



Handläggare

Elisabet Blom

Tel 013-25 29 03

Mobil 070-547 54 51

Fax 013-10 05 25

elisabet.blom@af.se

Datum

2006-12-13

Uppdragsnr

307448

Brandforsk projekt 332-051

Brandforsk

Förebyggande av olyckor och skador orsakade av lokaleldstäder inklusive rökgaskanal. En termisk analys.

Uppdragsnamn: Förebyggande av olyckor och skador orsakade av lokaleldstade
Skapat datum: 2006-06-14 11:12:53
Sparat datum: 2006-12-13

Umr: 000000
Version: 1
Dokument id: 326659

Förord

Under det gångna året har projektet med att analysera systemet kamin – skorsten – byggnad pågått. Det har varit en uppgift som har blandat skratt med en isande insikt om okunskapens följder.

Särskilda tack vill vi ge till alla som hjälpt oss under resans gång och försett oss med material och kluriga frågor. Referensgrupp har varit Irene Wrande Energimyndigheten, Björn Björkman Svenska brandskyddsföreningen och Brandforsk, Håkan Sten Räddningsverket och Petri Tuomola Sveriges skorstensfejaremästares riksförbund.

Till detta har en del av projektet gjorts som projektarbete i 4:e årskursen inom civilingenjörsutbildningen vid Linköpings Tekniska högskola. De tre teknologerna, Joel Lundh, Jonas Lantz och Linus Nilsson har eldat och simulerat för att få fram de resultat som redovisas i detta arbete.

Ett särskilt tack vill vi också ge till Räddningsskolan som upplåtit lokaler för provning, dess elever och personal för all hjälp. Ett särskilt tack vill vi framföra till Schidler för skorstenen och till Nibe för kaminen.

Dessutom skall särskilda tack göras till Nils Larsson (LiU) för materialprovning och bedömning av skorstensröret och till Anders Fredriksson (Tekniska Verken i Linköping) för fukthaltsbestämning av veden.

Ett stort tack skall också de vänner och bekanta ha som, inte ont anande, har fått svara på frågor om hur mycket de eldar och hur mycket ved de stoppar in i sina kaminer varje gång.

Sammanfattning

Lokaleldstäder av olika slag (braskaminer, gjutjärnsaminer, kakelugnar, täljstensugnar etc.) blir allt vanligare i takt med att olje- och elpriserna stiger. De flesta av dessa produkter är typgodkända vilket bl.a. innebär att de genomgått en säkerhetsprovning enligt fastställda metoder. Dessa metoder är utformade så att brandrisken skall vara obefintlig så länge användningssättet är vad som bedömts vara rimligt. Typgodkännandet innebär också att installations- och skötselanvisningar granskas och godkänns.

Det finns dock faktorer som gör att brandrisken kan befaras öka i vissa enskilda fall. Exempel på sådana är: ett installationssätt som är svårt att bedöma gentemot gällande anvisningar; ett avvikande eldningssätt, t.ex. mycket hög eldningsintensitet under lång tid, om- eller tillbyggnad i anslutning till en redan installerad eldstad samt icke typgodkända eller certifierade produkter. Den termiska belastning som uppstår i sådana fall beror i mycket hög grad på hur eldstad, röckanal och byggnad är avpassade till varandra och den termiska samverkan mellan dem. I detta projekt har dessa frågor studerats dels genom matematisk modellering, dels genom praktiska experiment.

Följande slutsatser kan dras av undersökningen:

