

Brandskydd i samband med landförvaring av fritidsbåtar

***Carl-Henrik Holmgren
Anders Lundblad***

**Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet**

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

Report 5295, Lund 2009

Brandskydd i samband med landförvaring av fritidsbåtar



**Carl-Henrik Holmgren
Anders Lundblad**

Lund 2009

Titel

Brandskydd i samband med landförvaring av fritidsbåtar

Title

Fire protection concerning dry storage of recreational boats

Författare

Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad

Report 5295

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5295—SE

Number of pages: 71

Keywords

Boat fire, recreational boat, boat storage, dry stack storage, glass fibre reinforced polyester.

Sökord

Båtbrand, fritidsbåt, båtförvaring, hyllförvaring, glasfiberarmerad polyester.

Abstract

Recent events have shown that a fire in a boat storage facility may result in severe damages regarding health, economic values and the environment. The Swedish guidelines in this area are rather old and since the boating industry has evolved in the last decades an overhaul might be needed. This report has especially validated the recommended safety distances between groups of boats. Furthermore this report has contributed with other relevant measures in order to reduce the risk of a serious fire in a dry boat storage facility.

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund 2009.

Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

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>

Telephone: +46 46 222 73 60

Sammanfattning

Statens brandnämnd gav 1983 ut skriften *Brandsyn i hamnar och på uppläggningsplatser för fritidsbåtar*, i vilken brandskyddsrekommendationer anges. Bland annat anges hur breda brandgatorna bör vara på uppläggningsplatser utomhus. Sedan 1983 har inga nya regler eller rekommendationer getts ut gällande landförvaring av båtar. Dessutom är delen om landförvaring, framförallt inomhusförvaring, inte särskilt detaljerad i ovan nämnda skrift.

Såväl fritidsbåtarna som förvaringsmetoderna har utvecklats sedan 1983. Från tidigare erfarenheter framgår det att bränder på uppläggningsplatser såväl inomhus som utomhus kan få omfattande konsekvenser för liv, egendom och miljö. Denna rapport syftar därför till att undersöka om rekommendationerna fortfarande är giltiga samt undersöka hur brandskyddet på svenska uppläggningsplatser för fritidsbåtar kan förbättras.

En litteraturstudie har genomförts för att få idéer och hitta relevant information. Tyvärr är området relativt utforskat och mängden data är därför begränsad. Som en följd av detta har ett antal brandförsök genomförts i vilka bitar från en plastbåt har provats i såväl stor som liten skala.

Med hjälp av data från försöken och den information som samlats in i litteraturstudien utfördes beräkningar på den strålningsintensitet som flammorna från en brinnande båt utsätter en båt på andra sidan av de rekommenderade brandgatorna för. Genom att jämföra dessa beräkningar med uppmätta antändningskriterier dras slutsatsen att **de rekommenderade avstånden från 1983 är tillräckliga**.

Avståndsrekommendationerna gäller enbart utomhusförvaring. Vid förvaring inomhus är det av ekonomiska skäl praktiskt taget omöjligt att hålla sådana avstånd då det skulle kräva mycket stora byggnader. Brandskyddet måste därför upprätthållas på något annat sätt. Efter att ha granskat gällande sprinklerregler drar författarna slutsatsen att en sprinkleranläggning bör vara ett utmärkt alternativ för detta. Byggnaden bör också vara försedd med ett automatiskt detektions- och larmsystem.

Bland övriga åtgärdsförslag kan nämnas att tillgång på släckvatten måste kunna garanteras året om då bränderna ofta kan bli intensiva och släckningsarbetet långvarigt. Fritidsbåtarna bör också, innan uppläggningsplatsen godkänns, inspekteras av ansvarig på förvaringsanläggningen för att kontrollera att diverse riskkällor har avlägsnats från båten.

Summary

In 1983 a report was written by the Swedish authority Statens brandnämnd regarding fire protection in marinas and boatyards. The report included recommendations about how recreational boats should be stored properly during off-season. For example, a number of fire safety distances between groups of boats were suggested concerning outdoor storage. No new rules or recommendations have been created since 1983. Furthermore, the report mentioned earlier is not very detailed when it comes to storage, in particular indoor storage, of recreational boats.

Both the recreational boats and the storage methods have developed over the last 25 years. Recent events have shown that fires in areas or buildings for dry storage of boats could have severe effects on human life, economy and the environment. This report will therefore examine if the safety distance recommendations in the Swedish report from 1983 are still reliable and investigate if further fire prevention improvements can be made.

A wide study of relevant literature has been made, which provided the authors with ideas and necessary fundamental information. Unfortunately, it has been discovered that this area is not very well scientifically explored, resulting in a lack of qualitative material. This has led the authors to perform fire tests on their own, testing both large and small parts of a plastic boat.

The data gathered from these tests have been combined with information obtained from the literature study, which makes it possible to perform calculations regarding if the fire safety distances in the earlier mentioned report from 1983 are acceptable. The calculations show that **the recommendations are valid**.

The fire safety distances are only applicable when it comes to outdoors storage of boats. Storage indoors can, mostly due to economic reasons, hardly be restricted by the same recommendations. The general fire protection in indoor premises must for that reason be maintained in other ways. After studying relevant Swedish sprinkler regulations, the authors can conclude that a sprinkler system is an excellent choice for these types of buildings. The buildings should also be equipped with an automatic fire detection and alarm system.

Among other suggestions, access to water for fire extinguishing is considered to be vital, since a fire in an indoor boat storage often reach high intensities which could make the effort from the fire department prolonged. The recreational boats should also be examined by fire protection educated personnel at the establishments where the boats are placed, to make sure that fire hazardous materials are removed prior to dry storage.

Erkännanden

Vi har under arbetets gång haft nöjet att få samarbeta med ett flertal personer. Alla har på ett eller ett annat sätt hjälpt till med sina kunskaper, praktiskt och/eller teoretiskt.

Vi vill därför tacka:

Patrick van Hees, professor vid LTH, har genom sitt stora engagemang för vår sak bidragit med hjälp på många olika sätt. Han har bland annat stött oss i vårt arbete med de praktiska laboratorieförsöken, likaså hjälpt till med beräkningstekniska problem som har uppstått på vägen. Han har under arbetets gång alltid ställt upp med tid för diskussioner och frågor.

Thomas Nilsson och Stefan Svensson, båda från räddningsskolan i Revinge, har hjälpt till vid ett av våra laboratorieförsök. Herrarna ställde upp med kort varsel och hjälpte oss i mycket stor utsträckning med arbetet i Revinges brandlaboratorium. Även hjälp med tolkning av resultaten från försöket erhöles från deras håll.

Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör vid LTH, hjälpte oss med det försök som genomfördes i en konkalorimeter. Även han ställde upp med kort varsel.

Björn Albinson, brandingenjör vid före detta SRV och nuvarande MSB, uttryckte tidigt intresse för det som skulle komma att bli denna rapport och har allt eftersom arbetet fortskridit kommit med värdefulla kommentarer.

Till sist vill vi tacka alla representanter från de räddningstjänster som vi har varit i kontakt med runt om i landet, samt andra personer på olika myndigheter och organisationer som har svarat på frågor!

Lund i Mars 2009

Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad

Ordlista

Durk – Golvet i en båt.

Däck – Båtens horisontella yta.

Fender – Föremål som hängs ut från båten, avsedd att skydda båtens sidor vid tilläggning och förtöjning. Ofta av plast.

Fot – Längdenhet motsvarande 0,3048 meter. Vanligt förekommande vid längdangivelser för fritidsbåtar.

Fritidsbåt – Båt som ej är avsedd för yrkestrafik.

Harts – Bindemedel som används i kompositmaterial.

Hyllförvaring – Förvaring av båtar, staplade i höjdled, i speciellt utformade hyllsystem. (Se Figur 4)

Lagringsblock – Den maximalt tillåtna ytan för sammanhängande lagring vid golvförvaring enligt SBF 120:6.

Sandwichelement – Konstruktion uppbyggd av flera lager av olika material.

Skrov – Sidorna och botten på en båt.

Trailer – Båtkärra.

Tågvirke - Annat namn för rep, tross och lina.

Uppläggning– Förvaring av fritidsbåt på land.

Uppläggningsplats – Yta avsedd för att under en längre tid landförvara en fritidsbåt.

Vagga – Ställning som håller båten upprätt under landförvaring.

Innehåll

1	INLEDNING	1
1.1	Syfte och mål	1
1.2	Avgränsningar	1
1.3	Disposition	2
2	METOD	3
3	BAKGRUND	4
3.1	Svenskt båtliv	4
3.2	Tillverkningsmaterial vid byggnation av båtar	5
3.3	Uppläggningsmetoder	8
3.4	Brandskyddsproblematik vid uppläggning	9
4	STANDARDS, REGLER OCH REKOMMENDATIONER	11
4.1	Statens brandnämnd	11
4.2	NFPA	14
4.3	Finska Sjöfartsverket	15
4.4	Boverkets byggregler	15
4.5	Svenska Brandskyddsföreningen	17
4.6	Försäkringsbolag	18
5	FALLSTUDIER	19
5.1	Brand i Göteborg 5-7 april 2008	19
5.2	Brand i Nacka 12-13 januari 2008	21
5.3	Brand i Rönneäng, Tjörn 23 februari 2004	22
6	BRANDTEKNISKA FÖRSÖK	24
6.1	Försök utförda av Andrew T. Grenier	24
6.2	Försök utförda av författarna	26

7	BERÄKNINGAR	30
7.1	Beräkning av effektutveckling	30
7.2	Beräkning av strålningsintensitet	32
7.3	Beräkningsresultat	35
7.4	Antaganden, osäkerheter och kortfattade kommentarer	35
8	DISKUSSION	37
9	SLUTSATSER	40
10	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	41
	REFERENSER	43
	BILAGA A: RESULTAT FRÅN REVINGEFÖRSÖKEN	48
	BILAGA B: FÖRENKLADE MÅTT PÅ FÖRSÖKSBITARNA	58
	BILAGA C: BERÄKNINGAR	59

1 Inledning

Det finns i Sverige inga tydliga lagar eller regler som anger hur fritidsbåtar ska förvaras på land förutom avståndsangivelser i en skrift från Statens brandnämnd (1983, s. 7-11).

Uppläggningsmetoderna har utvecklats sedan dess och det är därför önskvärt att brandriskerna vid vinterförvaring av fritidsbåtar lyfts fram, samt att förslag ges som kan förhindra brandspridning under sådan förvaring (Räddningsverket 2008a). Fritidsbåtar förvaras idag såväl inomhus som utomhus, i vissa fall även i speciella hyllsystem. Det sistnämnda skapar förutsättningar för en snabb brandspridning i såväl höjd- som sidled.

Båtmarknaden har vuxit kraftigt sedan 1983 och idag uppskattar Båtbranschens Riksförbund, Sweboat, att det finns ungefär 718 000 fritidsbåtar av olika slag i Sverige (Sweboat 2007, s. 4). Ett stort antal av dessa båtar placeras på land under delar av året, främst under vintern.

Det är mycket stora ekonomiska värden som kan gå förlorade i samband med en brand på en uppläggningsplats utomhus eller i en lokal för inomhusförvaring av fritidsbåtar. Om de allra minsta båtarna i Sverige undantas uppskattas snittvärdet för en fritidsbåt till cirka 135 000 kr. Under 2006 importerades fritidsbåtar till ett värde av 1,6 miljarder kronor (Sweboat 2007, s. 9).

I huvudsak utgör inte uppläggningsplatsen någon större personrisk ur brandsynpunkt, men enligt till exempel Statens brandnämnd (1983, s. 5) innebär detta inte att personrisken kan negligeras med tanke på de möjliga konsekvenser som en brand kan medföra.

Även ur miljösynpunkt är det önskvärt att förebygga bränder på uppläggningsplatser. Byggnadsmaterialet i fritidsbåtar är ofta fiberarmerade plaster och dessa skapar vid brand stora mängder giftiga brandgaser. Räddningstjänstinsatserna i samband med båtbränder på land kan också bli långvariga vilket medför stora mängder släckvatten som kan behövas tas om hand.

En brand på en uppläggningsplats kan alltså få konsekvenser för både liv och miljö samtidigt som stora ekonomiska värden går förlorade.

1.1 Syfte och mål

Denna rapport ska främst undersöka om avståndsangivelserna i Statens brandnämnd (1983, s. 7-11) gällande uppläggning utomhus fortfarande kan anses vara giltiga. Rapporten ska också undersöka hur båtar bör förvaras inomhus samt vilka brandskyddsåtgärder som kan vara nödvändiga för att minimera risken för branduppkomst och brandspridning mellan fritidsbåtar som förvaras på land. Resultaten kan fungera som grund för nya rekommendationer från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB), som underlag för räddningstjänstens och försäkringsbolagens förebyggande arbete samt som stöd till fritidsbåt- och anläggningsägare.

1.2 Avgränsningar

Rapporten kommer endast att behandla fritidsbåtar upp till tolv meter. Om det inte uttryckligen framgår annat i texten innebär begreppet "båt" att det är en fritidsbåt som avses. Enbart problematiken kring landförvaring av fritidsbåtar kommer att beaktas. Inget försök görs därmed att dra slutsatser om brandskyddskrav i exempelvis båthamnar, även om rapportens resultat kan tänkas appliceras inom det området.

1.3 Disposition

Rapporten är uppbyggd enligt följande:

- **Kapitel 2.** Kort beskrivning av den metodik som använts under arbetet med denna rapport.
- **Kapitel 3.** Båtlivet i Sverige presenteras med hjälp av information från Statistiska Centralbyrån. Det redovisas bland annat hur många båtar som finns i Sverige och vissa tillhörande ekonomiska aspekter.

En grundlig genomgång av vilka material som dagens båtar är tillverkade av presenteras samt vilka brandtekniska, kemiska och toxikologiska egenskaper det mest förekommande tillverkningsmaterialet kan ha.

En redogörelse för de uppläggningsmetoder som förekommer i Sverige presenteras och exempel ges på var dessa platser för landförvaring finns.

En del av den brandskyddsproblematik som kan uppstå i samband med landförvaring av båtar anges.

- **Kapitel 4.** Reglementen och standarder inom området introduceras, bland annat de idag befintliga svenska rekommendationerna gällande landförvaring av båtar.
- **Kapitel 5.** Några fallstudier av bränder från senare år relaterade till landförvaring av båtar presenteras. Även företrädare från berörda räddningstjänster uttalar sig.
- **Kapitel 6.** Redogörelse över brandtekniska försök genomförda inom ämnesområdet. Dels presenteras en amerikansk rapport relativt grundligt, dels presenteras två försök genomförda av författarna.
- **Kapitel 7.** Samtliga använda beräkningsmetoder, modeller, värden, och antaganden presenteras och motiveras, likaså beräkningsresultaten.
- **Kapitel 8.** Den kunskap som erhållits under arbetet med rapporten diskuteras och utvecklas. Dessutom efterlyses vidare forskning.
- **Kapitel 9.** De åtgärdsförslag som författarna lämnar presenteras.

2 Metod

En inledande litteraturstudie har undersökt hur fritidsbåtar vinterförvaras i Sverige idag. Detta har kompletterats genom kontakt med berörda parter såsom olika räddningstjänster, Svenska Båtunionen och försäkringsbolag. Vidare har såväl svenska som utländska regelverk för uppläggning av fritidsbåtar undersökts i syfte att skapa underlag för nya rekommendationer avseende brandskyddet på svenska uppläggningsanläggningar. Tidigare brandförsök med tillverkningsmaterial från fritidsbåtar har också granskats samt litteratur om vilka material som används vid byggandet av en fritidsbåt. Några tidigare olyckor inom området har också studerats.

Efter litteraturstudien har brandförsök med större bitar från en fritidsbåt genomförts. Under försöken uppmättes massavbrinningen från de brinnande bitarna. Dessa resultat har sedan använts för att räkna fram en trolig effektutveckling vid en båtbrand. Även ett antal konkalorimeterförsök har genomförts i syfte att bestämma vilken strålningsintensitet som krävs för att antända en båt. Informationen har använts för att undersöka om en brand kan tänkas spridas om brandgatorna har en bredd enligt rekommendationerna från Statens brandnämnd (1983, s. 7-11). Vidare har ytterligare slutsatser dragits om hur fritidsbåtar, ur brandskyddssynpunkt, bör förvaras både inomhus och utomhus.

Det ideala hade naturligtvis varit att genomföra fullskaliga tester på olika typer av fritidsbåtar. Detta var också författarnas ambition från början. Av ekonomiska och miljömässiga skäl kunde detta tyvärr inte genomföras.

Denna rapport är skriven med stöd av böckerna *Rapporter och uppsatser* (Backman 1998) och *Vetenskaplig metod* (Ejvegård 2003). Som referenssystem har Harvardsystemet valts, med stor hjälp från ovan nämnda böcker och Högskolan i Borås (2008).

3 Bakgrund

Följande kapitel kommer att belysa den nödvändiga bakgrundsinformation som krävs för att förstå problematiken kring vinterförvaring av fritidsbåtar. Kapitlet behandlar plastbåtars tekniska egenskaper, de olika uppläggningsmetoderna med tillhörande brandskyddsproblematik och hur den svenska fritidsbåtflottan ser ut.

3.1 Svenskt båtliv

År 2004 genomförde Statistiska Centralbyrån, SCB, en stor undersökning på uppdrag av Sjöfartsverket med syfte att undersöka hur det svenska folket använder sig av fritidsbåtar. *Båtlivsundersökningen 2004: en undersökning om fritidsbåtar och hur de används* är den största undersökningen inom detta område som genomförts i Sverige på över 20 år (SCB 2004, s. 6).

Totalt äger 600 000 av svenskarna mellan 20 och 74 år cirka 700 000 fritidsbåtar av olika sorter enligt Tabell 1. Detta gör Sverige till ett av världens mest båttäta länder, räknat per invånare (Sweboat 2008, s. 3).

Tabell 1. Översikt över fritidsbåtstypernas fördelning i Sverige, samt uppskattade ekonomiska medelvärden. (SCB 2004, ss. 8, 14).

Båtkategori	Båttyp	Antal	Andel	Uppskattat medelvärde
Liten båt	Kanadensare/Kajak	41 000	5,7 %	6 000 kr
	Jolle, eka, roddbåt utan motor	146 000	20,3 %	5000 kr
	Öppen båt med motor under 10 hk	161 000	22,4 %	10 000 kr
Dagtursbåt	Motorbåt med motor på minst 10 hk, ej övernattningsbar	200 000	27,9 %	63 000 kr
	Segelbåt eller segeljolle, ej övernattningsbar	23 000	3,2 %	122 000 kr
	Segelbåt med möjlighet till tillfällig övernattnig	9 000	1,3 %	223 000 kr
Ruffad motorbåt	Ruffad motorbåt avsedd för övernattnig	83 000	11,6 %	240 000 kr
Ruffad segelbåt	Ruffad segelbåt eller motorseglare avsedd för övernattnig	55 000	7,7 %	226 000 kr
Totalt		718 000	100 %	72 000 kr

Antalet fritidsbåtar har ökat kraftigt de senaste åren. År 2003 såldes 14 350 nya båtar, något som 2007 hade ökat till 25 100. Dessutom importerades också under 2007 18 500 fritidsbåtar. Det stora intresset för fritidsbåtar i Sverige innebär att industrin kring dessa omsätter stora summor pengar. Totalt såldes det under 2007 båtar, både nyproducerade och begagnade, för ett värde av närmare fem miljarder kronor. Dessutom säljer motor- och tillbehörsindustrin varor för cirka fyra miljarder kronor årligen. (Sweboat 2008, ss. 9, 12) Medelvärdet för en fritidsbåt uppskattas i Båtlivsundersökningen (SCB 2004, s. 14) till 72 000 kronor. Om klassen "Liten båt" undantas blir snittvärdet cirka 135 000 kronor.

3.2 Tillverkningsmaterial vid byggnation av båtar

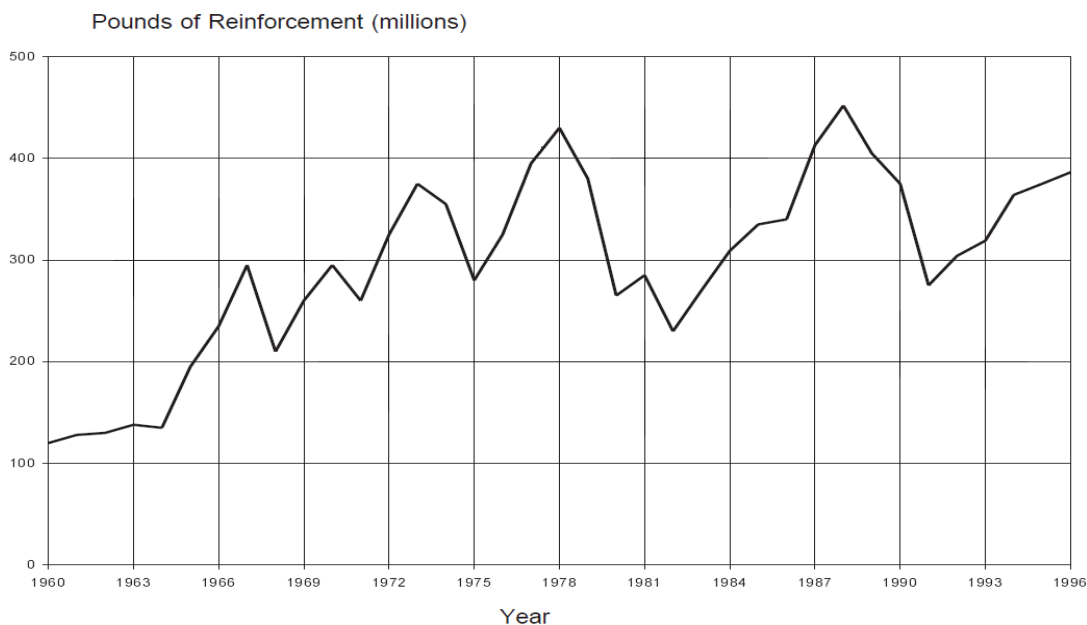
Plast är idag det absolut dominerande byggmaterialet i fritidsbåtar men även trä är relativt vanligt. Tabell 2 visar fördelningen av använt tillverkningsmaterial i relation till båttyp. Procentsummorna stämmer inte i alla fall, vilket troligen beror på att författarna till informationskällan (SCB 2004) ej redovisat procentantal som ansetts vara små.

