasen, men dette har ikke vært noe problem i fortsettelsen, meget god service og oppfølging.

Bilaga 7 Beräkning av maximal effektutveckling i rummet

När släckningen påbörjades slog flammor ut ca 1 m. från fönstret vilket tyder på att branden vid denna tid var ventilationskontrollerad. För att uppskatta maximal effektutveckling vid ventilationskontroll, gjordes beräkningar i programmet CFAST. Effektutvecklingen som erhölls genom denna beräkning jämfördes med handberäkningar för att jämföra resultatet.

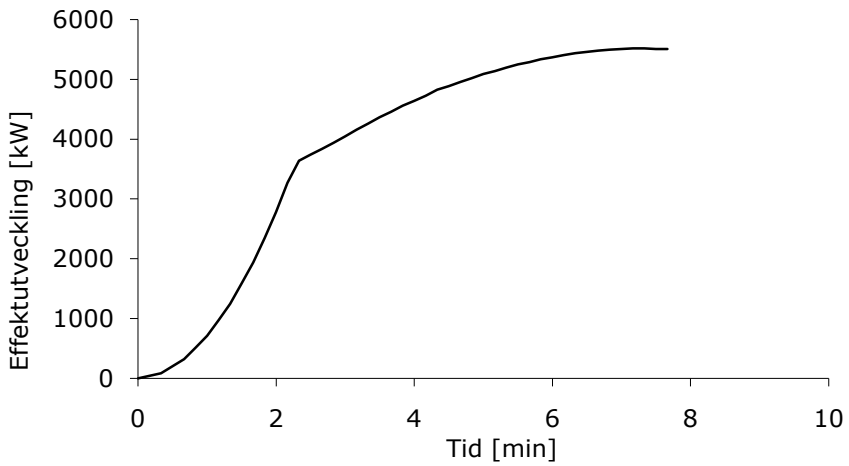
CFAST

Geometrin ritades upp i programmet (Figur B-7.1).



Figur B-7.1. Geometri i CFAST

En effektutvecklingskurva skapades med en mycket hög maximal effektutveckling. Avsikten med den höga effektutvecklingen var att branden inte skulle kunna bli bränslekontrollerad, utan ventilationskontrollerad. Syftet med beräkningen var att endast uppskatta maximal effekt vid ventilationskontroll i rummet, vilket medförde att valet av αt^2-kurva var ointressant. Resultatet av simuleringen i CFAST redovisas i Figur B-7.2.



Figur B-7.2. Effektutveckling vid simulering.

Tidsaxeln är i detta fall ointressant. Beroende på val av konstanten α, kommer tiden till maximal effektutveckling variera. Resultatet tyder på att en maximal effektutveckling på 5,5 MW kan utvecklas i rummet förutsatt att fönster och dörr är öppen.

Handberäkning

Beräknas maximal effektutveckling i rummet med hjälp av handberäkningsmodell (Karlsson & Quinitiere, 2000), erhålls en effekt på knappt 4 MW. Nedan redogörs för beräkningar och antaganden:

- En fullt utvecklad rumsbrand är ventilationskontrollerad (Karlsson & Quinitiere, 2000)
- Förbränning av 1 kg syre ger 13,2 MJ
- 23 mass% av luften är syre

Utifrån dessa förutsättningar, kan en maximal effektutveckling beräknas enligt:

$$\dot{Q} = 1.518 \times A_0 \times \sqrt{H_0} \text{ , där } A_0 = Arean\ på\ öppningen$$

$$H_0 = Höjden\ på\ öppningen$$

Denna beräkningsmodell är endast giltig för ett utrymme med en öppning. Om endast dörren används som tilluftsöppning kan den maximala effektutvecklingen beräknas till ungefär 3,3 MW. Används endast fönstret som tilluftsöppning blir effektutvecklingen knappt 0.7 MW. Summeras dessa erhålls en effektutveckling på 4 MW.

Rimlig maximal effektutveckling i rummet kan alltså uppskattas till mellan 4 och 5,5 MW.