- vid användning av typgodkända eldstäder som installerats och används på avsett sätt kan brandrisken anses vara obefintlig.
- eldningsintensiteten (i kg/h) och eldningens varaktighet har stor betydelse för vilka temperaturer som uppstår på brännbara byggnadsdelar och i rökgaserna. Långvarig eldning i produkter med stora eldstäder, t.ex. på grund av strömavbrott eller vid uppvärmning av ett utkylt fritidshus, kan leda till för höga temperaturer i t.ex. bjälklag.
- om tillverkaren endast anger eldstadens effekt i kW kan det vara svårt för användaren att omsätta detta till en rekommenderad vedmängd i kg/h. Uppfattningen om vad som är ett normalt vedinlägg kan variera avsevärt mellan olika personer.
- skorstenens genomföring i bjälklaget är en kritisk punkt. Om inte avståndet mellan röckanal och brännbara byggnadsdelar är tillräckligt stort och luftat ökar brandrisken vid långvarig eldning vid hög effekt.
- att hålla det föreskrivna avståndet mellan eldstaden och omgivande brännbara väggar och tak är mycket väsentligt för brandsäkerheten. Detta blir viktigare ju mindre avstånd som krävs; en luftspalt på t.ex. 10 mm mellan kamin och bakre vägg ger en mycket lägre väggtemperatur än om kaminen står dikt an mot väggen.
- anpassning mellan eldstad och typ av röckanal är mycket viktig eftersom olika röckanaler är godkända för olika rökgastemperaturer. Användning av rökgastermometer rekommenderas då detta ger en god uppfattning om vilken eldningsintensitet som är lämplig.
- i samband med ägar- eller brukarbyte av en fastighet med lokaleldstad är det viktigt att den nya ägaren/brukaren informeras om hur eldstaden skall brukas.

Summary

Local furnaces of different types (fire heaters, cast iron stoves, tile stoves, soap stone furnaces etc.) become more usual as the price for oil and electricity increases. Most of these products are type approved which means that they have been security tested according to approved methods. These methods are designed in such way that the risk for fire should be negligible as long as is used in a reasonable way. The type approval also means that installation -and user instructions have been scrutinized and approved.

There are however factors which increases the risk for a fire in some special cases. Examples for these are; a deviant way to burn the fire, i.e. very high burning temperature during a prolonged time, rebuilding in connection to an already installed furnace as well use of not type approved or certified products. The thermal load which in such case develops during such cases is depended of how the fireplace, fume channel and building are suited to each other and the thermal collaboration is acting between them. In this project have these issues been studied with mathematical modelling as well as practical experiments.

The following conclusions of the investigation can be drawn:

- the risk for a fire is non-existent during use of type approved furnaces which have been installed and are being used in the way they have been designed for.
- the intense of the burning (in kg/h) and the duration of the burning have great importance for the temperature which arises in combustible parts of the building and in the fumes. Prolonged burning in products with big furnaces, i.e. due to power interruption or during heating of a cold holiday cottage, could lead to too high temperatures in i.e. beams.
- if the manufacturer only states the power in kW for the local furnace it can be very difficult for the user to convert this to the recommended amount of wood in kg/h. The idea of what is a normal amount of wood to use is very different from person to person.
- the penetration through the beams is a critical point. If the distance between the fume channel and combustible parts of the building not is big enough and is aerated increases the risk for a fire during prolonged burning at high power.
- to keep the prescribed distance between the fireplace and surrounding combustible walls and roof is very important for fire safety. This becomes more important the smaller the distance required; an air slot of i.e. 10 mm between furnace and rear wall gives a much smaller wall temperature than if the furnace was placed close to the wall.
- adaptation between furnace and type of fume channel is very important since different fume channels are approved for different temperatures. Use of a fume gas thermometer is recommended as it gives a good perception of which burning intensity that is suitable.
- it is very important that the new owner/user is informed of how the furnace should be used when the property with a local furnace changes owner/user.