Tabell 2. Översikt över vilka byggmaterial som båtarna i Sverige är tillverkade av, samt i vilken relativ utsträckning. Procentantalen bygger på SCB:s avrundningar och summerar därför inte helt korrekt. (SCB 2004, s. 11).

Båtkategori	Byggmaterial					Andel av totalt antal båtar
	Plast	Trä/Plywood	Lättmetall	Annat	Okänt	
Liten båt	38,9 %	6,6 %	1,8 %	1,8 %	-	49,3 %
Dagtursbåt	27,9 %	1,7 %	1,2 %	0,9 %	-	31,7 %
Ruffad motorbåt	9,8 %	1,2 %	-	-	-	11,6 %
Ruffad segelbåt	6,5 %	0,7 %	-	-	-	7,4 %
Totalt	83,1 %	10,1 %	3,2 %	3,3 %	0,2 %	100 %

Traditionellt sett har trä och stål varit de typiska materialen som använts vid byggnation av båtar. Plaster i form av kompositmaterial har dock använts mer och mer under de senaste 50 åren. Materialen består av polymerer fungerande som harts kombinerat med någon typ av fiberförstärkning. (Grenier 1996, s. 5-7) Kompositmaterialen har idag i princip blivit standard vid byggnation av fritidsbåtar bland annat på grund av materialens låga vikt, vibrationsdämpande egenskaper, motståndskraft mot korrosion samt låga kostnad. (Greene 1999b, s. 1) Sedan 50-talet har kompositmaterialen utvecklats och tillverkningsmetoderna förfinats vilket har sänkt tillverkningskostnaderna samtidigt som materialkvaliteten har ökat. (Greene 1999b, s. 9)

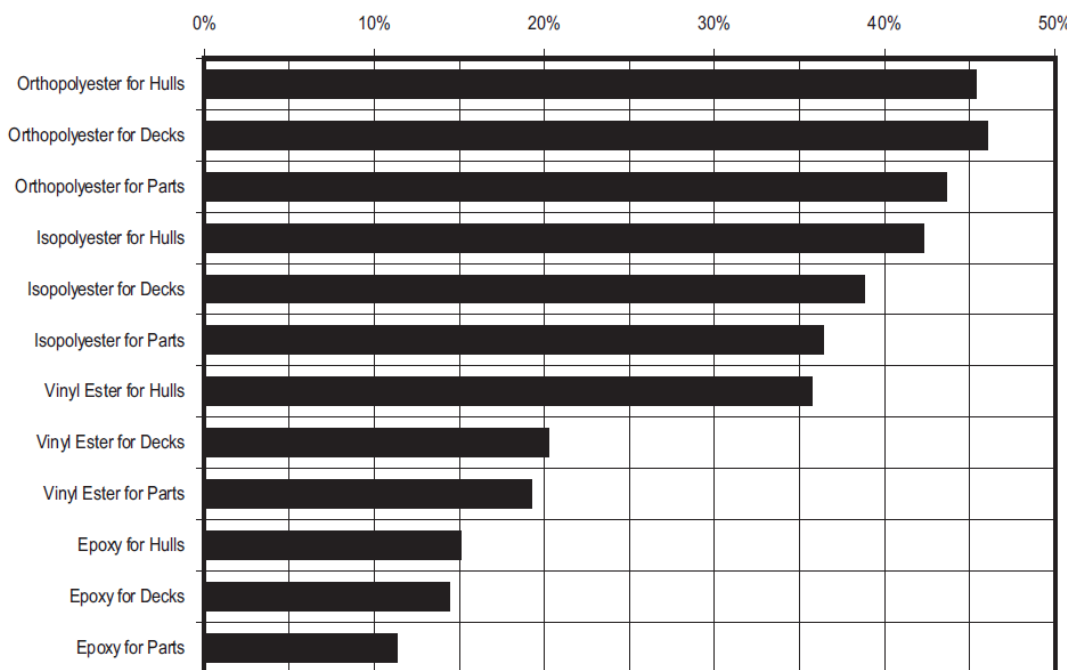
Att använda glasfiber som förstärkningsmaterial är mycket vanligt, glasfiber finns med som beståndsdel i 80 % av alla kompositskrov som tillverkas (Greene 1999b, Figur 2-1 s. 65). Utvecklingen kan illustreras med Figur 1, som visar hur stor mängd fiberförstärkning som har använts i den amerikanska båtbyggerindustrin per år.



Figur 1. Mängd fiberförstärkning levererad till den amerikanska båtbyggerindustrin under perioden 1960-1996. Från Greene (1999b, s. 10) med viss modifikation (ett antal texttrutor har redigerats bort).

Polyester är den vanligaste hartsen i fiberarmerade kompositmaterial. Detta illustreras i Figur 2. Nästan en halv miljon ton polyester används årligen i USA (Greene 1999b, s.70). Andra relativt vanliga typer av bindemedel är enligt samma figur vinylester- och epoxiharts.

De polyesterhartser som används i båtindustrin är av två typer: ortoftalatiska eller isoftalatiska. Skillnaden är att den senare är ett lite nyare material som har förbättrade tekniska egenskaper. Dock används båda typerna fortfarande. (Greene 1999b, s.70)



Figur 2. Användning av olika typer av bindemedel i båtkonstruktioner. Polyester ingår i totalt cirka 90 % av alla skrovkonstruktioner av kompositmaterial. Från Greene (1999b, s. 71).

Exakt hur en båt är uppbyggd varierar givetvis. Ett exempel kan dock ges med hjälp av ett dokument (Tjörns Räddningstjänst 2008) som författarna har fått tillgång till. Dokumentets innehåll är baserat på en intervju med Rickard Thorsson på den svenska båttillverkaren Nimbus Boats AB. Informationen i dokument har också kontrollerats i en telefonintervju med Thorsson¹. Thorsson har angivit ungefär hur mycket material, och av vilket slag, en modern 28-fots motorbåt innehåller. Informationen presenteras i Tabell 3 på nästa sida.

I den erhållna dokumentationen finns även data med för föremål som normalt sett inte finns i båten under långvarig förvaring på land (kläder och dylikt). Dessa föremål har därför exkluderats i tabellen. Även respektive materials förbränningsentalpi redovisas, för att kunna visa hur mycket energi en båt av det här slaget kan innehålla.

¹ Rickard Thorsson, Nimbus Boats AB, telefonsamtal den 21 oktober 2008.

Tabell 3. Sammanställning över ingående material i en typisk motorbåt, baserat på information från Nimbus Boats AB, samt sammanställning över respektive materials förbränningsentalpi. Värdena för entalpin är tagna från Drysdale (SFPE 2002, kap. 1, s. 93), dock är samtliga värden avrundade till närmaste heltal.

Funktion	Material	Mängd [kg]	ΔH_c [MJ/kg]
Skrov	Polyester	1155	24
Skrov	Polyester(Glasfiberarmerad)	495	24
Inredning	Trä	300	20
Dynor och fendrar	Polyeten	50	43
Tågvirke	Polypropylen	40	43
Golvbeläggning ²	Polyvinylklorid	5	16
Beklädnadsmaterial	Polyuretanskum	10	25
Bränsle	Bensin/Diesel	350 (Full tank)	44
Summa energiinnehåll med bränsle: $(1155 \text{ kg} \times 24 \text{ MJ/kg}) + (495 \text{ kg} \times 24 \text{ MJ/kg}) + (300 \text{ kg} \times 20 \text{ MJ/kg}) + (50 \text{ kg} \times 43 \text{ MJ/kg}) + (40 \text{ kg} \times 43 \text{ MJ/kg}) + (5 \text{ kg} \times 16 \text{ MJ/kg}) + (10 \text{ kg} \times 25 \text{ MJ/kg}) + (350 \text{ kg} \times 44 \text{ MJ/kg}) = \mathbf{65\ 200\ MJ}$			
Summa energiinnehåll utan bränsle: $(1155 \text{ kg} \times 24 \text{ MJ/kg}) + (495 \text{ kg} \times 24 \text{ MJ/kg}) + (300 \text{ kg} \times 20 \text{ MJ/kg}) + (50 \text{ kg} \times 43 \text{ MJ/kg}) + (40 \text{ kg} \times 43 \text{ MJ/kg}) + (5 \text{ kg} \times 16 \text{ MJ/kg}) + (10 \text{ kg} \times 25 \text{ MJ/kg}) = \mathbf{49\ 800\ MJ}$			

En svaghet med plastkompositmaterial är att de är brännbara. Om ett kompositmaterial brinner, kommer hartsen att brinna bort och lämna kvar fiberarmeringen, som inte har någon egentlig strukturell styrka. (Greene 1999b, s. 223) En båt som brinner och som står placerad i ett hyllsystem(mer om detta i nästa delkapitel) kan alltså tänkas brytas isär eller tryckas ihop och falla ned på andra båtar eller på människor som eventuellt vistas i lokalen.

Det finns åtgärder som kan vidtagas för att göra materialen mindre brännbara. Genom att tillsätta klor, brom eller antimon till hartsen kan bland annat flamspridningen begränsas. Dessutom kan till exempel skrov brandskyddas ytterligare genom att de målas med brandskyddande färg, som snabbt bildar ett förkolnat lager vid brandpåverkan. Detta lager skyddar underliggande material. (Greene 1999b, s. 223). Vissa av dessa färger producerar tyvärr mycket brandgaser vid förbränning, dessutom är det oklart hur pass väl färgerna tål det slitage som uppstår till havs. (Greene 1999a, s. 78).

När polyester brinner bildas en rad olika ämnen. Exakt vilka ämnen som bildas beror på den aktuella polyesterns sammansättning. Men som exempel kan anges att Boettner, Ball och Weiss (1973, s. 123) hettade upp små prover av polyesterfilm och registrerade produktion av koloxid, koldioxid, metanol, etanal, metan, etan och bensen. Även andra försök utförda, till exempel av Felger och Olsen (1975, se Braun och Levin 1986, s. 111), visar på förekomsten av aldehyder och bensen. Försök med bromerad polyester har genomförts av Adams (1977, se Braun och Levin 1986, s. 112). Utöver olika bromerade ämnen (etyl bromid, etenbromid, metylbromid) bildades också styren och etylbensen.

Flamskyddsmedlen kan ha varierande och i vissa fall oklar miljö- och hälsopåverkan. Vissa bromerade flamskyddsmedel som förekommer i material som används vid båtbyggande är långlivade och lagras i näringskedjan. Ämnena påverkar hormonnivåerna i sköldkörteln hos människor. De kan också orsaka beteende-, inlärnings- och minnesstörningar samt öka risken för fosterdödlighet och försämrade skelettbildning. (Stockholms Stad 2007, s. 2) Antimon har visat sig ha liknande egenskaper som det erkänt giftiga ämnet arsenik, dock är ämnets faktiska toxiska effekter ännu relativt oklara. (Gebel 1997, s. 132).

² Oklart i dokumentationen vilket material denna består av, men kontroll i Burström (2001, s. 509) anger att det kan röra sig om polyvinylklorid.

Generellt sett producerar glasfiberarmerade plastskrov mer brandgaser än exempelvis skrov av trä (Grenier 1996, s. 7). Slutligen kan det konstateras att polyesterharts har en relativt hög potentiell effektutveckling och en hög potential att producera brandgaser (Greene 1999b, s. 241).

Eftersom det visat sig att en stor del av båtskroven som har tillverkats under de senaste 50 åren består av glasfiberarmerad polyester, samtidigt som nya båtar även i fortsättningen troligen kommer byggas av samma material, tar författarna beslutet att senare beräkningar endast görs för detta material.

3.3 Uppläggningsmetoder

Det finns två metoder för landförvaring av fritidsbåtar: utomhus och inomhus. Enligt Statistiska Centralbyrån (2004, s. 16) vinterförvaras ungefär en av tre fritidsbåtar på den egna tomten och övriga båtar på annat sätt. Undersökningen går dock inte närmare in på förvaringsmetod. Det som kan vara värt att notera är att större båtar i större utsträckning inte förvaras på egen tomt (SCB 2004, s. 16).

Utomhus

Den vanligaste typen av förvaring är att båten ställs upp utomhus, antingen på en trailer eller i en så kallad vagg. Mindre båtar kan även läggas direkt på marken. I de fall då båten inte förvaras på den egna tomten är det vanligt att använda en hårdgjord yta, ofta i anslutning till ett båtvarv, där ett flertal båtar ställs upp (SCB 2004, s. 16). Om båten förvaras utomhus är det vanligt att någon form av täckning används, till exempel en presenning.

Denna typ av förvaring finns i ett stort antal av Sveriges kommuner (exempelvis i Göteborg, Västerås, Lomma och Vellinge för att nämna några få). Figur 3 nedan visar hur det kan se ut på en uppläggningsplats utomhus.



Figur 3. Exempel på hur det kan se ut på en uppläggningsplats för fritidsbåtar. Foton tagna i Tanums samt Sotenäs kommun. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Författarna har vid ett antal platsbesök på olika uppläggningsanläggningar kunnat konstatera att såväl avstånden som framkomligheten mellan de upplagda båtarna varierar kraftigt. I vissa fall var avstånden tilltagna, men i många fall var de i stort sett obefintliga.

Inomhus

Vid förvaring inomhus ställs båtarna ofta upp i en hall eller någon liknande lokal. Denna kan vara såväl kall- som varmhållen. En relativt ny lagringsmetod är att använda sig av ett hyllsystem i vilket båtarna förvaras staplade på höjden i ett fackverk. Det finns exempel i Sverige där upp till fem fritidsbåtar förvaras i höjd (Pampas Marina 2008). Figur 4 visar hur det kan se ut i ett sådant hyllsystem. Hyllsystemsförvaring förekommer också utomhus. Förvaring i hyllsystem inomhus finns på bland annat följande platser i landet:

- Solna (Pampas Marina)
- Grebbestad (Båthyllan)
- Havsstensund (GBM)
- Lidingö (MICAB)



Figur 4. Exempel på hur det kan se ut vid vinterförvaring inomhus. Foto: Atlantica.

3.4 Brandskyddsproblematik vid uppläggning

Vid uppläggning av båtar finns ur brandsynpunkt ett antal problem som bör beaktas. Problemen kan vara av många olika slag, nedan presenteras ett antal av dem. Det kan finnas fler parametrar som har betydelse för brandsäkerheten.

På en båt finns ofta brandfarligt material, såsom gasflaskor, drivmedel med mera. Dessa kan förvärra ett brandförlopp markant och kan även ibland på egen hand utgöra en antändningskälla. De kan också försvåra räddningstjänstens insats.

I samband med uppläggning utförs ofta en rad underhållsarbeten på båtar. Detta kan innefatta exempelvis svetsning eller andra heta arbeten såsom slipning eller kapning. Även andra former av arbeten kan medföra antändning, även om arbetena i sig inte är exempelvis gnistbildande.

Detta gäller bland annat arbeten med linolja, som ju är känt för att kunna självantända. Även vissa lösningsmedel kan självantända om de inte tas om hand på ett korrekt sätt.

Det krävs idag ingen elbehörighet för att dra kablage och genomföra service på elsystemet i en fritidsbåt (Elsäkerhetsverket 2008). Detta innebär att kvaliteten på elinstallationerna förmodligen kan vara varierande och i värsta fall ge upphov till brand.

Utomhus är tillgången på "luftvolym" i princip oändlig. Brandgasplymen från en brinnande båt spås då effektivt ut, kyls ned, och utgör troligen ingen större brandspridningsrisk.

Brandspridning sker utomhus huvudsakligen via strålningsvärme och gnistor. Inomhus kan brandgasplymen istället med stor sannolikhet påverka brandförloppet eftersom brandgaserna hålls kvar i lokalen. Brandfenomen såsom så kallade ceiling jets kan också tänkas vara förekommande inomhus vilket kan påskynda brandspridningen.

Brandspridningen mellan båtar verkar, enligt Kapitel 5, gå långsammare om de placeras utomhus. På ungefär samma tid som **två** båtar började brinna kraftigt i en brand utomhus på Tjörn 2004 blev en lokal för inomhusförvaring helt övertänd i en brand i Göteborg 2008. Brandförloppen kan alltså bli allvarigare vid inomhusförvaring, med fler förstörda båtar samt ökat tryck på räddningstjänstens insats som resultat.

Det finns svenska rekommendationer gällande skyddsavstånd vid uppläggning utomhus, se Kapitel 4, likaså om hur många båtar som maximalt bör ingå i ett uppläggningskvarter. Däremot ställs det idag få krav på lokaler för inomhusförvaring av båtar, med resultatet att båtarna förvaras väldigt tätt samtidigt som brandskyddet är svagt. Detta har medfört allvarliga konsekvenser i vissa fall. Lokaler för inomhusförvaring kan dock utrustas med brandlarm, antingen manuellt aktiverat eller av automatiskt slag. Däremot kan det dröja innan en brand utomhus upptäcks.

Det är möjligt att med hjälp av sprinklersystem begränsa eller släcka en båtbrand i en inomhuslokal. Används istället brandgasventilation förbättras förutsättningarna för en god räddningstjänstinsats men ventilationen kan också förhindra att branden kvävs av sina egna brandgaser och i värsta fall snabba på förloppet genom att öka mängden tillgängligt syre. En brand inomhus kan också begränsas om de brandtekniskt avskiljande delarna i byggnaden är uppförda på ett korrekt sätt enligt Boverkets Byggregler. Utomhus kan möjligen någon manuell släckutrustning användas men det förutsätts naturligtvis i så fall att någon person finns närvarande.

I en sammanställning över information från ett stort antal insatsrapporter gällande båtbränder som författarna tagit del av, framkommer det i en del fall att branden varit anlagd. Detta skulle kunna bero på att tillgängligheten till uppläggningsområdet är för hög och att det är enkelt att obemärkt komma in på området.

4 Standarder, regler och rekommendationer

Följande kapitel kommer redovisa ett antal standarder, regelverk och rekommendationer som har eller kan ha betydelse för uppläggning av båtar. Förekomsten av lämplig information inom området har eftersökts i flera svensk- och engelsktalande länder. Det kan säkert finnas mer information från icke engelsktalande länder, men språkbarriären försvårar sådana efterforskningar.

Vissa delar av kapitlet tar upp information som huvudsakligen kan vara till nytta när slutsatser ska dras om vinterförvaring inomhus.

4.1 Statens brandnämnd

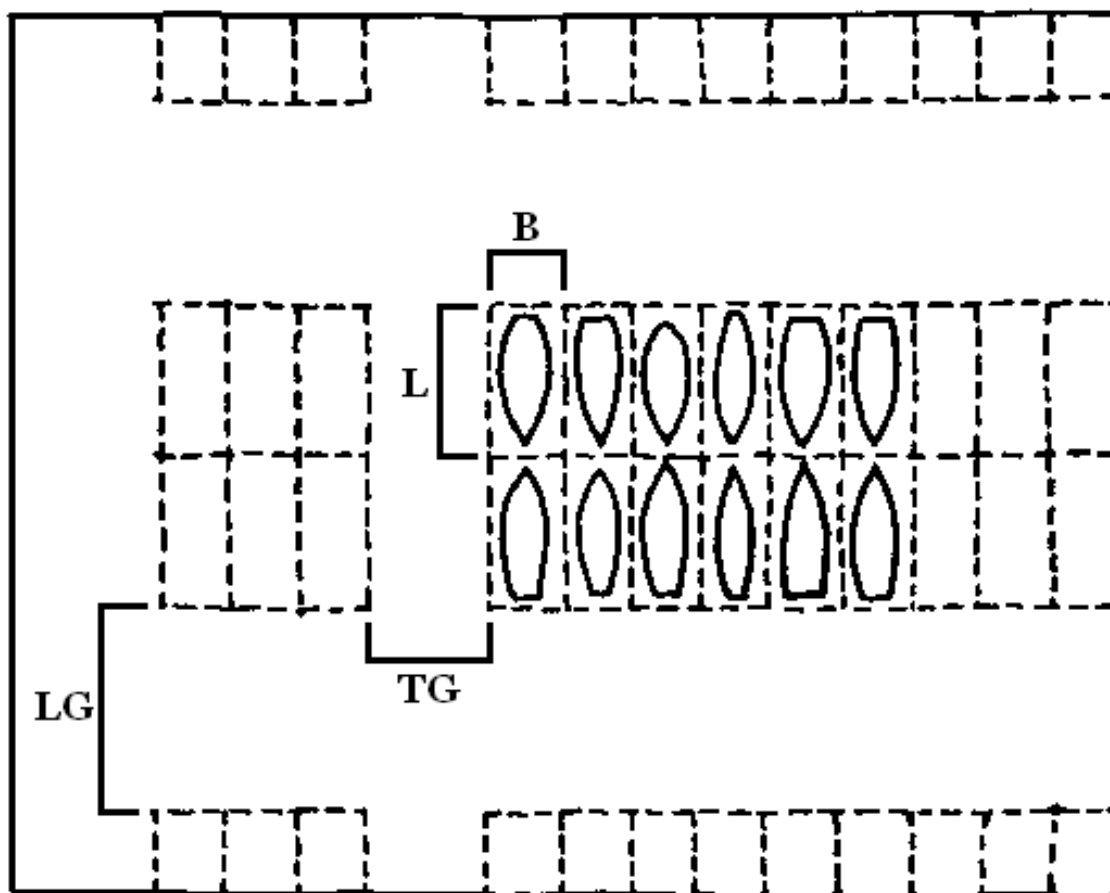
År 1983 publicerade Statens brandnämnd en skrift, *Brandsyn i hamnar och på uppläggningsplatser för fritidsbåtar*, som bland annat tar upp problematiken kring vinterförvaring av fritidsbåtar. Enligt Björn Albinsson³ vid MSB:s enhet för brandskydd och brandfarliga varor hänvisas det från MSB till denna skrift vid förfrågningar gällande skyddsavstånd mellan upplagda båtar. Informationen finns även med i Svenska Båtunionens bok *Hamnar för fritidsbåtar* från 2007.

Informationen i skriften kan delas upp i två delar. En del som behandlar förvaring utomhus och en del som behandlar förvaring inomhus. Skriften tar dock inte upp något kring förvaring i hyllsystem.

Utomhusförvaring

Enligt Statens brandnämnd (1983, s. 7-8) bör uppläggningsområdet indelas i ett antal kvarter som får innefatta ett begränsat antal båtar. De fria ytor som då bildas mellan kvarteren fungerar som brandgator och körvägar för utryckningsfordon. Figur 5 på nästa sida anger hur ett uppläggningsområde kan se ut enligt Statens brandnämnd (1983, s. 10).

³ E-post den 29 maj 2008.



Figur 5. Exempel på hur uppläggningsplats kan se ut. Varje båtuppläggningsplats har en given längd(L) och bredd(B) och ytorna som bildas däremellan blir transportväg i längsgående riktning(LG) samt transportväg i tvärgående riktning(TG). Bilden är tagen ur Statens brandnämnd (1983, s. 10), med viss modifikation (förtydligade avståndsbeteckningar).

Nedanstående tabell, Tabell 4, visar vilka längder som de i Figur 5 definierade sträckorna minst måste ha för fyra olika dimensionerande båtlängder. Sträckorna är enligt Statens brandnämnd (1983, s. 9) endast rekommendationer och bör "ej utan vidare tillämpas vid brandsyn".

Tabell 4. Översikt över de dimensionerande sträckor som rekommenderas för fyra olika båtlängder. (Statens brandnämnd 1983, s. 9)

Dimensionerande båtlängd [m]	6	8	10	12
Sträcka och beteckning (från Figur 5)				
Längd på uppläggningsplats, L	7,0	9,0	11,0	13,0
Bredd på uppläggningsplats, B	3,1	3,6	4,1	4,0
Bredd på väg i längsgående riktning, LG	10,0	12,0	14,0	16,0
Bredd på väg i tvärgående riktning, TG	6,0	7,0	8,0	9,0
Maximalt antal båtar per kvarter	30	20	14	10

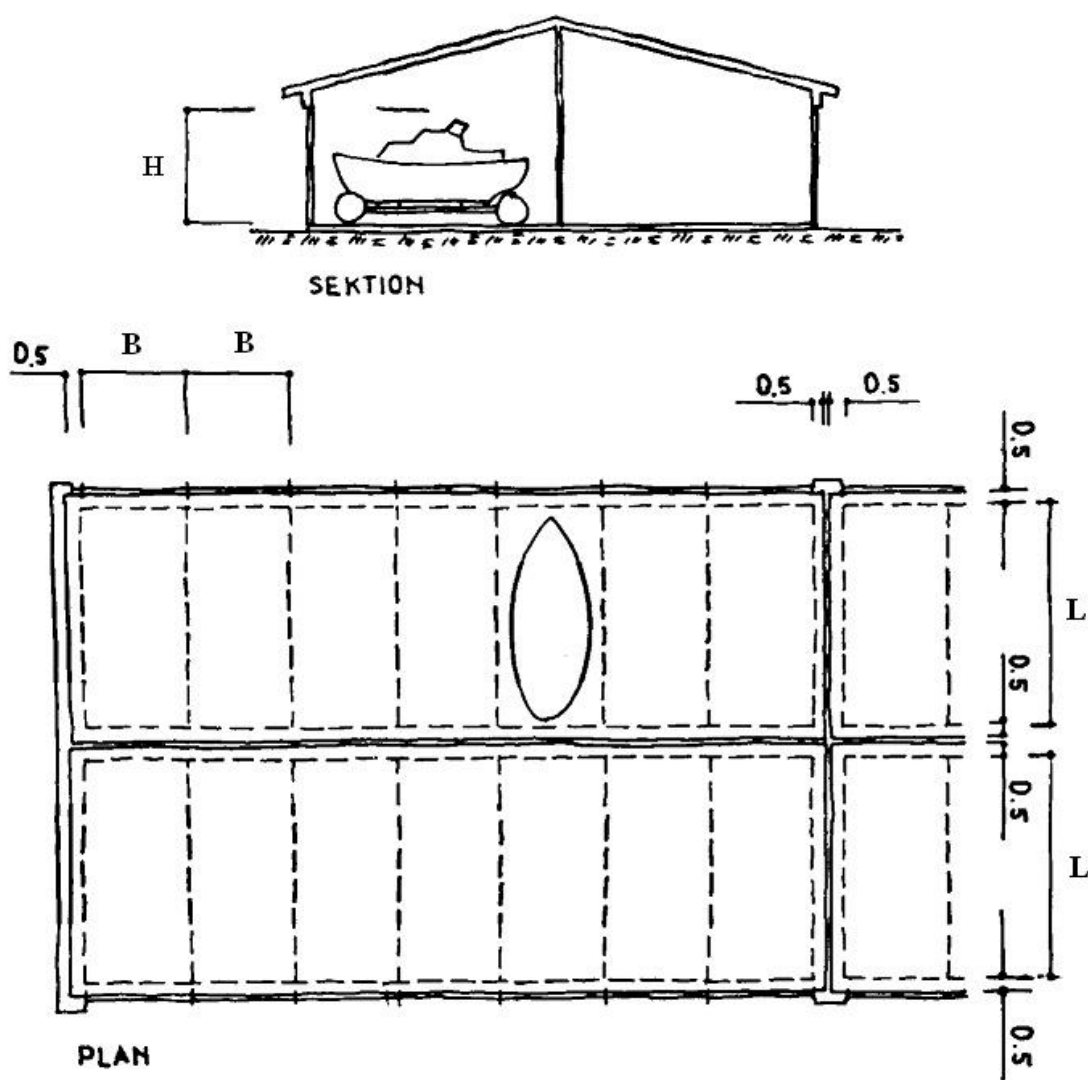
Om informationen i tabellen används bildas kvarter med ytor mellan ungefär 520 och 650 m². Tabellen är enligt Statens brandnämnd (1983, s. 9) avsedd för nyanläggning av uppläggningsplatser. Dock rekommenderas att kvartersytorna på befintliga uppläggningsplatser inte blir större än cirka 650 m² samt att brandgatorna är minst sex meter breda.

Det finns i skriften utöver exemplet i Figur 5 ytterligare tre föreslagna uppläggningskonfigurationer, i vilka båtarna ställs i olika vinkelformationer. Dock har detta ingen betydelse ur brandskyddssynpunkt jämfört med det redovisade fallet, eftersom det minst tillåtna avståndet mellan kvarteren ändå aldrig blir mindre än sex meter.

Inomhusförvaring

Om båtar förvaras inomhus bör det finnas ett utrymme på 0,5 meter mellan själva uppläggningsplatserna och väggen i syfte att underlätta brandsläckning och utrymning (Statens brandnämnd 1983, s. 12). Avståndet mellan båtarna kan vara i stort sett obefintligt.

Gångavståndet till närmaste nödutgång bör inte överstiga 30 meter. När gångavstånd beräknas behöver man inte ta hänsyn till den förlängning av sträckan som kan uppkomma om uppehållsplatsen är i en båt och inte utanför. Vidare föreslås det att byggnader för uppläggning delas upp i mindre sektioner på maximalt 300 m². Total byggnadsarea bör ej överskrida 1200 m². (Statens brandnämnd 1983, s. 12) En principskiss visas i Figur 6.



Figur 6. Principskiss illustrerande hur båtar kan förvaras inomhus. Varje båtplats har en viss höjd(H), bredd(B) och längd(L). Tagen ur Statens brandnämnd (1983, s. 13) med viss modifikation (förtydligade avståndsbeteckningar).

Övrigt

Statens brandnämnd (1983, s. 14) föreslår att tillgång till vatten vid uppläggningsplatser bör säkras året runt, lämpligtvis med brandposter. Vidare bör det finnas vattenfyllda tunnor och hinkar placerade vid varje båtuppläggningskvarter under den frostfria perioden på året. Även handbrandsläckare bör finnas.

4.2 NFPA

Den amerikanska organisationen National Fire Protection Association (NFPA) har arbetat fram en standard, *NFPA 303 Fire Protection Standards for Marinas and Boatyards* (2005), som delvis berör vinterförvaring av båtar. I denna standard anges vilka krav som ställs på de byggnader i vilka båtar ska förvaras, hur båtar ska förvaras utomhus samt hur båtarna ska göras i ordning inför förvaringen. Även faktorer som rör räddningstjänstens arbete ingår. Nedan följer ett urval av de krav som ställs i standarden.

Utomhusförvaring

Båtar som förvaras utomhus måste kunna nås med ett maximalt slangutläggningsavstånd på 45 meter, räknat från brandfordonet.

Om båtarna placeras i hyllsystem utomhus krävs manuell släckutrustning som har en påföringsräckvidd som är tillräcklig för att nå de båtar som är placerade högst upp.

Inomhusförvaring

För nybyggda lokaler avsedda för båtförvaring i hyllsystem krävs ett automatiskt släcksystem. Detta krävs dock inte för lokaler som är mindre än 465 m² om något av följande finns tillgängligt:

- Ett automatiserat detektions- och larmsystem.
- En vakt som bevakar anläggningen dygnet runt.

Befintliga anläggningar behöver inte ha något släcksystem, detektionssystem eller vakt om den "lokala beslutande myndigheten" inte kräver det.

Förvaras båtarna inomhus får slangutläggningsavståndet till någon del av byggandens exteriör inte överskrida 45 meter, räknat från de platser där brandfordonet troligen kommer vara placerat.

Oavsett inom- eller utomhusförvaring

När en båt görs i ordning för en längre tids förvaring ska följande försiktighetsåtgärder vidtagas:

- Båten ska undersökas i syfte att hitta material eller ämnen som medför risker. Riskreducerande åtgärder ska sättas in om så krävs.
- Behållare med gasol eller naturgas ska föras bort från området eller placeras på en säker plats.
- Samtliga portabla bränsletankar ska föras bort från området eller tömmas.
- Bränsletankar som är inbyggda i båten ska ha en fyllnadsgrad på åtminstone 95 % för att undvika att en brännbar blandning kan skapas i tanken.

Ska båten placeras i hyllsystem krävs utöver ovanstående bland annat att:

- Samtliga batterier kopplas ur
- Bränsletanksventiler stängs
- Dräneringspluggar tas bort

Om båtarna förvaras i hyllsystem måste det vara möjligt att komma åt båtarna från någon av hyllsystemets långsidor. Dessutom måste det finnas utrustning tillgänglig med vilken det finns möjlighet att ta bort vilken båt som helst.

4.3 Finska Sjöfartsverket

I skriften *Säkerhetsanvisningar för båthamnar* från det finska Sjöfartsverket (2007, s. 4) konstateras att det är mycket viktigt att beakta brandrisken på uppläggningsområden. Varje område måste ha en släcknings- och räddningsplan som görs i samråd med den lokala räddningstjänsten. Kvartersindelning krävs, likaså brandgator. Vattentillgången måste garanteras året runt, lämpligen med brandposter. Skriften behandlar endast utomhusförvaring.

Den räddningsplan som krävs (Sjöfartsverket 2007, s. 5) måste innehålla en utredning av bland annat följande:

- Tänkbara risksituationer
- Åtgärder för att förhindra dessa risksituationer
- Utrymnings- och skyddsmöjligheter
- Utbildning av personal
- Nödvändig utrustning för exempelvis brandsläckning
- Hur planens innehåll ska komma till personalens, kundernas och allmänhetens kännedom

4.4 Boverkets byggregler

Nedan följer en genomgång av byggregler som har, eller kan ha, betydelse vad gäller byggnation av lokaler för förvaring av båtar. Reglerna citeras och följs av författarnas kommentarer och tolkningar. Givetvis finns det fler regler som kan spela in, här ges endast några exempel.

Byggnader som uppförs i Sverige ska uppföras i klass Br1, Br2 eller Br3. Hänsyn ska tas till faktorer som påverkar utrymningssäkerheten och risken för personskador. Byggnader i vilka en brand medför stor risk för personskador ska utföras i klass Br1. Är istället risken för personskador måttlig ska byggnaden utföras i klass Br2. Övriga byggnader utförs i klass Br3. (Boverket 2008, s. 97)

Enligt författarnas bedömning är det rimligt att uppföra förvaringsbyggnader för fritidsbåtar i Br3. Detta då risken för personskador troligen är små.

I byggnader eller i delar av byggnader där krav på tidig upptäckt av brand ställs ska automatiskt brandlarm installeras. Detektering ska, där så är möjligt, ske med hjälp av rökdetektorer. Systemet ska ge signal till bemannad plats då personer finns i byggnaden. (Boverket 2008, s. 108)

Författarna bedömer att bränder i plastbåtar har stor sannolikhet att utveckla en hög effektutveckling på kort tid. En tidig upptäckt krävs därmed för att möjliggöra en tidig sprinkleraktivering och/eller räddningstjänstinsats.

Material i byggnadsdelar och fast inredning ska ha sådana egenskaper eller ingå i byggnadsdelarna på ett sådant sätt att de vid brand inte ger upphov till antändning eller snabb brandspridning och inte heller snabbt utvecklar stora mängder värme eller brandgas. Material i tak och väggar samt för fast inredning får inte deformeras

vid ringa brandpåverkan och inte falla ned eller på annat sätt förändras så att risken för personskador ökar.

(Boverket 2008, s. 119)

Att den fasta inredningen i en förvaringslokal, med detta menat framför allt eventuella hyllsystem för båtar, inte får medverka till ett förvärrat brandförlopp bör vara en självklarhet.

Byggnader som uppförs närmare gränsen mot en granntomt än 4,0 meter, ska utformas så att risken för brandspridning till byggnader på granntomten begränsas. Kravet gäller inte om avståndet till byggnader på granntomten ändå blir minst 8,0 meter. Brandspridning ska försvåras genom att strålningsnivån på grannbyggnader blir låg vid brand och att flammorna från brinnande byggnader inte når grannbyggnader. (Boverket 2008, s. 133)

Författarna anser, bland annat med tanke på uttalanden från Anders Palm⁴ gällande brandspridningsrisken i samband med branden i Nacka 2008 (se Kapitel 5), att extra hänsyn bör tas vid byggnation av större lokaler för fritidsbåtsförvaring vad gäller avstånd till andra byggnader.

Stora byggnader ska delas upp med lämpligt placerade brandväggar i sektioner av sådan storlek att brandspridning till närliggande byggnader kan hindras genom räddningstjänstens ingripande eller på annat sätt försvåras. (Boverket 2008, s. 134)

Sektionering bör krävas för större förvaringslokaler för fritidsbåtar eftersom brandbelastningen kan bli mycket hög.

En brandvägg ska begränsa en brand utan räddningstjänstens ingripande. Byggnadsdelar eller installationer som placeras på eller intill en brandvägg ska ha sådana rörelsemöjligheter att deformationer som orsakas vid brand inte försämrar brandväggens stabilitet. (Boverket 2008, s. 134)

Det är viktigt att de hyllsystem som byggs upp i vissa förvaringslokaler inte kan påverka brandväggar mekaniskt i händelse av brand.

I byggnader med stora nivåskillnader, i större byggnader och i byggnader där en brand kan förväntas få snabb spridning, få mycket stor intensitet eller medföra stora risker för personskador, ska fasta anordningar finnas som underlättar brandsläckningsinsatser (Boverket 2008, s. 141).

Författarna anser att detta gäller lokaler för förvaring av båtar och att regeln därmed är applicerbar i detta fall.

⁴ Anders Palm, brandingenjör Stockholms Brandförsvär, telefonsamtal den 29 oktober 2008.

4.5 Svenska Brandskyddsföreningen

Svenska Brandskyddsföreningens *SBF 120:6 Regler för automatiskt vattensprinklersystem* (2004) baseras på standarden SS-EN 12845: 2004. Nedan följer en genomgång av denna standard. Genomgången ska avgöra om SBF 120:6 kan användas som regelverk vid konstruktion av sprinklersystem gällande lokaler för vinterförvaring av fritidsbåtar eftersom standarden i vissa fall inte kan användas.

Först måste aktuell riskklass fastställas. Med hjälp av denna dimensioneras sedan sprinklersystemet. Klassificeringen beror på verksamhetstyp och brandbelastning för det aktuella fallet. Riskklasserna delas upp i Låg(LH), Normal(OH) och Hög(HH). (SS-EN 12845: 2004, s. 24-25) I tidigare nämnda standard ges exempel på olika verksamheter och vilken riskklass dessa tillhör(s. 116-118). Författarna anser att det i frågan om vinterförvaring av båtar inomhus bör handla om den högsta riskklassen, klass *HH*, på grund av båtarnas höga energiinnehåll.

Även ett antal andra parametrar styr en sprinklerdimensionering. En genomgång följer nedan. De två första punkterna bygger på information från SS-EN 12845: 2004 (s. 119-123).

- **Materialfaktor (1-4).** Vad som ska skyddas spelar in vid sprinklerdimensionering, materialets brandtekniska egenskaper är av stor vikt. Material som utgörs av mer än 40 volymprocent expanderad plast (till exempel polyuretanskum) tillhör materialfaktor 4. Även om ett material inte huvudsakligen består av expanderad plast kan det ändå räknas till materialfaktor 4, förutsatt att det har ett liknande energiinnehåll. Författarna gör bedömningen att en fritidsbåt av plast tillhör materialfaktor **4**. Denna bedömning görs bland annat med stöd från Tabell 3. Ur denna kan läsas att skrovet och andra delar av båten, vilka utgör en stor del av en båt rent volymmässigt, har ett energiinnehåll likt många expanderade plaster.
- **Lagringskategori (1-4).** Sedan materialfaktorn har fastställts ska lagringssättet vägas in. I standarden som nämnts tidigare radas ett antal olika lagringssätt upp, med fokus på hur materialet är inpackat. En fritidsbåt är normalt sett inte inpackad alls vid lagring inomhus, utan står öppen. Detta gör att författarna drar slutsatsen att en båt kan räknas till gruppen "Luftig lagring". Detta i sin tur medför att lagringskategorin blir den högsta: **4**.
- **Lagringssätt (ST1-ST6).** Lagringssättet, beskrivet i SS-EN 12845: 2004 (s. 26-27) måste bestämmas för att därefter kunna komma vidare. Det finns två sätt på vilka båtar kan förvaras inomhus: fritt på golvet eller i hyllsystem. Står båtarna på golvet blir lagringssättet **ST1**. Endast taksprinkler krävs i så fall och ett lagringsblock får maximalt vara 150 m² i ett plan med 2,4 meters blockmellanrum. Är båtarna istället placerade i hyllsystem blir lagringssättet **ST4** eller **ST5**. Exakt vilken det blir beror på om gångarna runt ett hyllsystem är av en viss bredd eller ej. Nivåsprinkler rekommenderas eller krävs för de respektive fallen, även om taksprinkler finns.

- Konstaterad lagringskategori 4, kombinerat med kännedom om lagringssätten, leder enligt SS-EN 12845: 2004 (s. 25) till att högsta tillåtna lagringshöjd endast är 1,2 meter. Båtarna förvaras högre än så. Detta medför att den ursprungliga riskklassen *HH* utvidgas till *HHS* på grund av hög lagringsrisk. Används nivåsprinkler kan hyllsystemen byggas avsevärt högre (SS-EN 12845: 2004, s. 31).

Sammanfattningsvis blir riskklassificeringen **HHS4, Hög riskklass lagringsrisk kategori 4**.