Innehåll

1	BAKGRUND/FÖRUTSÄTTNINGAR.....	7
2	MÅL	9
	PROJEKTET HAR HAFT FÖLJANDE MÅL:	9
3	SYFTE.....	9
4	MARKNADEN OCH ANVÄNDNINGSSÄTT.....	10
5	EXEMPEL PÅ BRÄNDER SOM UPPKOMMIT TILL FÖLJD AV ÖVERHETTNING	12
6	NORMER	13
7	LAGSTIFTNING.....	14
7.1	BYGGLAGSTIFTNINGEN	14
7.2	LAGSTIFTNING TILL SKYDD MOT OLYCKOR	16
8	GENOMFÖRANDE	17
8.1	MÄTNING	17
8.2	SIMULERING.....	17
9	DEN MÄNSKLIGA FAKTORN	18
9.1	NÅGRA OLIKA ELDARTYPER	18
9.2	ELDARTYPEN TRIVSELPELLE	19
9.3	ELDARTYPEN BROR DUKTIG	19
10	EXPERIMENTELLA UNDERSÖKNINGAR	20
10.1	KAMIN.....	21
10.1.1	Förbränningssystemet.....	22
10.1.2	Installation	23
10.2	SKORSTEN	23
10.2.1	Konstruktion.....	24
10.2.2	Låsband.....	25
10.2.3	Högtemperaturkorrosion.....	25
10.3	TESTRIGGEN.....	26
10.4	FÖRSÖK 1	27
10.4.1	Energiinnehåll i veden	27
10.5	MÄTRESULTAT	29
10.5.1	Mätresultat från termoelement och Pt-100.....	29
10.5.2	Mätresultat från IR-kamera	30
10.6	FÖRSÖK 2	32
10.7	UNDERSÖKNING AV SKORSTEN EFTER PROVELDNINGARNA.....	32
10.8	FÖRSÖK 3	33
10.9	KOMMENTARER TILL ELDNINGSSÄTT	36
11	MATEMATISK SIMULERING	36
11.1	NUMERISK LÖSARE - 1D	36
11.2	NUMERISK LÖSARE - 2D	37
11.3	RESULTAT	39
11.3.1	Taktemperatur.....	39
11.3.2	Avsvalningsförlopp.....	40
12	HUR KAN EN FARLIG KONSTRUKTION UT?.....	41
13	NYA BYGGTRENDER.....	42
13.1	CELLPLASTISOLERING	42

13.2	SKORSTENSFRIA ÖPPNA SPISAR SOM ELDAS MED ALKOHOLGEL (SPRITKAMINER). ...	42
14	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	43
14.1	BEDÖMNING AV KAMIN OCH SKORSTEN	44
14.2	REKOMMENDATIONER.....	45
15	MÅLREALISERING	47
15.1	LÅNGTIDSELDNING I BYGGNADER	47
15.2	RISKER MED OM OCH TILLBYGGNAD	47
15.3	METODER FÖR VETENSKAPLIG BEDÖMNING AV INSTALLATIONER.....	48
16	KOMMENTARER	48
17	REFERENSER.....	50
A	PLACERING AV GIVARE.....	51
B	TABELLER.....	52
B.1	PLACERING AV GIVARE.....	52
B.2	VEDMATNING.....	53
C	GRAFER.....	54
C.1	FÖRSTA ELDNINGEN.....	54
C.2	ANDRA ELDNINGEN	59
C.3	TREDJE ELDNINGEN	62
D	INFORMATION PÅ HEMSIDOR.....	66
E	FORMULÄR FÖR ATT BEDÖMA EN SKORSTENSINSTALLATION.....	67

1 Bakgrund/förutsättningar

En av nyheterna i den nya räddningstjänstlagstiftningen är att brandskyddskontroller i enskilda fastigheter får en ökad omfattning och tyngd jämfört med sotningen. Vid brandskyddskontrollen ska skorstenens väg genom huset noggrant följas och riskerna utvärderas. För exempelvis en braskamin som eldas dagligen ska kontrollen genomföras vart annat år. Kontrollen ska utföras av specialutbildad personal, som bland annat skall ha deltagit i en särskild utbildning på Räddningsskolan.

Under de senaste åren har det genom frågor från bland andra skorstensfejare framkommit att installationer av nya eldstäder i hemmen inte alltid är tillfredsställande utifrån den erfarenhet som skorstensfejaren har. Trots detta har det i en del fall inte gått att underkänna installationen. Orsakerna har bland annat varit brist på vetenskaplig motivering av varför installationen inte är lämplig ur brandteknisk synpunkt. Ägaren har ofta svårt att acceptera ett underkännande som enbart motiveras av beprövad erfarenhet.