Eftersom en riskklassificering nu är genomförd kan författarna dra slutsatsen att SBF 120:6 fungerar som regelverk vid konstruktion av sprinklersystem till lokaler för vinterförvaring av fritidsbåtar.

4.6 Försäkringsbolag

Författarna har utan framgång försökt hitta regelverk eller rekommendationer från de svenska försäkringsbolagen angående brandskyddet på uppställningsplatser.

5 Fallstudier

Författarna har tagit del av en anonymiserad sammanställning utarbetad av Räddningsverket (2008b) gällande räddningstjänsternas insatsrapporter för båtbränder. Sammanställningen täcker åren 2000-2004. Under denna tid finns data över drygt 400 båtrelaterade insatser dokumenterade varav 48 stycken ägt rum på land. Sammanställningen är oerhört varierande i detaljrikedom och omfattning men i många av rapporterna nämns den stora brandspridningsrisken till närliggande båtar. I ett flertal fall har också initialbranden spridit sig till andra objekt. Det nämns också i många av rapporterna att brandförloppet har varit mycket snabbt. Oftast anges inte varför branden uppstod, men när det anges handlar det i de flesta fall om tekniska fel eller att branden varit anlagd.

Nedan följer en genomgång av några bränder som ägt rum på senare år. Författarna vill med dessa belysa problemets aktualitet och komplexitet. Tyvärr har det inte varit möjligt att få fram vilka avstånd mellan båtarna som var aktuella i fallen nedan.

5.1 Brand i Göteborg 5-7 april 2008

Den 5 april 2008 larmades Räddningstjänsten StorGöteborg (RSGBG) till en brand i en industrilokal. Lokalen användes som uppläggningsplats för båtar. Det fanns 15 plastbåtar, cirka 40 fot långa, och ett antal acetylenflaskor i lokalen. Byggnaden var helt övertänd vid räddningstjänstens ankomst och inriktningen på insatsen blev därför att skydda närliggande byggnader. (RSGBG 2008) Skadorna blev omfattande, vilket åskådliggörs i Figur 7. Även miljöpåverkan var påtaglig. Släckvattnet hotade att ta sig in i ett råvattenintag. Dessutom uppmanades boende i nordöstra Göteborg via radion att stänga fönster och ventilation på grund av den omfattande brandgasproduktionen. Ingen person skadades i branden.

Rökpelaren från branden syntes över stora delar av Göteborg och som mest var fem brandstationer inblandade i släckningsarbetet⁵.

Byggnaden var utrustad med automatiskt brandlarm som löste ut klockan 16:51. Räddningstjänstens ankomsttid till platsen var 17:04 och räddningstjänstinsatsen bedömdes vara avslutad på eftermiddagen den 7 april 2008. (RSGBG 2008)

Enligt stabskommissarie Lars Egerstad⁶ pågick arbeten med båtar i lokalen och det fanns en person misstänkt för brott. Dock kunde inte brandorsaken säkerställas och förundersökningen lades ner i maj 2008. Ett försäkringsbolag begärde en överprövning, men åklagarmyndigheten beslutade i juli 2008 att inte återuppta förundersökningen.

Det som är extra anmärkningsvärt i insatsrapporten från branden är det konstaterat snabba brandförloppet. Från det att brandlarmet detekterar branden till dess att räddningstjänsten är på plats dröjer det inte mer än 13 minuter. Trots detta är byggnaden helt övertänd när räddningstjänsten anländer. Det är också intressant att beakta hur lång insatsen blev (närmare 45 timmar) och hur mycket resurser som krävdes. Det är tydligt att en brand av detta slag skulle innebära ett stort problem för kommuner i Sverige som är mindre resursstarka på räddningstjänstsidan.

⁵ Ingemar Waldenby, insatschef Räddningstjänsten StorGöteborg, telefonsamtal den 28 oktober 2008.

⁶ Lars Egerstad, Polismyndigheten i Västra Götaland, E-post den 11 december 2008.



Figur 7. Fotografi från insatsen i Göteborg den 5 april 2008. Foto: RSGBG.

Förekomsten av gasflaskorna hade, enligt Ingemar Waldenby⁷ som var räddningsledare under en större del av insatsen, en stor betydelse för insatsen utdragna skeende. Flaskorna upptäcktes i samband med ett försök med offensiv släckning, varav omedelbar reträtt beslutades. Waldenby uppskattar att gasflaskornas förekomst fördröjde insatsen med ungefär ett dygn.

Waldenby likställer denna typ av brand med en oljebrand på grund av de mycket stora mängder energi som frigörs. Det var inledningsvis en idé från ledningens sida att angripa branden med skum, men i slutändan blev det inte så då det ansågs vara omöjligt att lyckas med ett sådant släckförsök.

Waldenby tycker att lokaler som används till båtförvaring bör ha brandcellsgränser i alla riktningar, centrumrullar och/eller handbrandsläckare, automatlarm, manuella larmknappar och sprinkler. Han har även tidigare erfarenheter från bränder i båtar förvarade utomhus på kommunala uppläggningsplatser. Brandgatornas bredd var enligt Waldenby i de fallen tillräcklig för att förhindra brandspridning.

⁷ Ingemar Waldenby, insatschef Räddningstjänsten StorGöteborg, telefonsamtal den 28 oktober 2008.

5.2 Brand i Nacka 12-13 januari 2008

På kvällen den 12 januari 2008, cirka klockan 21, larmades räddningstjänsten till en omfattande brand på ett båtvarv i Nacka. Vid framkomsten konstaterades övertändning i en av varvets byggnader. Insatsen koncentrerades till att skydda dels kringliggande villor, dels ett antal båtar som låg i vattnet i anslutning till varvet. Brandsläckningsarbetet pågick fram till klockan två på natten, därefter vidtog eftersläckning. Insatsen bedömdes vara avslutad klockan 13 dagen efter brandens utbrott. Två av varvets byggnader förstördes i branden, likaså ett tält i vilket båtar förvarades. Ytterligare ett sådant förvaringstält skadades allvarligt (Stockholms Brandförsvär, 2008).

Brandförloppet var enligt vittnesuppgifter (Polismyndigheten Stockholms län 2008, s. 21) mycket snabbt: "... som att hela branden kom på en gång. Först syntes inget, sedan brann allt".

Polismyndigheten i Stockholms län (2008, s. 12) utförde en teknisk brandplatsundersökning några dagar efter branden, men kunde inte konstatera någon säker brandorsak. Polisens förundersökning lades därför ned.

Enligt Anders Palm⁸, räddningsledare under en stor del av insatsen, var totalt fyra brandstationer inblandade i arbetet med branden. Totalt 20-25 båtar ståendes i tälten förstördes. Även i detta fall fanns det gasflaskor på plats, men förekomsten av dessa ställde inte till några problem då flaskorna snabbt togs ut av första insatsstyrka på plats. Någon skuminsats var aldrig aktuell, branden var alldeles för intensiv. Lågor på 30-40 meter förekom. Båtarna som brann upp var inte placerade i hyllsystem.

Palm anser, vad gäller förvaring utomhus, att avståndskraven måste ses över. Dessutom bör det klargöras vad som är tillåtet att förvara i båten och att brandfarliga varor tas ur inför förvaringen. En inventering av de båtar som ställs upp till förvaring skulle enligt Palm också vara bra. Anläggningsägaren vet då exakt hur många båtar som finns på platsen. Detta hjälper räddningstjänsten att genomföra en god insats och att ge de båtägare som beger sig till branden nödvändig information. Han tycker också att det ska planeras mycket noggrant var kringliggande bebyggelse placeras i framtiden, eftersom gnistregnet från denna brand var omfattande och utgjorde ett hot mot villorna i närheten. Sprinkler vore enligt Palm en mycket bra lösning för uppläggningsplatser inomhus.

⁸ Anders Palm, brandingenjör Stockholms Brandförsvär, telefonsamtal den 29 oktober 2008.

5.3 Brand i Rönnäng, Tjörn 23 februari 2004

Måndagen den 23 februari 2004, cirka klockan 00.30, larmas räddningstjänsten till en brand på ett område avsett för uppläggning av båtar. Trots att räddningstjänsten var på plats mindre än 15 minuter efter larm så brinner två båtar med hög intensitet vid ankomsten. Första åtgärd blev att skydda intilliggande båtar med vatten för att till sist släcka de brinnande båtarna med mellanskum. Båtarna blev i princip totalförstörda. I det här fallet lyckades räddningstjänsten rädda övriga intilliggande båtar som bara blev lätt värmeskadade. (Tjörns Räddningstjänst, 2004, s. 2)

I båten i vilken branden uppstod laddades för tillfället tre batterier. Dock startade inte branden i varken själva batteriladdaren eller i motorrummet, där två av batterierna var placerade, utan i en kabelhärva vid båtens toalett. (Tjörns Räddningstjänst, 2004, s. 2-3)



Figur 8. Fotografi från branden vid uppläggningsplatsen i Rönnäng på Tjörn 23 februari 2004. Foto: Tjörns Räddningstjänst.

Enligt Hans Wikberg⁹, ansvarig för undersökningsprotokollet för ovan nämnda brand, finns det en del som skulle kunna göras för att förbättra säkerheten på uppläggningsplatserna. Han föreslår att alla brandfarliga varor och detaljer, till exempel gasflaskor, bränsledunkar och batteriladdare tas ur båtarna inför vinterförvaringen. Därefter markeras dessa båtar med en dekal eller något liknande som anger att båten är "säker". Detta har även betydelse för räddningstjänstpersonal, då det är möjligt att bedöma med hjälp av dekalen om det är någorlunda säkert att närma sig båten i händelse av brand.

På Tjörn finns ett antal lokaler för inomhusförvaring. Wikberg efterlyser antingen brandgasventilation i sådana byggnader eller att lokalerna inte tillåts bli för stora ur volymsynpunkt. Det senare motiverar han med att en tidigare brand på Tjörn i en lokal för inomhusförvaring, se Figur 9, troligen kvävde sig själv på grund av låg takhöjd. Vidare anser Wikberg att sprinkler vore en mycket bra lösning, men att "det krävs att någon kräver det".

⁹ Hans Wikberg, ställföreträdande räddningschef Tjörn, telefonsamtal den 29 oktober 2008.



Figur 9. Både ett antal båtar och själva lagerbyggnaden skadades i en brand på Tjörn våren 2008. På grund av låg takhöjd kvävde förmodligen branden sig själv. Foto: Räddningstjänsten Tjörn.

6 Brandtekniska försök

Författarna har försökt hitta skrifter rörande fullskaleförsök gällande förbränning av fritidsbåtar, men utan framgång. Förmodligen existerar inte ens sådana studier.

Däremot har författarna lyckats finna några få studier som berör brandbeteendet hos de material som kan ingå i ett båtbygge. Speciellt en av dessa studier (Grenier 1996) ansågs lämplig att återge delar av, eftersom den detaljerat undersöker hur ett glasfiberarmerat polyestermaterial som används i båtbyggnadsindustrin beter sig vid försök i en konkalorimeter.

På grund av ovanstående har en serie försök utförts i brandlaboratoriet på räddningsskolan i Revinge samt i brandlaboratoriet på Lunds Tekniska Högskola för att erhålla kompletterande information.

6.1 Försök utförda av Andrew T. Grenier

Andrew T. Grenier har genomfört ett antal brandtekniska försök i en konkalorimeter med material använda vid båttillverkning. Resultaten presenteras i *Fire Characteristics of Cored Composite Materials for Marine Use* (1996).

Grenier har testat två så kallade sandwichkonstruktioner¹⁰, varav den ena är intressant för denna rapport. Konstruktionen består av två lager glasfiberförstärkt polyester som innesluter en kärna av skumplast. Materialet har Grenier fått av en båttillverkare, Westport Shipyard. Materialet används normalt till bland annat de övre delarna av ett skrovs långsidor. Även försök med bara själva polyestern, utan skumkärna, har genomförts (Grenier 1996, s. 47).

Den yta som utsattes för värmestrålning i konkalorimetern är samma yta som hade suttit på båtens insida. (Grenier 1996, s. 43). Sandwichelementet består av ett yttre lager glasfiberarmerad polyester på cirka fyra mm, PVC-skum på cirka 25 mm och ett nytt lager polyester på cirka två mm. Total tjocklek är alltså ungefär 31 mm.

Polyestern i kompositen är av en typ som ska hämma brandutveckling (Grenier 1996, s. 46).

Materialet sågades upp i bitar på 0,1 x 0,1 m² (Grenier 1996, s. 49). En pilotgnista användes vid försöken. Denna togs bort efter konstaterad antändning (Grenier 1996, s. 52).

I Tabell 5 presenteras tiden till antändning i fallet med sandwichelementet för ett antal strålningsintensiteter.

Tabell 5. Sammanställning över infallande strålning samt tillhörande tider till antändning för sandwichelementet. (Grenier 1996, s. 54).

Infallande strålning [kW/m ²]	Tid till antändning [s]
75	24
50	40
35	64
25	151
20	342
19	367
18	Ingen antändning

¹⁰ Under tidigt 70-tal insåg båttillverkarna att betydligt starkare båtar kunde byggas om så kallade sandwichelement användes. Elementen består av två lager kompositmaterial som innesluter en kärna av något lätt material. Olika typer av plaster och lätta träslag är idag de primära kärnmaterialen. (Greene 1999b, s. 10)

Tabell 6 illustrerar hur stor effekt sandwichelementen kan utveckla vid ett antal olika infallande strålningar. Tiden till maximal effektutveckling presenteras, samt den totala värmeproduktionen under hela försöket. Även ett snitt för effektutvecklingen, beräknat under 300 sekunder, presenteras. Skälet enligt Grenier (1996, s. 56) till att göra detta är att effektutvecklingen efter 300 sekunder endast är ungefär hälften av den högst uppmätta.

Det kan utläsas ur tabellen att en genomsnittlig effektutveckling på cirka 80 kW/m² kan förväntas för detta material, förutsatt moderata strålningsintensiteter. Det är också tydligt att effektutvecklingens tillväxthastighet märkbart förhöjs vid en infallande strålning kring 25-35 kW/m² och uppåt.

Tabell 6. Sammanställning över ett antal resultat från försöken med sandwichelementet. (Grenier 1996, s. 56).

Infallande strålning [kW/m ²]	Maximal HRR [kW/m ²]	Tid till max HRR [s]	HRR-300 [kW/m ²]
75	189	135	122
50	177	160	118
35	130	135	80
25	134	233	87
20	127	385	63
19	141	415	78

HRR = Heat Release Rate = Uppmätt effektutveckling.

HRR-300 = Uppmätt effektutveckling, snitt för 300 sekunder.

En tabell av samma typ kan även göras för testerna med enbart den glasfiberförstärkta polyestern. Se Tabell 7 nedan. Slutsatserna som drogs från Tabell 5 anses överensstämma även med dessa resultat.

Tabell 7. Sammanställning över två resultat från försöken med enbart den glasfiberarmerade polyestern. (Grenier 1996, s. 56).

Infallande strålning [kW/m ²]	Maximal HRR [kW/m ²]	Tid till max HRR [s]	HRR-300 [kW/m ²]
35	132	105	77
25	119	540	72

HRR = Heat Release Rate = Uppmätt effektutveckling.

HRR-300 = Uppmätt effektutveckling, snitt för 300 sekunder.

Grenier upplevde att brandgaserna som bildades var mycket sotiga och svarta. Även en otrevlig lukt ska ha uppstått. Dessutom påpekas att rökproduktionen var markant hög jämfört med andra typer av bränslen. Huvuddelen av denna produktion anses av Grenier komma från den glasfiberarmerade polyestern, inte från skumkärnan. (Grenier 1996, s. 60-62)

6.2 Försök utförda av författarna

Under arbetet med denna rapport har två praktiska försök genomförts. Det ena av dem genomfördes den 26 november 2008 i brandlaboratoriet på räddningsskolan i Revinge utanför Lund. Det andra genomfördes den 11 december 2008 i brandlaboratoriet i V-huset, Lunds Tekniska Högskola.

6.2.1 Försök i brandlaboratoriet i Revinge

Detta försök hade främst till syfte att resultera i ett massavbrinningsvärde för glasfiberarmerad polyester, samt visa hur dessa material kan bete sig vid brand.

En glasfiberarmerad plastbåt av äldre modell, se Figur 10 på nästa sida, införskaffades och transporterades till Revinge. Tre bitar sågades ur och mått togs på dessa. Bitarna sågades ut på ett sådant vis att de fick varierande geometrisk utformning för att undersöka om detta spelar någon roll för brandförloppet. Det visade sig under arbetet med sågningen att båtens botten var av "sandwich"-typ. Huruvida plasten i båten verkligen är polyester går inte att avgöra med fullständig säkerhet men enligt föreningen FibreGlassics (2008) är 99 % av plastbåtarna från denna tidsperiod gjorda av polyester.

Brandlaboratoriet i Revinge är dimensionerat för föremål som har en maximal effektutveckling på 1 MW¹¹. Maximalt tillåten temperatur i rummet är 400 °C¹¹. Viss försiktighet fick därför vidtagas vad gäller bitarnas storlek.

Andersson och Dahlqvist (2008, s. 21) har uppmätt att försöksrummets lång- och kortsidor är åtta respektive sex meter långa samt att takhöjden är tre meter. Den ena kortsidan består av värmetåligt glas så att hela rummet kan observeras.

Bitarna lades in i försöksrummet ett dygn innan försöket för att torka och värmas upp till cirka 10 °C, motsvarande temperaturen i försöksrummet.

Som antändningskälla användes i samtliga försök fem stycken träfiberbitar 1 x 12 x 20 cm³ indränkta i cirka 0,5 liter tändvätska. Bitarna antändes med hjälp av tändstickor. Denna tändkälla bör enligt Nilsson¹² inte påverka brandförloppet i någon större utsträckning efter antändningen.

Med hjälp av lastceller kunde massavbrinningen mätas, informationen sändes till en dator i ett intilliggande rum. Fyra termoelement finns i försöksrummet, även dessa skickade information till en dator. Elementen sitter på 0,3; 1,1; 1,9 och 2,7 meters höjd.

Varje försök tilläts fortgå i ungefär 15-20 minuter, vilket kan motsvara den tid det tar för räddningstjänsten att inleda sin insats.

¹¹ Thomas K Nilsson, Räddningsverket Revinge, telefonsamtal den 6 november 2008.

¹² Thomas K Nilsson, Räddningsverket Revinge, samtal den 26 november 2008.



Figur 10. Båten som användes vid försöket. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

I Bilaga A återges en kort beskrivning av varje bit som användes i respektive delförsök, samt tillhörande brandförlopp.

Resultat och diskussion, försök i brandlaboratoriet i Revinge

Genom att använda data från lastcellen kan massavbrinningen beräknas. Dessa data varierar kraftigt och därför görs en linjärisering över viktkurvorna som visar den genomsnittliga massavbrinningen. Försöksdata visas i Bilaga A.

Genom att dividera den genomsnittliga massavbrinningen med arean av det brinnande materialet (se Bilaga B) kan massavbrinning per ytenhet, $\dot{Q}''$, beräknas. Dessa beräkningar, se Bilaga C, visar att medelmassavbrinningen i de tre olika försöken är följande:

Försök 1: **37** g/m²s.

Försök 2: **31** g/m²s.

Försök 3: **32** g/m²s.

Dessa värden stämmer väl överens med varandra. Att försök 1 har ett något högre värde kan bero på det säte som fanns på försöksbiten och som brann kraftigt. Det skulle också kunna bero på att de areor som används i beräkningarna endast är approximationer och att de därför inte helt stämmer med verkligheten.

I samtliga försök var brandgasproduktionen kraftig. Även en omfattande produktion av sotpartiklar förekom, vilket ledde till en kraftig nedsmutsning av försökslokalen. När försöken var över gick det inte att se igenom observationsglasens övre delar på grund av nedsmutsningen.

Den glasfiberarmerade polyestern visade sig brinna mycket intensivt och flamspridningen var snabb. Det kan också vara intressant att notera att flamspridningen gick snabbare om tändkällan kunde antända materialet underifrån – något som är fallet om branden startar inne i båten, eller om den står placerad i ett hyllsystem.

6.2.2 Försök i brandlaboratoriet i V-huset, LTH

Försöken i brandlaboratoriet i V-huset, Lunds Tekniska Högskola gick ut på att bestämma vilken strålningsintensitet som krävs för att antända samma polyestermaterial som användes under försöket i Revings brandlaboratorium.

Försöken utfördes i en konkalorimeter, begränsad¹³ till att maximalt producera strålningsintensiteter kring 30 kW/m². Försökets provbitar utsattes för olika strålningsintensiteter och tiden till antändning uppmättes med hjälp av ett tidtagarur. Så snart flambildning syntes stoppades uret. Strålningsnivåerna som provades var 25, 20, 15, 10 och 7,5 kW/m². I samtliga försök nyttjades en elektrisk pilotgnista för att antända pyrolysgaserna.

Provbitarna sågades till 0,2 x 0,2 m² stora kvadrater med hjälp av en fogsvans. Totalt fem bitar sågades ut. Provbitarna placerades i en speciell stålram, se Figur 11, speciellt avsedd för användning i en konkalorimeter. Konstruktionen täcker provbitarnas kanter och på så sätt motverkas så kallade "edge effects" (Grenier 1996, s. 50). Effekterna kan yttra sig genom att antändning sker i provets kant, vilket inte hade förekommit om försöket gjorts i större skala eller i en riktig brand.

För att reducera oönskade värmeförluster lades ett lager aluminiumfolie och några centimeter fiberisolering bakom polyesterbiten, innan den slutligen placerades i stålramen.



Figur 11. Bildserie från försöken visandes provbit i stålram, pyrolys och ögonblicket efter antändning. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Resultat och diskussion, försök i brandlaboratoriet i V-huset

När bitarna testades i konkalorimetern började snart det yttersta lagret av färg spricka och sprätta iväg. Knäppande ljud förekom också, liksom andra former av ytrörelser. Dessa effekter var extra tydliga ju högre den infallande strålningen var. Samtliga testade strålningsintensiteter ledde till antändning.

Antändningstiden vid en viss infallande strålning på polyesterbitarna anges i Tabell 8.

Tabell 8. Sammanställning över strålningsintensitet och tillhörande antändningstid.

Strålningsintensitet	25 kW/m ²	20 kW/m ²	15 kW/m ²	10 kW/m ²	7,5 kW/m ²
Tid till antändning	40 s	52 s	114 s	444 s	457 s

Materialet visade sig vara lättantändligt, inte förrän den infallande strålningen sänktes till 10 kW/m² blev antändningstiden relativt lång. Även 7,5 kW/m² var tillräckligt för att orsaka antändning. Dock ställer sig författarna tveksamma till detta resultats tillförlitlighet. En skada i ytan på provbiten, vilken medförde att de undre lagren av polyester stack fram, kan vara anledningen till att en antändning skedde. Pyrolysen i skadeområdet började mycket tidigt jämfört med provbitens övriga ytor. När antändningen väl skedde ägde den rum i direkt anslutning till skadan. Flamspridningen till övriga ytor var långsam, vilket kan bekräfta teorin om att provbiten antändes alldeles för tidigt eller antändes fast den normalt sett kanske inte hade gjort det. Det kan helt klart vara tal om en så kallad "edge effect". Fler provbitar fanns inte att tillgå.

¹³ Högre värden kan ej tillåtas för just denna konkalorimeter eftersom apparaturen annars kan ta skada enligt forskningsingenjör Sven-Ingvar Granemark. (Samtal den 11 december 2008)

Det kommer vid en verklig båtbrand att produceras glödande partiklar som kan fungera som pilotlåga för antändning av en närstående båt. Även flammor från en brinnande båt kan fungera på samma vis. Att en pilotgnista användes i försöken anses därför vara motiverat. Användandet av en pilotgnista minskar antändningstiden och den strålningsnivå som krävs för antändning.

Eftersom resultatet från $7,5 \text{ kW/m}^2$ -försöket är osäkert gör författarna bedömningen att det krävs en strålningsintensitet på 10 kW/m^2 under en längre tid för att antända materialet med en pilotlåga eller gnista.

Provbitarna släcktes omedelbart efter antändning utom i ett fall då massavbrinningen mättes med hjälp en digital våg och ett tidtagarur. Provbiten fick då fortsätta brinna i 30 sekunder när hela provbitens yta brann. Massavbrinningen beräknades till $11 \text{ g/m}^2\text{s}$. Att författarnas massavbrinningsvärde från konkalorimeterförsöket är lägre än från försöken på Revinge beror troligen på att branden inte tilläts tränga ner i kärnan av materialet. På Revinge kunde en fullständig förbränning tillåtas. Därför väljer författarna att **inte** använda värdet på massavbrinningen från konkalorimetern i senare beräkningar.

7 Beräkningar

För att kontrollera om de bredder på brandgator som rekommenderas av Statens brandnämnd är tillräckliga behöver brandspridningsrisken beräknas. Beräkningarna utgår från de dimensionerande båtlängder som anges i rekommendationerna, se Tabell 4.

Eftersom brandspridning över brandgator i stor utsträckning kommer att ske genom strålningspåverkan är det strålningsintensiteten från en brinnande båt som är önskvärd att beräkna. Strålningen beror främst på effektutvecklingen från branden och denna blir därför en mycket viktig parameter i beräkningarna.

Data för att beräkna effektutvecklingen tas från såväl egna som andras försök. Det hade varit enkelt att räkna konservativt och ta fram ett så kallat "worst case"-scenario med den högsta tänkbara effektutvecklingen. Detta är dock knappast representativt för de båtar som ingår i den svenska fritidsbåtsflottan. Istället används datorprogrammet @RISK för att beräkna det värde på effektutvecklingen som i 95 % av fallen bör vara det maximala.

Med hjälp av effektutvecklingen kan sedan den infallande strålningen beräknas.

En mer fullständig beräkningsgång redovisas i Bilaga C.

7.1 Beräkning av effektutveckling

I följande del presenteras den beräkningsmetod som kommer att bestämma hur stor effekt en fullstor båt kan tänkas utveckla. Ett sätt att utföra beräkningarna på är att använda sig av en uppmätt massavbrinning. Eftersom detta finns uppmätt från försöken i Revinge kommer beräkningarna baseras på dessa värden samt värden från andras försök.

En båt kan variera i storlek i ganska stor utsträckning, vilket leder till att det kan vara intressant att räkna ut effektutvecklingen kopplad till någon mätbar enhet. Därefter kan effektutvecklingen ungefärligen räknas ut för olika typer av båtar. Författarna tar därför beslutet att räkna fram effektutvecklingen **per kvadratmeter däcksyta**.

För att kunna beräkna hur stor effekt en brand i en båt maximalt kan utveckla krävs en modell. Modellen som kommer att användas är följande ekvation tagen från Karlsson och Quintiere (2000, s. 30-31):

$$\dot{Q}'' = \dot{m}'' \times \chi \times \Delta H_c \quad [1]$$

Där

$\dot{Q}''$ = Effektutveckling per kvadratmeter [kW/m²]

$\dot{m}''$ = Massavbrinning per kvadratmeter [kg/m²s]

χ = Förbränningseffektivitet [-]

ΔH_c = Förbränningsentalpi [kJ/kg]

Det går att hitta värden på dessa variabler i flera olika källor. Eftersom det förekommer en variation på variablernas värden ämnar författarna göra en simulering i datorprogrammet @RISK.

7.1.1 Datorprogrammet @RISK

@RISK är ett tillägsprogram till Microsoft Excel som används i samband med riskanalyser. Eftersom de ingående variablerna i en riskanalys kan vara osäkra, kan man presentera variablerna med hjälp av en sannolikhetsfördelning. Denna fördelning anger inom vilket intervall en variabels värde ligger, samt hur stor sannolikheten är att ett visst värde väljs i intervallet. Det finns olika typer av sannolikhetsfördelningar, som väljs beroende på hur den osäkra variabelns tänkbara värden ser ut. @RISK använder sig av så kallad Monte Carlo-simulation, vilket betyder att programmet räknar fram möjliga utfall genom att dra ett slumpmässigt värde ur var och en av variablernas fördelningar och lösa en angiven ekvation med dessa värden. Detta görs sedan om och om igen, kanske flera tusen gånger. Resultatet presenteras bland annat grafiskt och man kan med hjälp av informationen bestämma, i till exempel detta fall, hur pass hög effektutvecklingen med en viss sannolikhet kommer att vara. Vidare slutsatser behöver då alltså inte baseras på ett "worst case"-scenario.

7.1.2 Indata till @RISK

Nedan följer en genomgång av tillgängliga värden från ett antal olika källor. Värdena gäller glasfiberarmerad polyester. Exakt vilken polyester som ingår i plasterna varierar. Ingen hänsyn tas till detta då polyestertypen i den svenska båtflottan också varierar.

Den observante läsaren kommer märka att värdena nedan varierar ganska mycket. Det finns flera förklaringar till detta. Dels beror värdena på vilket sätt de är framtagna. Alla är inte framtagna i en konkalorimeter, utan annan apparatur har använts i flera fall. Dessutom behöver det inte innebära att samma försöksmetod per automatik kommer fram till liknande värden. Faktorer såsom praktiskt handhavande, utrustningens kalibrering och så vidare har betydelse.

Författarna anser, trots ovanstående resonemang, att det måste vara förekomsten av flamskyddsmedel som påverkar värdena i störst utsträckning. I arbetet med rapporten har det visat sig att nyare material i stor utsträckning innehåller flamskyddsmedel. Detta verkar det finnas belägg för om man tittar på årtalen som respektive värde för massavbrinningen kommer ifrån. Flamskyddsmedel har också en påvisad betydelse för värdet på förbränningsentalpin.

Massavbrinning per kvadratmeter

Från författarnas egna försök, se Kapitel 5, kommer följande värden: **31, 32 och 37 g/m²s**.

Från Tewarson och Pion (1976, se Drysdale 1998, s. 173) kommer följande värde: **18 g/m²s**.

Enligt Gibson, Mathys och Mouritz (2006, figur s. 1053) kan värdet uppskattas till **7,5 g/m²s**.

Enligt Burchill, Gardiner och Mathys (2005, figur s. 254) kan värdet approximeras till: **13 g/m²s**.
Från samma källa kan ytterligare ett värde approximeras (figur s. 259) till: **9 g/m²s**.

För att kunna beräkna en fördelning från ovanstående värden användes funktionen "Fit distribution" i @RISK. Med hjälp av denna funktion kunde författarna dra slutsatsen att värdena relativt väl följer en normalfördelning. Programmet räknade ut ett medelvärde till 0,020169 kg/m²s. Programmet räknade också ut standardavvikelsen till 0,01278 kg/m²s. Eftersom värdet aldrig kan vara mindre än noll, kapades alla negativa värden bort.

Fördelning som används i @RISK: RiskTnormal(0,020169;0,01278;0;100)

Förbränningseffektivitet

Enligt Karlsson och Quintiere (2000, s. 31) kan man uppskatta förbränningseffektiviteten till 0,6-0,7 om en brand producerar mycket sot. Författarnas försök visar att sotproduktionen är hög. Även andra källor, såsom Tewarson (1982, se Drysdale 1998, s. 180), stödjer detta. Ett antal olika plasters förbränningseffektivitet radas upp i denna källa och värdena ligger mellan 0,5-0,9.

Eftersom det är svårt att uppskatta hur hög förbränningseffektivitet de olika glasfiberarmerade polyesterplasterna har, väljs en likformig fördelning. Intervallet ansätts till 0,5-0,9. Sannolikheten att @RISK väljer ett visst värde blir alltså lika stor för alla värden i intervallet.

Fördelning som används i @RISK: RiskUniform(0,5;0,9)

Förbränningsentalpi

Från Grenier (1996 s. 76) kommer följande värde: **9,4 MJ/kg**.

Enligt Brown (1992, s. 458) kan värdet ansättas till cirka **12 MJ/kg** om polyestern innehåller flamskyddsmedel. Om polyestern inte innehåller flamskyddsmedel kan istället ett värde kring **20-25 MJ/kg** användas.

Enligt Elsevier Science (1997, s. 9) kan värdet ansättas till **22-30 MJ/kg**.

Enligt Drysdale (SFPE 2002, kap. 1, s. 93) kan värdet ansättas till **23,8 MJ/kg**.

Från Briggs, Prager och Scudamore (1991, s. 72) kommer värdet **23 MJ/kg**.

Enligt Braun och Levin (1986, s. 108) kan värdet ansättas till ungefär **27 MJ/kg**.

Eftersom det är i princip omöjligt att ta reda på hur stor andel av Sveriges båtar som innehåller flamskyddsmedel, väljs också här en likformig fördelning. Intervallet ansätts till 9,4-30 MJ/kg. Sannolikheten att @RISK väljer ett visst värde blir alltså lika stor för alla värden i intervallet.

Fördelning som används i @RISK: Riskuniform(9,4;30)

7.2 Beräkning av strålningsintensitet

För att bedöma om de avstånd som finns angivna i Statens brandnämnd (1983) angående hur breda brandgatorna ska vara vid uppläggning utomhus beräknas strålningsintensiteten från en brinnande båt till en båt på andra sidan brandgatan.

Som antändningskriterium väljs resultatet från försöken i V-huset, alltså en infallande strålning på 10 kW/m². Det som ska beräknas är alltså strålningsintensiteten vid de avstånd som definieras i Statens brandnämnd (1983). Om denna strålning är mindre än 10 kW/m² kan de rekommenderade bredderna på brandgatorna bedömas vara tillräckliga.

Värdet på antändningskriteriet kan jämföras med andra uppmätta värden. Brown (1992, s. 449) har testat ett glasfiberarmerat polyestermaterial med flamskyddsmedel mot ett antal olika strålningsintensiteter. Försöken gjordes som lägst med en infallande strålning på 25 kW/m², vilket medförde en antändningstid på 263 sekunder. En pilotgnista användes. Antändningstiden är markant längre jämfört med författarnas försök vid samma

strålningsintensitet. Detta kan bero på att författarnas båtmaterial troligen saknar flamskyddsmedel. Enligt Gibson och Mouritz (2006, s. 60) krävs en infallande strålning på 13 kW/m² för att antända kompositmaterial med polyester, vilket stämmer bra överens med författarnas resultat. Grenier (1996, s. 54) har i sina försök kommit fram till att en strålningsintensitet på ungefär 18-19 kW/m² krävs för att antända glasfiberarmerad polyester.

Trots att annan forskning visar att antändning ofta sker vid strålningsintensiteter högre än 10 kW/m², används det värdet ändå. Detta då de båtar som faktiskt står uppställda runt omkring i landet är av olika ålder och därmed av olika typer av plast. Används ett lågt värde "bakas" alla dessa båttyper in i senare beräkningar.

För att göra beräkningarna något mer lätthanterliga antas det vara båtens däck som brinner. Hela däckets antas brinna. Detta är förmodligen ett konservativt antagande eftersom brandens intensitet, åtminstone på större båtar, inte kommer att vara lika stor över hela däckets.

Storleken på båten beräknas utifrån de dimensionerande båtlängder samt bredden på förvaringsplatsen som anges av Statens brandnämnd. Båten antas vara en meter smalare än förvaringsplatsen samt rektangulär. Arean beräknas alltså helt enkelt som båtens antagna bredd multiplicerat med båtlängden.

Två olika modeller används för att beräkna strålningen. Den första kommer från Karlsson och Quintiere (2000, s. 155-156) och kallas Modaks förenklade modell.

$$\dot{q}'' = (x_r \dot{Q}) / (4\pi R^2) \quad [2]$$

$\dot{q}''$ = Infallande strålningsintensitet [kW/m²]

x_r = Andel strålning från branden [-]

$\dot{Q}$ = Total effektutveckling [kW]

R = Avstånd från flammans centrum till önskad beräkningspunkt [m]

Modellen antar att branden strålar lika mycket åt alla håll. Detta förutsätter egentligen en cirkulär brandyta men modellen bör ändå ge godtagbara resultat även för en båtbrand.

Andelen strålning ligger för de flesta plaster mellan 20-40% av effektutvecklingen (Drysdale 1998, s. 180) och antas därför vara 0,4 i detta fall då det inte exakt går att avgöra vilken typ av polyester som ingår i båten. Effektutvecklingen beräknas från Ekvation [1] och varierar beroende på båtens storlek.

Den andra modellen som används kommer från Drysdale (1998, s. 57).

$$\dot{q}'' = \emptyset \varepsilon \sigma T^4 \quad [3]$$

$\dot{q}''$ = Infallande strålningsintensitet [kW/m²]

$\emptyset$ = Synfaktor [-]

ε = Emissivitet [-]

σ = Stefan-Boltzmanns konstant, 5,67 x 10⁻⁵ kW/m²K⁴

T = Temperatur [K]

Synfaktorn är den andel av den utfallande strålningen som träffar den önskade beräkningspunkten och är en funktion av den strålande ytans bredd och längd samt avståndet till beräkningspunkten. Emissiviteten för polyester anges av OptoTherm (2008) till 0,8.

Medelflamtemperaturen antas vara 750 °C (Meiser & Miller 1969, se Braun & Levin 1986, s. 108). En känslighetsanalys genomförs senare för såväl flamtemperatur som för emissivitet.

I Ekvation [3] söks, liksom i Ekvation [2], den strålningsintensitet som uppstår vid en punkt på andra sidan av de rekommenderade brandgatorna. För att beräkna denna behöver en synfaktor tas fram. Med hjälp av tabell 2.7 i Drysdale (1998, s. 59) kan synfaktorn beräknas som en funktion av vad Drysdale kallar S och α och som beror av sträckorna som beskrivs nedan samt i Figur 12:

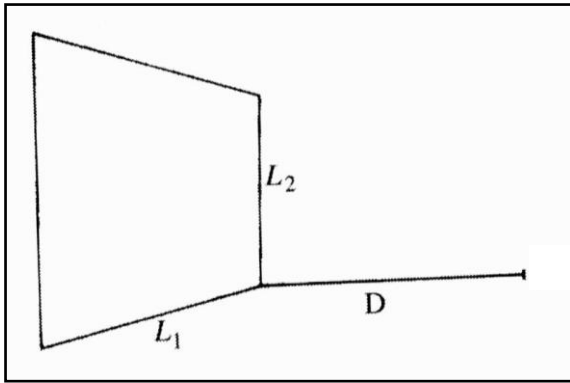
$$S = L_1/L_2 \quad [4]$$

$$\alpha = (L_1 L_2)/D^2 \quad [5]$$

L_1 = Den strålande ytans bredd [m]

L_2 = Den strålande ytans höjd [m]

D = Avståndet till den önskade beräkningspunkten [m]



Figur 12. Beräkningsmodell för synfaktorn. Modifierad (överflödiga beteckningar borttagna) från Drysdale (1998, s. 58)

Den strålande ytans bredd antas vara detsamma som båtens längd, den strålande ytans höjd antas vara detsamma som flamhöjden och avståndet till beräkningspunkten är detsamma som den rekommenderade brandgatans bredd.

För att beräkna flamhöjden används Heskestads flamhöjdskorrelation enligt Karlsson och Quintiere (2000, s. 51-52).

$$L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D_d \quad [6]$$

L = Medelflamhöjd [m]

$\dot{Q}$ = Effektutveckling [kW]

D_d = Brandens cirkulära diameter [m]

Effektutvecklingen beräknas återigen med hjälp av Ekvation [1] och brandens diameter beräknas från båtens area.

7.3 Beräkningsresultat

Enligt de @RISK-simuleringar som genomförts kommer en brand i en båt att i 95 % av fallen att maximalt utveckla 685 kW/m². Detta blir därför den effektutveckling som används i de fortsatta beräkningarna.

Effektutvecklingen kan, med de valda värdena på indata, blir betydligt högre (upp till 1500 kW/m², Bilaga C) men att räkna med dessa värden anses som alltför konservativt enligt tidigare "worst case"-resonemang.

Med en effektutveckling på 685 kW/m² ger Ekvation [2] följande strålningsintensiteter (Tabell 9) vid de rekommenderade säkerhetsavstånden.

Tabell 9. Resultat från strålningsberäkningar enligt Ekvation [2].

Säkerhetsavstånd [m]	6	7	8	9
Strålningsintensitet [kW/m ²]	5,5	6,6	7,4	8,7

Samma effektutveckling ger följande strålningsintensitet (Tabell 10) vid de rekommenderade säkerhetsavstånden om Ekvation [3] används:

Tabell 10. Resultat från strålningsberäkningar enligt Ekvation [3].

Säkerhetsavstånd [m]	6	7	8	9
Strålningsintensitet [kW/m ²]	3,1	3,2	3,3	3,3

Enligt båda beräkningsmetoderna räcker alltså de säkerhetsavstånd (TG) som rekommenderas av Statens brandnämnd (1983) för att förhindra brandspridning mellan båtar på varsin sida av en brandgata. Inte i något fall blir strålningsintensiteten högre än 10 kW/m². I Tabell 11 återges rekommendationerna från Statens brandnämnd.

Tabell 11. Översikt över de dimensionerande sträckor som rekommenderas för fyra olika båtlängder. (Statens brandnämnd 1983, s. 9)

Dimensionerande båtlängd [m]	6	8	10	12
Sträcka och beteckning (från Figur 5)	Dimensionerande längd eller bredd [m]			
Längd på uppläggningsplats, L	7,0	9,0	11,0	13,0
Bredd på uppläggningsplats, B	3,1	3,6	4,1	4,0
Bredd på väg i längsgående riktning, LG	10,0	12,0	14,0	16,0
Bredd på väg i tvärgående riktning, TG	6,0	7,0	8,0	9,0
Maximalt antal båtar per kvarter	30	20	14	10

7.4 Antaganden, osäkerheter och kortfattade kommentarer

I beräkningarna görs ett antal antaganden och förenklingar. Hela den brinnande ytan antas bestå av glasfiberarmerad polyester, ingen hänsyn tas till eventuella övriga material som kan finnas i båten. Ingen hänsyn tas till omgivande klimat även om väder och vind kan påverka brandförloppen utomhus, både ur positiv och ur negativ bemärkelse. Regn eller snöfall kan fördröja eller kanske till och med avbryta ett brandförlopp. Däremot kan ofördelaktiga vindförhållanden bidra till brandspridning. Experiment utförda (Lois & Swithenbank 1981 se Jönsson 1984, s. 12) visar att en flamma kommer att påverkas av vinden. Flamman antas dock i beräkningarna vara opåverkad av vinden. Anledningen till att inte göra beräkningar med en vindpåverkad flamma är att osäkerheterna i så fall ökar. Dessutom varierar den årsgenomsnittliga vindstyrkan på olika platser i Sverige.