I de allra flesta fall är den kamin (eller annan eldstad) som installerats typgodkänd. Detta innebär bl.a. att en typprovning av produkten gjorts enligt fastställd provningsmetod och att resultaten därefter granskats gentemot kraven för typgodkännande/certifiering. Typprovningen innefattar bl.a. en provning vid hög eldningsintensitet. Vidare har installations- och skötselanvisningar granskats och godkänts. Förutsatt att installationsanvisningarna och det föreskrivna eldningssättet följs erhålls därmed ett gott brandskydd.

Emellertid kan flera faktorer i det enskilda fallet göra att säkerheten försämrats. Exempel på sådana är:

- icke typgodkända/certifierade produkter
- ett installationssätt som i det enskilda fallet är svårt att bedöma gentemot gällande anvisningar
- avvikande eldningssätt, t.ex. mycket hög eldningsintensitet

Det har förekommit bränder eller brandtillbud där installationen av kaminen har varit värmetekniskt olämplig. Med detta menas här att byggnaden antänts indirekt av den värme som kommer från eldstad och skorsten. Installationen har oftast gjorts till belåtenhet för både installatör och ägare. I vissa fall kan detta handla om samma person.

Ett annat problem som förekommer med lokaleldstäder i hemmen är att den fria marknaden inom EU gör att lokaleldstäder och rökanaler, som inte är anpassade till svenska byggnormer, tillförs marknaden i Sverige. Att en viss modell inte är anpassad för svensk byggstandard är naturligtvis en nackdel, men

med rätt kunskaper och rätt analysmetod - "verktyg" - kan man ofta med små medel anpassa konstruktionen till våra förhållanden.

Ett dilemma för många husägare är de höga energipriserna som innebär att lokaleldstäder som ursprungligen var avsedda för trivseldning, mer och mer blir en del av bostadens uppvärmning. Idag installeras lokaleldstäder som ett planerat komplement till uppvärmningen av huset, i vissa fall som den huvudsakliga uppvärmningskällan. Detta innebär att man eldar oftare och dessutom under längre tid varje gång. Den tidigare kunskapen om hur man eldar har delvis försvunnit i samband med att eldstäderna försvann ur husen i mitten av 1900-talet. Vi kan i detta fall tala om en förlorad generation av eldningskunniga husägare.

Ett annat problem uppstår vid längre strömavbrott då lokaleldstaden ofta är den enda möjligheten till uppvärmning. Vid strömavbrott får man räkna med att eldningen kan bli mycket intensiv. Detta kan leda till en termisk belastning som ofta överstiger vad eldstaden, skorstenen och dess installation är avsedd för, vilket ger en ökande brandrisk som följd.

Moderna kaminer har ofta en design där förbränningsrummet är stort och insynen till själva elden är god. Detta kan inbjuda till eldning med högre effekt än vad kaminen är avsedd för. Detta inträffar även vid tillfällen då man bara eldar för trivsel, men situationen blir naturligtvis värre om man också använder kaminen som värmekälla.

Vid brandskyddskontrollen är det en stor fördel att ha ett väl underbyggt faktaunderlag och verifierade metoder för bedömningen. Material för detta, t.ex. underlag för typgodkännande, finns inte alltid tillgängliga och är, även om det finns, inte alltid tillämpligt för alla tänkbara typer av installationer. Generella metoder för bedömning av hela systemet lokaleldstad, skorsten och byggnad saknas också. Mot bakgrund av ovan angivna riskfaktorer accentueras behovet av bedömningsverktyg. Särskilt uttalat blir detta i det fall eldstaden är avsedd att användas för trivseldning (inspektionsintervallet är då 8 år) men i verkligheten används mer eller mindre kontinuerligt. Ytterligare bakgrunds-information inklusive referenser finns bland annat i Räddningsverkets rapport "Mätning och modellering av temperaturförlopp i byggnadskonstruktioner – En förstudie"¹

¹ Mätning och modellering av temperaturförlopp i byggnadskonstruktioner

2 Mål

Projektet har haft följande mål:

- Att belysa risker för hur intensiv- och långtidseldning i lokaleldstäder, exempelvis braskaminer, påverkar risken för att brand ska uppstå i byggnaden.
- Att belysa risker med om- och tillbyggnad av ett hus avseende brandrisk kopplade till installerade lokaleldstäder.
- Att analysera och identifiera behoven av vetenskapligt underbyggda motiveringar som kan användas vid bedömning av eventuella brandrisker i ”avvikande” installationer av lokaleldstäder

3 Syfte

Syftet med detta projekt är att exemplifiera och teoretiskt beskriva värmetekniska förlopp i samband med eldning i lokaleldstäder. Detta medför att beskrivning av riskfaktorer i samband med eldning kan göras på ett säkrare sätt.