De parametrar som uppvisar en värdesvariation har simulerats i @RISK för att minska osäkerheten kring dessa. Däremot hittades i litteraturen endast ett värde för emissiviteten

respektive flamtemperaturen när det gäller glasfiberarmerad polyester. Som en känslighetsanalys genomfördes en beräkning med emissiviteten satt till 1,0 och flamtemperaturen till 1000°C, till och med då klaras kriterierna (även om det är knappt) vilket kan ses i Tabell 12.

Tabell 12. Resultat från strålningsberäkningar enligt Ekvation [3] med förhöjd emissivitet och flamtemperatur.

Säkerhetsavstånd [m]	6	7	8	9
Strålningsintensitet [kW/m ²]	9,0	9,5	9,9	10,0

Ekvation [2] använder bara effektutvecklingen och strålningsandelen som variabler. Säkerhetsavstånden klaras vid en effektutveckling på upp till 800 kW/m² vid en strålningsandel på 0,4 men vid högre effektutvecklingar räcker inte längre säkerhetsavstånden. Enligt @RISK så är dock sannolikheten för en så stor effektutveckling mycket låg.

Resultaten från de båda modellerna för strålningsberäkning skiljer sig åt med ungefär en faktor två. Detta kan bero på en mängd anledningar. Båda formlerna är en förenkling av verkligheten men i Ekvation [3] är värden på såväl emissivitet som flamtemperatur aningen osäkra då bara en källa på respektive värde har kunnat hittas.

Sammantaget görs bedömningen att beräkningarna, trots nämnda osäkerheter, bör täcka in de allra flesta fall av bränder i fritidsbåtar. Dock bör viss försiktighet iakttas när båtar förvaras på höjden då detta påverkar såväl potentiell effektutveckling som flamhöjd. Den beräknade effektutvecklingen och flamhöjden i denna rapport kan därför inte användas utan behöver justeras i dessa fall.

8 Diskussion

Eftersom rekommendationerna från Statens brandnämnd (1983) egentligen endast är tänkta att användas vid nyanläggning av uppläggningsplatser uppstår vissa frågetecken. Statens brandnämnd (1983, s. 9) menar att befintliga uppläggningsplatser endast behöver ta hänsyn till två faktorer: att kvartersytorna inte blir större än cirka 650 m² samt att brandgatornas bredd inte blir mindre än sex meter. Författarna reagerar på faktor nummer två. Beräkningar som genomförts, se Bilaga C, visar att sex meter breda brandgator inte alltid räcker. Författarna menar därmed att rekommendationerna även borde gälla befintliga uppläggningsplatser. Rent praktiskt är denna förändring fullt möjlig att genomföra. Anläggningsägaren behöver endast ändra områdesplaneringen på sitt uppläggningsområde och invänta våren. De flesta båtar sjösätts då och när de tas upp igen på hösten kan ändringarna träda i kraft. En nackdel är att samtliga båtar möjligen inte får plats, detta är dock något som författarna anser ligger utanför denna rapports problemhantering.

Att det har visat sig att avståndsrekommendationerna i Statens brandnämnd (1983) är tillräckliga, innebär inte att **allt** i nämnda skrift kan anses vara lämpligt. Brandskyddsåtgärder såsom att det bör "finnas vattenfyllda tunnor och hinkar placerade vid varje båtuppläggningskvarter under den frostfria perioden på året" kan knappast anses vara en modern och hållbar lösning.

Båtar som förvaras utomhus är ofta täckta med någon typ av presenning. Det är därför inte enbart plasten i skrovet som kan antändas utan även dessa presenningar, kapell, trädetaljer med mera. Enligt Kittle (1993, s. 40) så har dock inga av dessa material en kortare antändningstid vid en infallande strålning på 25 kW/m² än materialet som författarna provat. Detta bör innebära att tiden till antändning är minst lika lång även vid lägre strålningsintensiteter.

Enligt Standards Australia (1999, se Jönsson och Lundqvist 2005, s. 234) krävs en långvarig infallande strålning på 13 kW/m² för att kunna antända trä med hjälp av en pilotlåga. Detta värde visar att brandspridning till träbåtar knappast kommer förekomma om rekommendationerna i Statens Brandnämnd (1983) följs. Dessutom kan en brand i en träbåt knappast spridas till trä- eller plastbåtar på andra sidan av en brandgata. Detta eftersom effektutvecklingen, och därmed den emitterade strålningen, blir lägre för en sådan brand jämfört med det beräknade fallet.

Eftersom båtbranschen har förändrats sedan 1983 kan det vara aktuellt att se över hur många båtar som bör tillåtas förvaras per kvarter vid utomhusförvaring. Ur brandteknisk synvinkel klaras kraven med rekommendationerna från 1983 men då det ekonomiska värdet per båt förmodligen är högre idag kan det vara lämpligt med en översyn.

Vid inomhusförvaring finns det av ekonomiska skäl mycket små möjligheter att hålla ordentliga säkerhetsavstånd mellan båtarna. Att bygga så stora förvaringshallar är helt enkelt inte rimligt. Detta ställer per automatik krav på brandskyddet, eftersom brandbelastningen kan vara väldigt hög i dessa lokaler. Enligt Boverket (2008, s. 141) krävs fasta släckanordningar i lokaler i vilka en brand kan nå en hög intensitet. Författarna menar att detta absolut gäller förvaringshallar, men att det inte räcker med exempelvis slangrullar. Sannolikheten är stor att lokalen ofta är obemannad varpå ingen kan göra ett släckförsök med denna utrustning. Att installera ett fast aktivt släcksystem, företrädesvis ett sprinklersystem, bör vara en utmärkt lösning på problemet. Enligt Boverket (2008, s. 101) måste en sådan anläggning utformas "så att den kan släcka eller kontrollera en brand under avsedd tid". Författarna har tidigare i denna rapport konstaterat att sprinklerreglerna i SBF 120:6 är ett fullgott verktyg att arbeta med gällande

aktuellt problemområde. Brandriskerna är inte av ett sådant slag att några ytterst speciella krav ställs, som skulle omöjliggöra användandet av SBF 120:6.

Värt att notera är att om båtarna endast är förvarade uppställda på golvet tillåter SBF 120:6 att ett lagringsblock maximalt får vara 150 m², med 2,4 meter breda gångar mellan varje block. En viss begränsning av antalet båtar i en lokal kan alltså krävas av försäkringsbolag och räddningstjänst förutsatt att sprinklersystemet är utformat enligt SBF 120:6. Placeras båtarna i hyllsystem med lagringshöjder över 1,2 meter, alltså förmodligen i samtliga fall, krävs nivåsprinkler enligt samma regelverk. Nivåsprinkler anses vara en nödvändig åtgärd, eftersom en taksprinkler troligen inne kommer fungera effektivt om det brinner i en båt inställd i ett hyllsystem.

Enligt NFPA (2005) ska fasta bränsletankar ha en fyllnadsgrad på 95% för att undvika att en brännbar blandning bildas. Tanken kan fortfarande explodera men författarna anser ändå att fyllda tankar bör vara att föredra framför den brandfara som tömmandet av tankarna skulle utgöra. På en lite större uppläggningsanläggning blir det snabbt många tankar som behöver tömmas och frågan är hur bränslet skulle tas om hand på ett säkert och miljövänligt sätt.

Enligt NFPA (2008) kan en båtbrand bilda små partiklar av fiberglas. Partiklarna kan i kombination med bränd harts, vilket bildas vid förbränning av till exempel fiberglasförstärkt polyester, orsaka kraftig irritation i andningssystemet. Kompositmaterial finns också i flygplan, varpå Brand- och räddningsskolan (2003, s. 5) påpekar att de skadliga partiklarna som bildas vid flyghaverier även kan bildas vid bränder i moderna båtar. För att förhindra att brandmän utsätts för skadliga partiklar i onödan medför detta att nödvändiga skyddsåtgärder, till exempel bärande av andningsskydd, krävs även vid eftersläckningar. Även personer som exempelvis arbetar med brandorsaksutredningar av bränder i vilka båtar har varit inblandade bör använda någon form av andningsskydd.

Författarna har varit i kontakt med flertalet försäkringsgivare på marknaden, både "allmänna" försäkringsbolag och bolag inriktade på försäkring av båtar. Det har visat sig att intresset för rapportens problematik i huvudsak är svagt. Författarna ställer sig undrande till denna attityd. Även om författarna knappast innehar någon detaljkunskap om försäkringsbranschen, borde det ändå vara oacceptabelt ur bolagens synvinkel att kanske 50 båtar, värda sammanlagt miljontals kronor, förvaras mycket tätt i en lokal med ett svagt eller obefintligt brandskydd under en stor del av året. Exempel på allvarliga förluster för försäkringsbolagen är de tidigare redovisade bränderna i Göteborg och Nacka. I fallet med Göteborgsbranden överklagade också ett försäkringsbolag beslutet att lägga ner förundersökningen om brott i samband med branden – något som borde innebära att de ekonomiska konsekvenserna var kännbara.

Lika svagt som intresset är hos försäkringsbolagen har intresset varit starkt hos vissa räddningstjänster. De verkar ha en bättre uppfattning om de problem som vinterförvaring av båtar medför. Författarna har intervjuat ett antal representanter från svenska räddningstjänster (se Kapitel 5) och samtliga efterlyser åtgärder. Förhoppningsvis kan denna rapport vara behjälplig i räddningstjänstens arbete.

De tidigare genomgånga exemplen från bränder i lokaler för inomhusförvaring påvisar de omfattande konsekvenser som en brand i en sådan lokal kan medföra. Under slutarbetet med denna rapport ägde ännu en omfattande brand rum i Göteborg i en stor lokal för vinterförvaring av båtar. Ett stort antal brandmän arbetade med släckinsatsen och endast ett fåtal båtar kunde räddas (Svenska Dagbladet, 2008). Det är tydligt att krav bör ställas på de lokaler som används för förvaring av båtar.

Som tidigare nämnts i Kapitel 2 hade det varit bättre att genomföra fullskaleförsök, gärna inomhus, för att erhålla mer noggranna data för framförallt effektutvecklingen från en fullt utvecklad brand i en fritidsbåt. Av diverse anledningar var detta tyvärr inte möjligt att genomföra inom ramen för detta arbete. Att genomföra försök med mindre bitar bör ge godtagbara resultat men det finns problem i samband med uppskalning till en verklig brand. Exakt hur en sådan uppskalning bör genomföras finns inga givna svar på. Metoden som använts, att räkna fram en effektutveckling per kvadratmeter däcksyta, är relativt enkel att använda. Den tar dock inte hänsyn till vilka material och föremål som finns i båten förutom skrovet. Fyllda bränsletankar, gasolflaskor, stoppade dynor med mera kan naturligtvis ge ett allvarigare brandförlopp. Det är dock svårt att ta hänsyn till sådana faktorer utan att beräkningarna blir överdrivet konservativa.

Med hänsyn till ovanstående vill författarna därför efterlysa att fullskaleförsök genomförs för att verifiera de slutsatser som dragits i denna rapport. Det vore bra om strålningsmätare användes under dessa försök för att få fler värden på hur stora avstånden måste vara för att förhindra brandspridning. För att dessa resultat ska bli riktigt bra krävs att flera olika båtar förbränns, både nya och gamla.

9 Slutsatser

De slutsatser som kan dras ur denna rapport är följande:

- Avståndsrekommendationerna i *Brandsyn i hamnar och på uppläggningsplatser för fritidsbåtar* (Statens Brandnämnd 1983) är giltiga.
- De svenska regelverken för inomhusförvaring av båtar är knapphändiga och ställer inga större krav på brandskyddet.
- Efter platsbesök på diverse uppläggningsplatser för utomhusförvaring kan det konstateras att avståndsrekommendationerna inte alltid följs.
- Svenska myndigheter och organisationer kan få inspiration till rekommendationer från utländska regelverk, framförallt NFPA 303 *Fire Protection Standards for Marinas and Boatyards* (NFPA 2005).
- Den brandtekniska forskningen kring fritidsbåtar är relativt liten och utrymmet för förbättringar är stort.

10 Åtgärdsförslag

Enligt författarnas åsikt finns det i de olika regelverk som har granskats mycket som bör gå att direkt överföra till svenska rekommendationer. I kombination med de konstaterat acceptabla säkerhetsavstånd som finns i rekommendationerna från Statens brandnämnd (1983) bör brandsäkerheten på svenska uppläggningsplatser öka. Nedan följer det som författarna anser vara lämpligt för att förbättra situationen.

Vid förvaring *utomhus* ska:

De rekommendationer om båtantal och bredd på brandgator som finns i *Brandsyn i hamnar och på uppläggningsplatser för fritidsbåtar* (Statens brandnämnd 1983) följas.

Samtliga båtar lätt kunna nås med nödvändig brandsläckningsutrustning från räddningstjänstens fordon utan att båtar behöver flyttas. Detta för att möjliggöra en snabb räddningsinsats.

Vid förvaring *inomhus* ska:

Förvaringsbyggnaden vara utrustad med sprinkler om byggnaden är avsedd för långvarig förvaring av mer än ett fåtal båtar. Nivåsprinkler ska användas om så anses nödvändigt.

Förvaringsbyggnaden vara försedd med ett automatiskt detektions- och brandlarmsystem. Erfarenheter från tidigare olyckor visar att bränderna snabbt kan sprida sig.

Förvaringsbyggnaden sektioneras på lämpligt sätt så att räddningstjänstinsatser förenklas.

Särskild hänsyn tas vad gäller avstånd till andra byggnader vid byggnation av större lokaler för fritidsbåtförvaring. Detta eftersom brandbelastningen i en sådan lokal kan bli mycket hög och spridningsrisken till närliggande byggnader därmed öka.

De åtgärdsförslag som författarna vill lämna *oavsett inom- eller utomhusförvaring* är att:

Personer som arbetar på uppläggningsplatsen ska utbildas i brandskydd och i att identifiera tänkbara riskkällor i samband med båtförvaring.

Båten ska, innan uppläggningsplatsen godkänns, inspekteras av ansvarig på uppläggningsplatsen. Inspektionen skall tillse att:

- Gasflaskor och portabla bränsletankar har avlägsnats.
- Batterier har kopplats ur.
- Övriga eventuella riskobjekt har avlägsnats från båten.
- Att fasta bränsletankar antingen är tomma och ventilerade eller att fyllnadsgraden är minst 95 %.

Den som utför heta arbeten på en uppställningsplats ska ha genomgått relevant utbildning för detta.

Oövervakad batteriladdning ej ska tillåtas.

Tillgång till släckvatten ska garanteras året runt, lämpligtvis via brandpostnätet. Likaså ska det finnas tillgång till lämplig manuell släckutrustning.

Om båtarna förvaras i hyllsystem måste det vara möjligt att komma åt båtarna från någon av hyllsystemets långsidor. Detta för att underlätta för räddningstjänstens insats vid en brand. Om båtarna förvaras i sprinklade hyllsystem ska antingen båtarnas bottenpluggar skruvas ur eller så måste ställningen dimensioneras så att den klarar viktbelastningen även om båtarna fylls med vatten.

Referenser

- Adams, S. I. (1977). Analysis of Combustion Gases During Testing with the NBS Smoke Chamber. *Journal of Combustion Toxicology*, Vol. 4, s. 360-375.
- Andersson, S. & Dahlqvist, J. (2008). *Risikutvärdering av brand i plastbackar*. Rapport 5245. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Backman, J. (1998). *Rapporter och uppsatser*. Lund: Studentlitteratur.
- Ball, G. L., Boettner, E. A., Weiss, B. (1973). *Combustion products from the incineration of plastics*. Ann Arbor: University of Michigan.
- Boverket (2008). *Regelsamling för byggande, BBR 2008*. Karlskrona: Boverket.
- Brand- och räddningsskolan (2003). *Kompositmaterial i flygplan, faror vid skadeplats*. Arlanda: Luftfartsverket.
- Braun, E. & Levin, B.C. (1986). Polyesters: A Review of the Literature on Products of Combustion and Toxicity. *Fire and Materials*, Vol. 10, s. 107-123.
- Briggs, P.J., Prager, F.H. & Scudamore, M.J. (1991). Cone Calorimetry – A Review of Tests Carried out on Plastics for the Association of Plastic Manufacturers in Europe. *Fire and Materials*, Vol. 15, s. 65-84.
- Brown, J.E. (1992). Part C: Composite Materials. I Babrauskas, V. & Grayson, S.J. (red). *Plastics*, kap. 12: Heat Release in Fires, s. 447-459.
- Burchill, P.J., Gardiner, C.P. & Mathys, Z. (2005). An analysis of the burning of polyester and vinylester fibre glass composites. *Fire and Materials*, Vol. 29, s. 249-264.
- Burström, P. G. (2001). *Byggnadsmaterial – Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.
- Drysdale, D. (1998). *An Introduction to Fire Dynamics – Second Edition*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Drysdale, D. (2002). Thermochemistry. I NFPA. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, tredje upplagan. Quincy, MA: NFPA.
- Ejvegård, R. (2003). *Vetenskaplig metod*. Lund: Studentlitteratur.
- Elsevier Science (1997). Meetings. *Additives for Polymers*, Vol. 1997, nr. 5.
- Elsäkerhetsverket (2008) *El i fritidsbåtar - Elsäkerhetsverket* (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.elsak.se/allmanhet/gordetsjalv/elifritidsbatar.4.60a759a611147b1cd6180004269.html> (2008-12-14).
- Felger, M. M., Olsen, R. S. (1975). Analysis of thermal breakdown products of electrical insulation. *Society of Plastic Engineering Technology*, Vol. 21, s. 289-291.

- FibreClassics (2008) *FiberClassics - The Finest Classic Fiberglass boating enthusiasts website* (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.fiberglassics.com/fibrefacts> (2008-12-16).
- Gebel, T. (1997). *Arsenic and antimony: comparative approach on mechanistic toxicology*. Goettingen: University of Goettingen.
- Gibson, A.G., Mathys, Z. & Mouritz, A.P. (2006). Heat release of polymer composites in fire. *Composites: Part A*, Vol. 37, s. 1040–1054.
- Gibson, A.G. & Mouritz, A.P. (2006). *Fire Properties of Polymer Composite Materials*. Secaucus, NJ: Springer.
- Greene, E. (1999a). Fire Protection for Marine Composite Construction. *Professional Boatbuilder*, nr. 62.
- Greene, E. (1999b). *Marine Composites*, andra upplagan. Annapolis, MD: Eric Greene Associates, Inc.
- Grenier, A.T. (1996). *Fire Characteristics of Cored Composite Materials for Marine Use*. Washington DC: United States Coast Guard.
- Högskolan i Borås (2008). *Guide till harvardssystemet* (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.hb.se/wps/portal/blr/harvard/> (2009-02-11)
- Jönsson, R. (1984). *Avstånd mellan campingenheter med hänsyn till risken för brandspridning*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Jönsson, R. & Lundqvist, M. (2005) Värmestrålning. I *Brandskyddshandboken*, s. 230-249. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Karlsson, B., Quintiere, J.B. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton: CRC Press.
- Kittle, P.A. (1993). *Flammability of alternative daily cover materials – a summary of ASTM E1354 cone calorimeter results*. West Chester: Rusmar Incorporated.
- Lois, E. & Swithenbank, J. (1981). *Fuel Storage Tank Fires in a Crosswind*. First Specialists Meeting of the Combustion Institute 20-24 juli 1981, Université de Bordeaux.
- Meiser, C.H., Miller, B. (1969). Flame temperature measurements on textile systems. *Proceedings of the Third Annual Meeting Information Council in Fabric Flammability*, New York City, 4 December 1969, s. 116-125.
- NFPA (2005). *NFPA 303 Fire Protection Standards for Marinas and Boatyards*.
- NFPA (2008). *NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations*.
- NFPA (2002). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, tredje upplagan. Quincy, MA: NFPA.
- OptoTherm (2008) *OptoTherm Thermal imaging emissivity table* (Elektronisk). Tillgänglig: <http://www.optotherm.com/emiss-table.htm> (2008-12-12).

Pampas Marina (2008) *Vinterförvaring* (Elektronisk). Tillgänglig:
<http://www.pampas.se/vinter.htm> (2008-12-07).

Polismyndigheten Stockholms län (2008) *För beslut*. Diarienummer 0201-K11861-08. Nacka Strand: Polismyndigheten Stockholms län.

Räddningstjänsten StorGöteborg, RSGBG (2008). *Insatsrapport 2008058259*. Göteborg: Räddningstjänsten StorGöteborg.

Räddningsverket (2008a). *Beslut: Examensarbete om brandskydd i samband med uppläggning av fritidsbåtar*. Diarienummer 179-3350-2008. Karlstad: Räddningsverket.

Räddningsverket (2008b). *Sammanställning av rapporterade båtbränder 2000-2004*. Opublicerat manuskript. Karlstad: Räddningsverket.

Sjöfartsverket (2007). *Säkerhetsanvisningar för båthamnar*. Helsingfors: Sjöfartsverket.