Redan vid ”normal” användning ställs stora krav på installationen av en lokaleldstad och kraven ökar väsentligt med en mer intensiv och/eller längre eldning. Det räcker då inte med att lokaleldstaden betraktas som en fristående enhet, utan också de termiska egenskaperna hos väggar, bjälklag, tak och skorsten måste beaktas. I detta projekt studeras samtidigt de tre delsystemen *byggnad*, *omgivande luft* och *kamin med rökgång* istället för delsystemen var för sig. I vissa fall kan kamin och rökgång betraktas som två separata system istället för en enhet.

Projektet har genomgående fokuserat på lokaleldstäders termiska belastning på byggnader kopplat till eldningens intensitet och varaktighet. Dessa aspekter är intressanta var för sig, men särskilt tillsammans, eftersom byggnader har en mycket lång tidskonstant vid uppvärmning.

Ett antal intressanta frågeställningar har identifierats:

- Vad krävs av eldstaden och dess installation om den övergår från att användas för trivseldning till att tidvis vara en uppvärmningskälla för hela fastigheten?
- Kan man med enkla medel komplettera eller bygga om den befintliga byggnaden eller eldstaden eller rökkanalen för att klara av en förhöjd termisk belastning? Hur skulle detta kunna ske?
- Vilka metoder kan användas på fältet för att identifiera, värdera och verifiera förekommande brandrisker?

För att kunna använda en lokaleldstad för uppvärmning krävs bland annat att den är installerad på ett sådant sätt att den lagrade värmen i kaminen, men även i byggnaden, inte gör att riskabelt höga temperaturer kan uppnås efter lång tids eldning. Lokaleldstäder installeras i dag i byggnader mot väggar som i ett kortare perspektiv inte är brännbara, men som vid en stor termisk belastning under lång tid kan uppnå för höga temperaturer

Den termiska belastningen på byggnadsdelar är oftast det som försummas i sammanhanget. Tyvärr är det en vanlig missuppfattning att isoleringsmaterial inte leder värme. Detta en sanning med modifikation då alla material leder värme i någon utsträckning. En lämplig jämförelse är aluminium som har en termisk ledningsförmåga på $236 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})^2$, medan mineralull har ledningsförmågan $0,037 \text{ W}/\text{Ä}(\text{m} \cdot \text{K})^3$, vilket betyder att skillnaden i ledningsförmåga är ca 4000 gånger. Detta betyder inte bara att värmen leds in 4000 gånger långsammare utan att också den leds ut lika långsamt. Isoleringsmaterial är således ett värmelager. Se vidare i avsnitt 11.

4 Marknaden och användningssätt

Under de senaste åren har det blivit mycket populärt att installera lokaleldstäder av typen braskaminer. Tyvärr behärskar inte alla användare konsten att elda. Under projektets gång har vi frågat personer i runt omkring oss om hur mycket ved de stoppar i sin kamin. Det visar sig att många inte vet vad som står i bruksanvisningen, om man ens har sett någon. Har man inte installerat eldstaden själv är det inte osannolikt att bruksanvisningen/instruktionsboken har förkommit. Ofta fyller man på för mycket ved.

I instruktionen från Boverket framgår att man måste göra en bygganmälan för att få installera en eldstad och skorsten. Kommunernas förmåga att informera innevånarna om detta varierar kraftigt. Det finns exempel från prydliga informativa 4-färgsbrochyrer till ingen information alls (17 kommuners hemsidor har undersökts slumpvis).