SS-EN 12845: 2004 (2004). *Brand och räddning – Fasta släcksystem – Automatiska sprinklersystem – Utförande, installation och underhåll*. Stockholm: SIS.

Standards Australia (1999). *AS 1530.4: Methods for fire test on building materials, components and structures*. Standards Australia.

Statens brandnämnd (1983). *Brandsyn i hamnar och på uppläggningsplatser för fritidsbåtar*. Stockholm: Statens brandnämnd.

Statistiska centralbyrån, SCB (2004). *Båtlivsundersökningen 2004 en undersökning om fritidsbåtar och hur de används*. Stockholm: Statistiska centralbyrån.

Stockholms Brandförsvär(2005). *Insatsrapport 2008082193*. Stockholm: Stockholms Brandförsvär.

Stockholms Stad (2007). *Avfallsblad 9: Bromerade flamskyddsmedel*. Stockholm: Miljöförvaltningen.

Svenska Brandskyddsföreningen (2004). *SBF 120:6 Regler för automatiskt vattensprinklersystem*. Stockholm: Svenska Brandskyddsföreningen.

Svenska Dagbladet (2008). *Lagerbrand i Göteborg* (Elektronisk). Tillgänglig:
http://www.svd.se/nyheter/inrikes/artikel_2144279.svd (2008-12-17)

Sweboat Båtbranschens Riksförbund (2007). *Boating Industry Statistics 2001-2006*. Vårby: Sweboat.

Sweboat Båtbranschens Riksförbund (2008). *Fakta om båtlivet i Sverige 2008*. Skarpnäck: EO Grafiska.

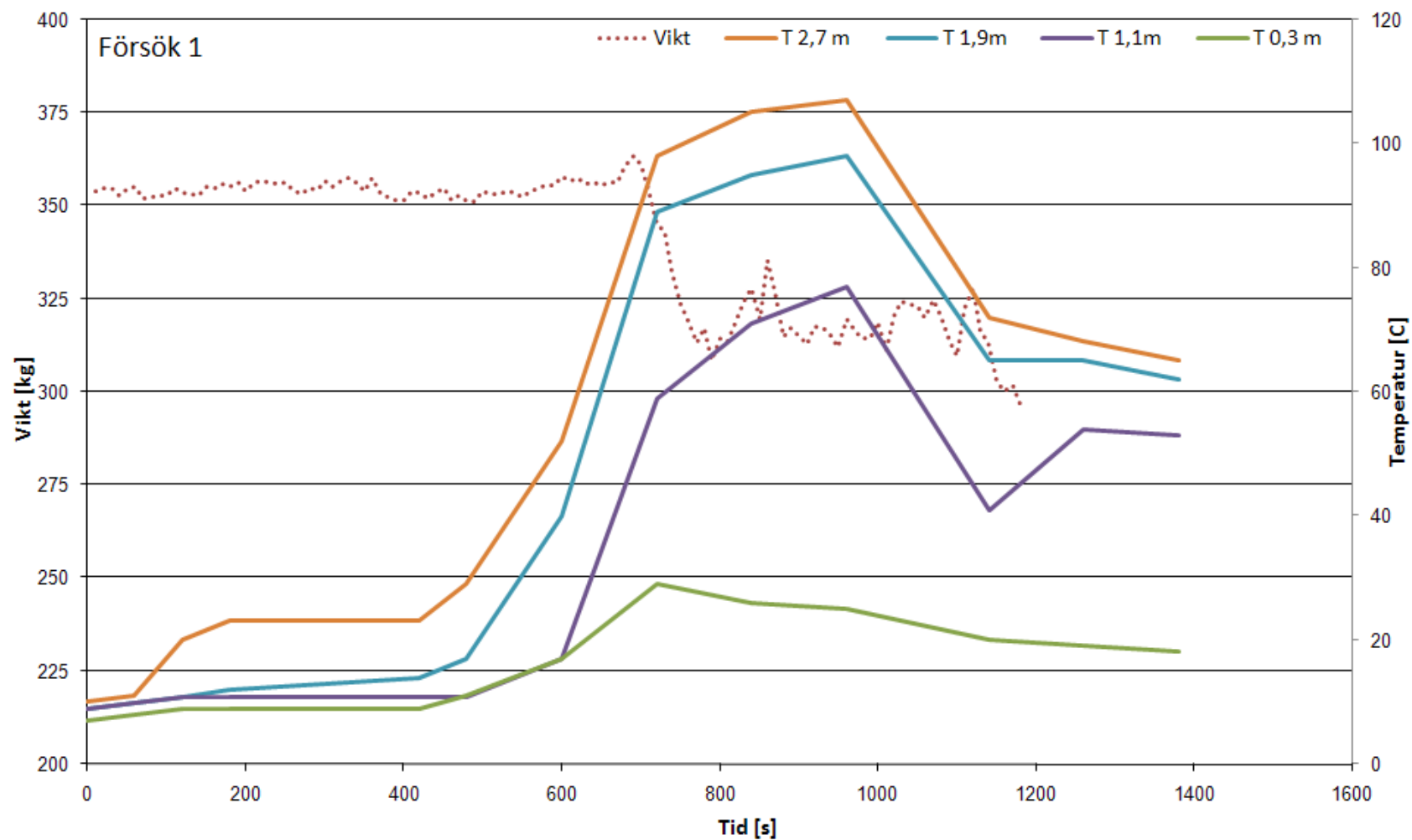
Tewarson A. (1982) Experimental evaluation of flammability parameters of polymeric materials. *Flame Retardant Polymeric Materials*. Vol. 3, s. 97-153.

Tewarson A. & Pion R.F. (1976). Flammability of plastics. I. Burning intensity. *Combustion and Flame*. Vol. 26, s. 85-103.

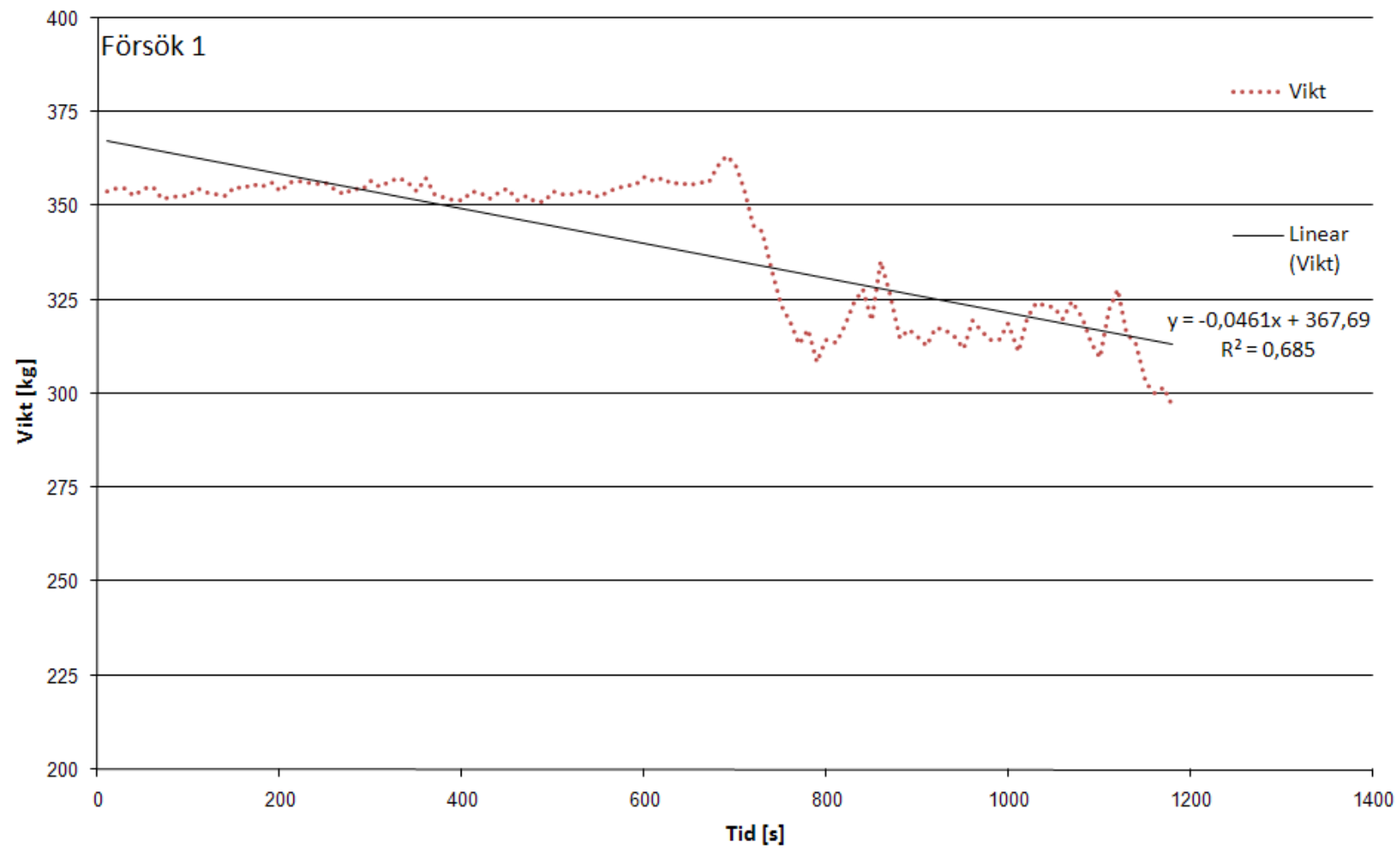
Tjörns Räddningstjänst (2004). *Undersökningsprotokoll Brand i båtar, Stansvik Rönnäng måndag den 23/2 2004*. Skärhamn: Tjörns Räddningstjänst.

Tjörns Räddningstjänst (2008). *Uppgifter för brandberäkning*. Opublicerat manuskript. Skärhamn: Tjörns Räddningstjänst.

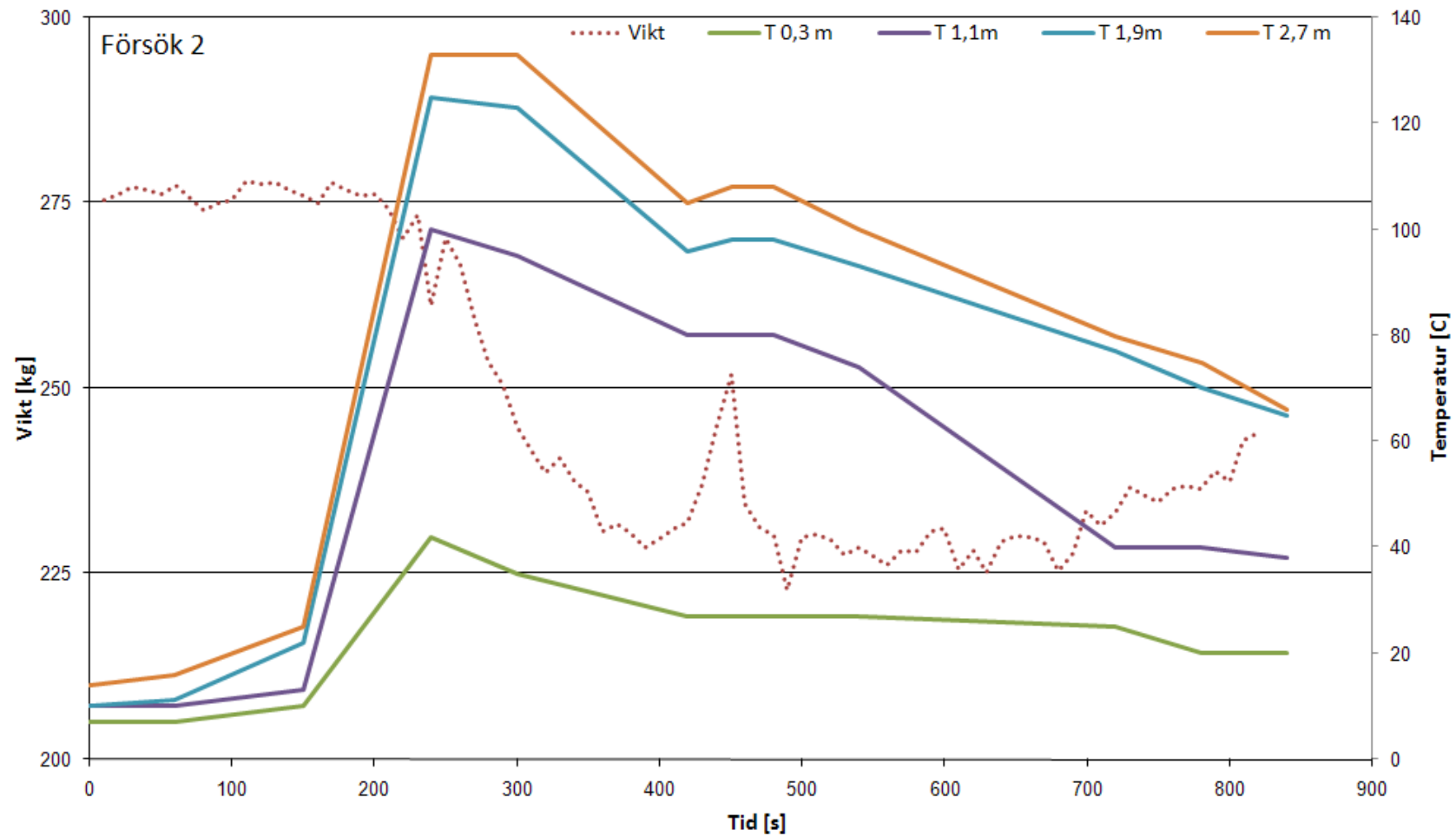
Bilaga A: Resultat från Revingeförsöken



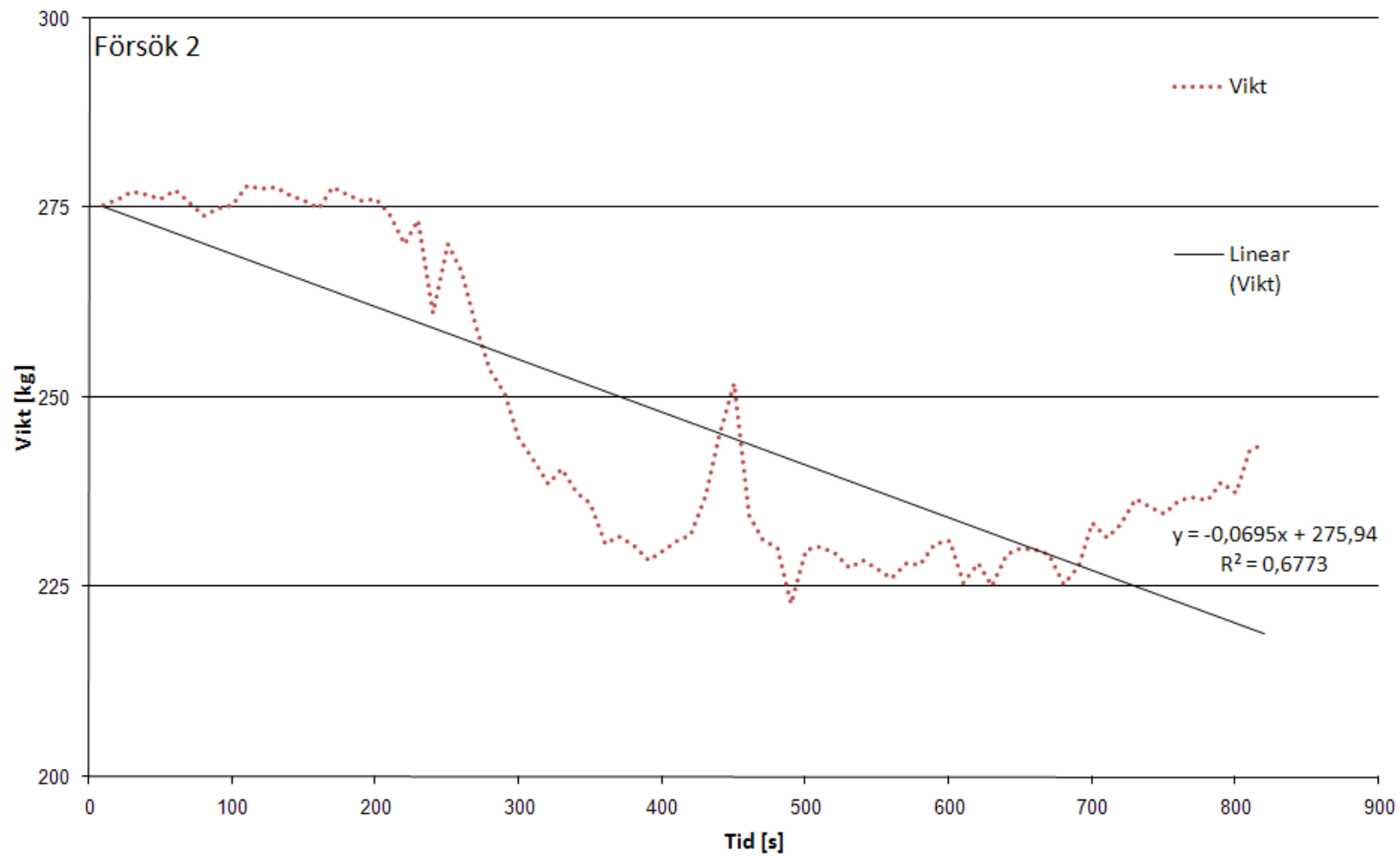
Figur 13. Massavbrinning samt temperatur under försök 1.



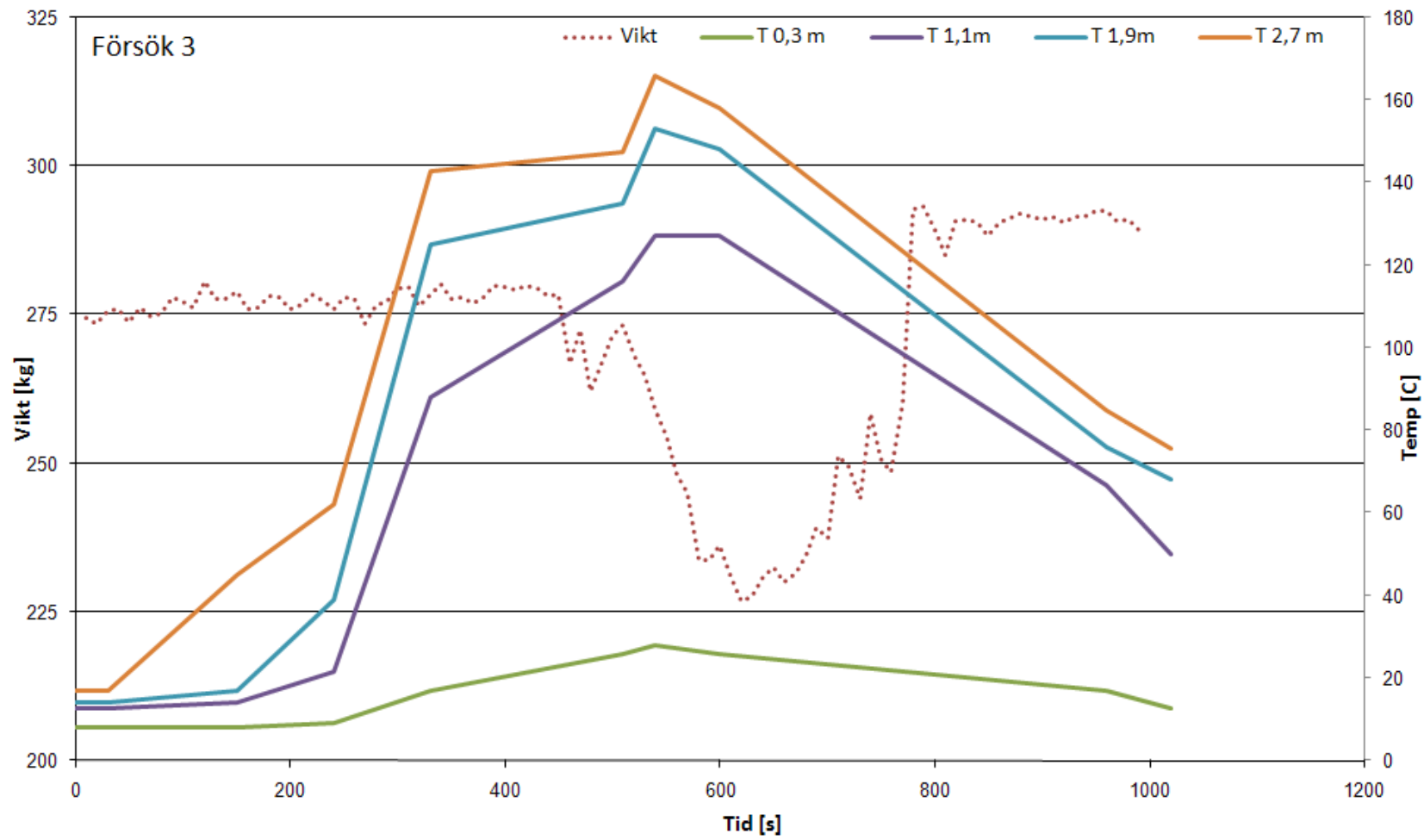
Figur 14. Massavbrinning från försök 1 med inlagd linjärisering.



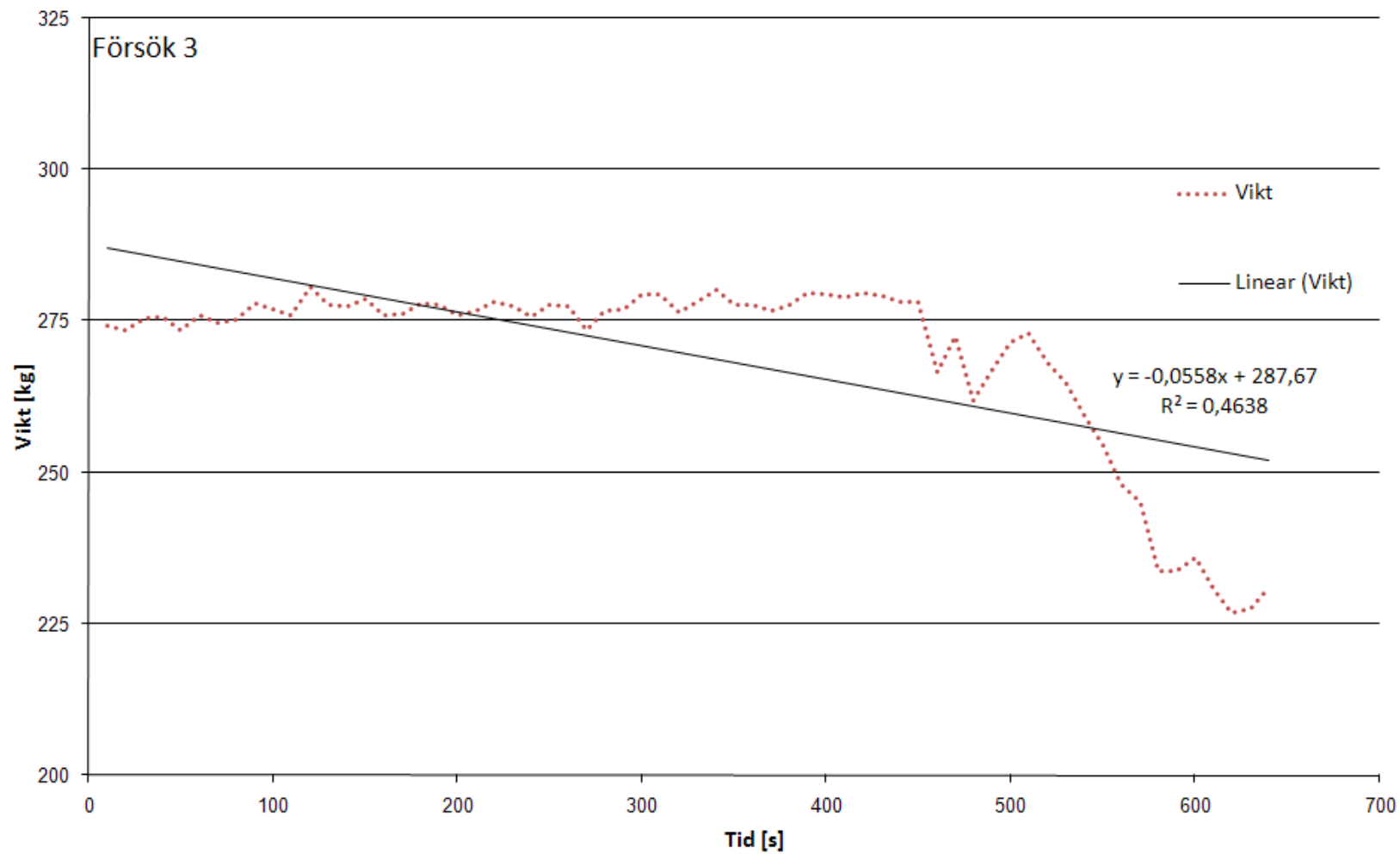
Figur 15. Massavbrinning samt temperatur under försök 2.



Figur 16. Massavbrinning från försök 2 med inlagd linjärisering.



Figur 17. Massavbrinning samt temperatur under försök 3.



Figur 18. Massavbrinning från försök 3 med inlagd linjärisering.

Nedan följer en beskrivning av försöksbitarna samt brandförloppet för respektive försök. Tändkällans placering anges, markerad i Figur 19, 21 och 23 med röda cirklar. I Tabell 13-15 redovisas en kort genomgång av observationer och intressanta detaljer från varje delförsök. Även ett antal bilder från respektive delförsök presenteras i Figur 20, 22 och 24.

Delförsök 1

Den första biten, Figur 19, togs ifrån båtens babordssida. Denna bestod i huvudsak av glasfiberarmerad polyester. En gummilist som löpte kring båtens utsida samt ett säte fanns även med. Sätet bestod av metall med en sittdyna med stoppning bestående av någon form av skumplast och läderimitation. Sätet var fäst i ett par träbitar som i sin tur var fästa i durken. Tändkällan placerades mellan sätet och bitens vägg.



Figur 19. Bit från båtens babordssida. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Tabell 13. Delförsök 1. Bit av båtens babordssida.

Tid in i förloppet [min]	Observation
0	Träfiberbitarna antänds
1	Branden har fått fäste i sätet
3-5	Båtplasten närmast sätet påvisar tecken av värmepåverkan
6	Plasten börjar brinna
7-20	Branden växer och når efter en stund en jämn, hög intensitet
21	Branden släcks manuellt



Figur 20. Bildserie från det första delförsöket. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Efter det att träfiberbitarna antändes fick branden snart fäste i sätet. Branden spred sig ganska omgående till hela sittdynan. Efter några minuter började det uppstå "blåsor" i den glasfiberarmerade polyestern i höjd med sätet. Det dröjde inte länge innan branden också fick fäste i plasten. Brandgasproduktionen ökade kraftigt och branden spred sig med en jämn hastighet åt sidorna. Mot slutet av försöket hade i princip hela sidan av biten börjat brinna, dock brann aldrig durken i någon större utsträckning.

Delförsök 2

Den andra biten, Figur 21, sågades ur båtens akter. Biten bestod nästan enbart av den glasfiberarmerade polyestern, bortsett från tidigare nämnd gummilist, samt delar av ett träsäte. En del av träsätets ryggstöd fanns också kvar, med stoppning liknande den i den först utsågade biten. Tändkällan placerades i bitens inre hörn.



Figur 21. Bit 2, sågad ur båtens akter. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Tabell 14. Delförsök 2. Bit av båtens akter.

Tid in i förloppet [min]	Observation
0	Träfiberbitarna antänds
1-5	Branden får tidigt fäste i båtplasten och växer snabbt upp till en hög intensitet
6-14	Branden fortsätter brinna med ungefär samma höga intensitet
15	Branden släcks manuellt



Figur 22. Bildserie från det andra delförsöket. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Jämfört med föregående delförsök utvecklades branden snabbare denna gång. Kort efter det att träfiberbitarna antändes hade branden fäste i polyestern. Snart brann i princip hela biten, även durken, med en hög intensitet. Produktionen av brandgaser var mycket kraftig. Biten fick brinna på en jämn och hög nivå under några minuter innan den släcktes. Jämfört med försök 1 var ytan som brann i detta fall större.

Delförsök 3

Den tredje och sista biten, Figur 23, bestod av en större bit av båtens för. Den hade precis som övriga bitar en gummlist på utsidan. För övrigt så bestod biten av glasfiberarmerad polyester. Av stabilitetsskäl brändes biten liggandes uppochnar. Tändkällan placerades längst in i biten.



Figur 23. Bit 3, sågad ur båtens för. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

Tabell 15. Försök 3. Större bit av båtens för.

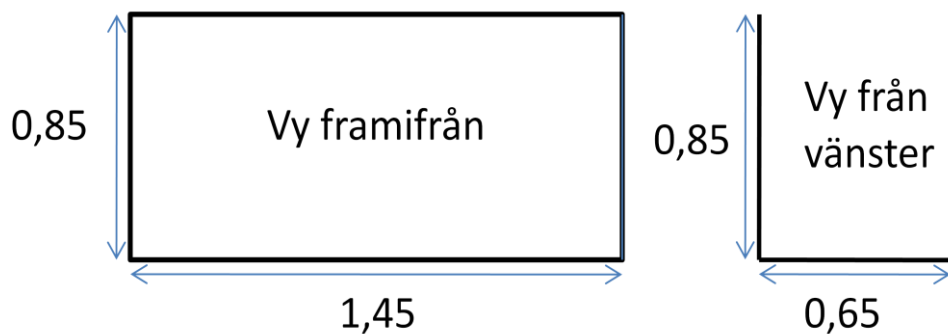
Tid in i förloppet [min]	Observation
0	Träfiberbitarna antänds
1-3	Branden får fäste i plasten
4-7	Brandens intensitet ökar markant
8	Skrovet sjunker ihop, intensiteten minskar
9-16	Branden fortgår med jämn intensitet
17	Branden släcks manuellt



Figur 24. Bild från det tredje försöket. Foto: Carl-Henrik Holmgren & Anders Lundblad.

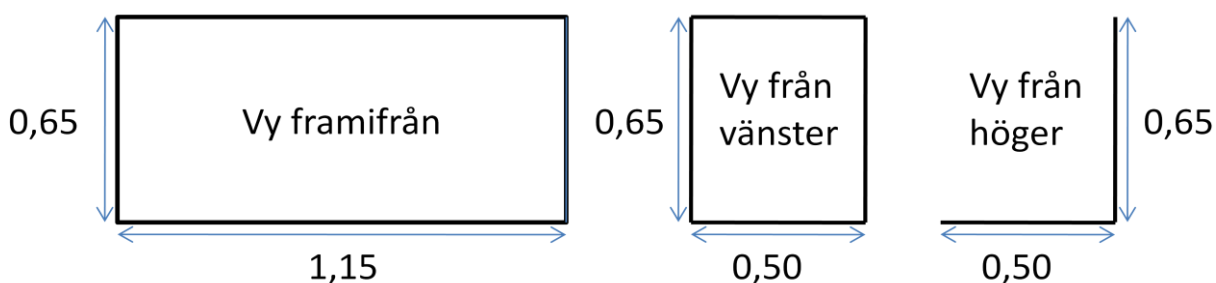
Detta delförsök var inledningsvis mest likt det första delförsöket. Branden fick efter antändning ganska omgående fäste i plasten, dock utan att intensiteten ökade nämnvärt. Efter ytterligare några minuter växte branden till sig rejält och intensiteten blev mycket hög. Branden fortgick på denna intensitet fram till dess att biten delvis föll ihop, varpå intensiteten sjönk. Det var, inte helt oväntat, en hög produktion av brandgaser även i detta försök.

Bilaga B: Förenklade mått på försöksbitarna



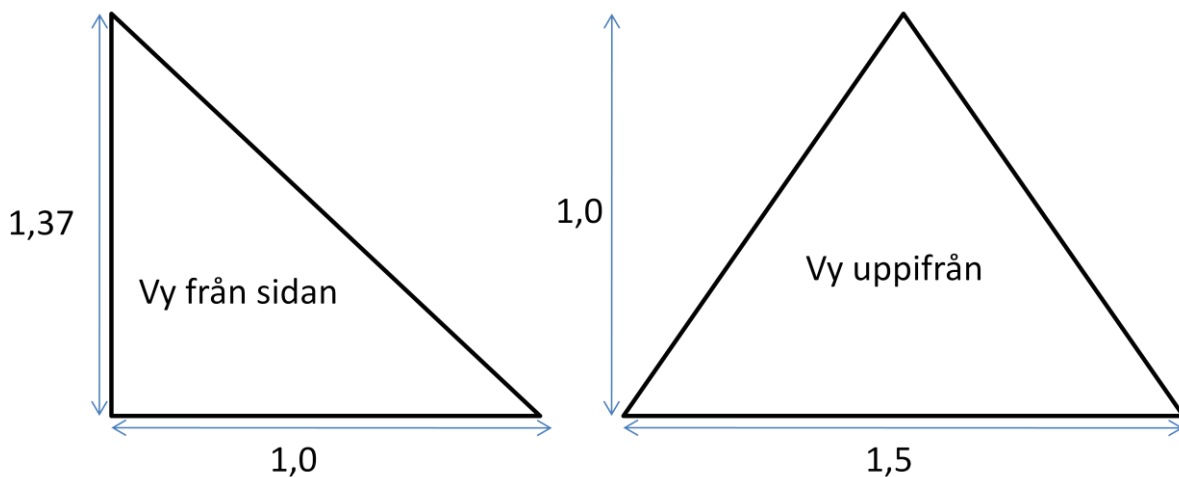
Figur 25. Mått på biten från delförsök 1.

Endast "väggen" brann. Brandarea = $1,45 \times 0,85 = 1,23 \text{ m}^2$.



Figur 26. Mått på biten från delförsök 2.

Alla ytor brann. Brandarea = Sidovägg: $(1,15 \times 0,65) \text{ m}^2$ + Durk: $(1,15 \times 0,5) \text{ m}^2$ + Aktervägg: $(0,5 \times 0,65) \text{ m}^2$ + Överdel: $(1,15 \times 0,5) \text{ m}^2 = 2,22 \text{ m}^2$



Figur 27. Mått på biten från delförsök 3.

Väggytorna i fören samt ungefär halva nedsidan brann. Brandarea = Väggytor: $2 \times (1,37 \times 1,0 \times 0,5) \text{ m}^2$ + Durk: $0,5 \times (1,5 \times 1,0 \times 0,5) \text{ m}^2 = 1,75 \text{ m}^2$

Bilaga C: Beräkningar

Teckennomenklatur

$\dot{Q}$ = Effektutveckling [kW]

$\dot{Q}''$ = Effektutveckling per kvadratmeter [kW/m²]

$\dot{m}''$ = Massavbrinning per kvadratmeter [kg/m²s]

X = Förbränningseffektivitet [-]

ΔH_c = Förbränningsentalpi [kJ/kg]

$\dot{q}''$ = Infallande strålningsintensitet [kW/m²]

x_r = Andel strålning från branden [-]

R = Avstånd från flammans centrum till önskad beräkningspunkt [m]

$\emptyset$ = Synfaktor [-]

ε = Emissivitet [-]

σ = Stefan-Boltzmanns konstant, $5,67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴

T = Temperatur [K]

TG = Brandgatans bredd enligt Tabell 4 [m]

B = Båtbredd [m]

L_1 = Den strålande ytans bredd [m]

L_2 = Den strålande ytans höjd [m]

D = Avståndet till den önskade beräkningspunkten [m]

$S = L_1/L_2$ [-]

$\alpha = (L_1 L_2)/D^2$ [-]

L = Medelflamhöjd [m]

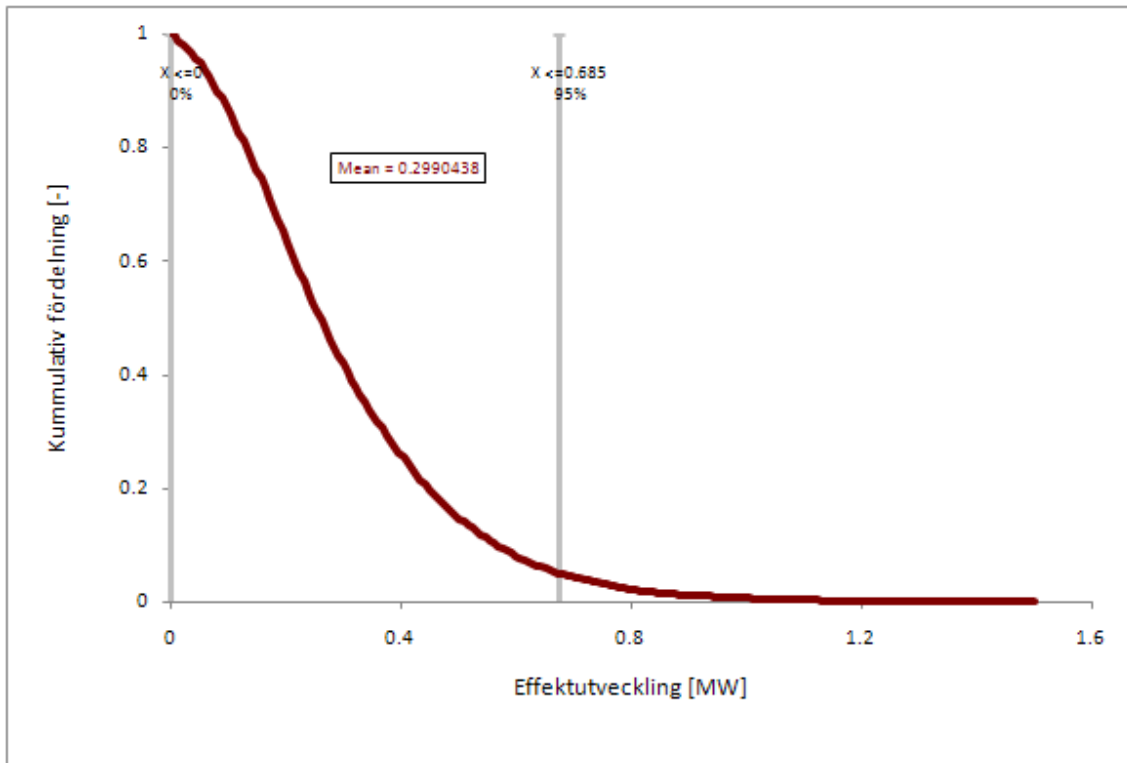
A = Area [m²]

D_d = Brandens diameter [m]

Effektutvecklingen per ytenhet beräknas i @RISK enligt Ekvation [1] som:

$$\dot{Q}'' = \dot{m}'' \times X \times \Delta H_c = \text{RiskTnormal}(0,020169;0,01278;0;100) \times \text{RiskUniform}(0,5;0,9) \times \text{RiskUniform}(9,4;30)$$

Med 10 000 simuleringar ger @RISK då ett medelvärde på knappt 300 kW/m². 95 % av de beräknade värdena ligger under 685 kW/m². Fördelningen visas i Figur 28.



Figur 28. Kumulativ fördelning över möjliga effektutvecklingar från @RISK.

I de fortsatta beräkningarna används $\dot{Q}'' = 685 \text{ kW/m}^2$.

Arean, A, för de olika båtstorlekarna beräknas som för en rektangel, båtens längd multiplicerat med antagen bredd.

Effektutvecklingen för de olika dimensionerande båtarna beräknas enligt $\dot{Q} = \dot{Q}'' \times A$

Den infallande strålningen vid respektive säkerhetsavstånd beräknas sedan enligt ekvation [2] för de fyra effektutvecklingarna enligt:

$$\dot{q}'' = (x_r \dot{Q}) / (4\pi R^2) = (0,4 \dot{Q}) / (4\pi R^2)$$

Eftersom Ekvation [2] beräknar avståndet från mitten av flamman, som antas vara mitt på båten, beräknas R som brandgatans bredd (TG) plus avståndet till mitten av båten.

$$R = TG + (B \times 0,5)$$

Avståndet till en strålningsintensitet på 10 kW/m² för de olika båtstorlekarna kan också beräknas enligt ekvation [2].

$$R = \sqrt{(x_r \dot{Q})/4\pi \dot{q}''} = \sqrt{(0,4\dot{Q})/4\pi \times 10}$$

Tabell 16. Översikt på resultat baserade på Ekvation [2].

Längd och Bredd [m]	6 resp. 2,1	8 resp. 2,6	10 resp. 3,1	12 resp. 4
Area [m ²]	12,6	20,8	31	48
Brandgatans bredd, TG [m]	6	7	8	9
Effektutveckling [kW]	8 631	14 248	21 235	32 880
Strålningsintensitet vid avståndet TG [kW/m ²]	5,5	6,5	7,4	8,6
Avstånd till 10 kW/m ² [m]	4,2	5,4	6,7	8,2

Strålningsnivån beräknas också enligt ekvation [3]:

$$\dot{q}'' = \epsilon \sigma T^4$$

Emissiviteten, Stefan-Boltzmanns konstant och temperaturen är konstanter och ansätts till 0,8; $5,67 \times 10^{-5} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$ respektive 1023 K. Det som beror av avståndet och effektutvecklingen blir här synfaktorn som beräknas med hjälp av tabell 2.7 i Drysdale (1998, s. 59).

Synfaktorn är en funktion av den strålande ytans höjd och bredd samt avståndet till den önskade beräkningspunkten.

$$S = \frac{L_1}{L_2} = \text{flamhöjd/båtlängd}$$

$$\alpha = \frac{L_1 L_2}{TG^2} = (\text{flamhöjd} \times \text{båtlängd})/\text{säkerhetsavstånd}^2$$

Flamhöjden beräknas med Heskestads flamhöjdskorrelation enligt $L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D_d$

Där

$$D_d = 2\sqrt{A/\pi}$$

Tabell 17. Översikt på beräkningsresultat baserade på Ekvation [3].

Längd och Bredd [m]	6 resp. 2,1	8 resp. 2,6	10 resp. 3,1	12 resp. 4
Area [m ²]	12,6	20,8	31	48
Brandgatans bredd, TG [m]	6	7	8	9
Effektutveckling [kW]	8 631	14 248	21 235	32 880
Flamhöjd [m]	4,7	5,5	6,2	7,1
Strålningsintensitet vid avståndet TG [kW/m ²]	3,1	3,2	3,3	3,3