Askhanteringen är ytterligare ett problem. Det har förekommit incidenter och händelser där personer har lagt askan t.ex. på en tidning, i en påse (av plast eller papper), i en plastbunke m.m. Det viktiga ur brandsynpunkt är att askan förvaras brandsäkert tills den är helt släckt och inte kan orsaka bränder då den kastas, dvs kärlet bör vara av plåt eller någon keram. Ett flertal bränder har inträffat p.g.a. felaktig förvaring

² <http://sv.wikipedia.org>

³ <http://www.paroc.se>

Vad det gäller miljöaspekterna på eldningen gäller att man eldar med torr, huggen ved och att man ser till att förbränningen inte är forcerad.

Designtrenden just nu (2006) är att själva brasan skall exponeras så mycket som möjligt och därför görs kaminerna med väl tilltagna förbränningsrum och luckor. Detta kan möjliggöra överbelastning om inte andra begränsande anordningar finns. En normal kamin kan vara dimensionerad för effekten 8 kW vilket motsvarar en genomsnittlig vedmängd på 2,5 kg/h (ca 5 normalstora vedträn).

Användaren eldar delvis för att det skall vara hemtrevligt och estetiskt tilltalande. En annan orsak att elda är att man fryser vid t.ex. el- eller fjärrvärmeavbrott eller att man kommer till det ouppvärmda sommarhuset mitt i vintern och det behöver värmas upp snabbt. Då är det svårt att lägga in 2 vedträn i taget.

Gammaldags kakelugnar spricker om man eldar för hårt, vilket innebär att systemet är självreglerande. Moderna kaminer som är av stålplåt signalerar inte eventuell överbelastning utan känns möjligtvis varma och blir rödaktiga. De långsiktiga skadorna på kamin och skorsten kan dock vara väsentliga.

Dagens inredningstrender kan också göra att en ny kamin installeras och ansluts till en gammal skorsten. Detta är inte alltid ett bra alternativ då skorstenen kan ha utsatts för höga temperaturer med den gamla kaminen. Det är därför av största vikt att ägaren har förvissat sig om den gamla skorstenens kvalitet och att man eventuellt genomför en provtryckning före installation av den nya kaminen. Det finns idag möjligheter att montera insatsrör i den gamla murade skorstenen vilket gör skorstenspipan tät. Detta kan dock i vissa fall leda till ett försämrat drag i skorstenen, vilket i sin tur leder till sämre förbränning och ökad risk för sotbrand. Det är fortfarande skadligt för skorstenen av överelda den.

.

Under den senaste tiden har önskan om en mer kontinuerlig och jämn uppvärmning av bostaden gjort att fler kaminer utrustas med vattenmantel. Detta gör risken för överhettning mindre eftersom avkylningen av kaminen blir effektivare. Ett vattensystem som värms upp kräver dock att ett säkerhetssystem finns i form av bl.a. säkerhetsventiler och expansionskärl och tillräcklig vattenvolym på något sätt. Vattenvolymer kan utgöras av radiatorer och rörsystem, men kan också innefatta någon form av ackumulator. Det kan också handla om att man kopplar in kaminens uppvärmda vatten till det ordinarie vattenburna systemet. Man bör dock vara vaksam då en felaktigt konstruerad vattenmantel kan leda till för stor avkylning och risk för ökad tjär- och sotbildning vilket kan leda till sotbrand. Det finns, än så länge, inte mycket att läsa om system av den här typen men användandet ökar.

5 Exempel på bränder som uppkommit till följd av överhettning

I de skadefall som redovisas nedan har vi funnit några gemensamma faktorer. Eldningen har i princip varit av normalkaraktär och ingen forcerad eldning har förekommit. Den som har eldat har heller inte varit uppenbart omdömeslös eller ovarsam. Ingen soteld har förekommit i något av fallen. Trots detta har brand uppstått.

Det finns emellertid några gemensamma faktorer som kan förklara varför brand har uppstått. Det som är påfallande i samtliga fall är att man inte har förstått hur värme transporteras mellan lokaleldstaden och den övriga byggnaden. Förståelsen för sambandet mellan värmetransport och temperatur är också bristfällig. Man har heller inte haft insikt i det dynamiska temperaturförlopp som alltid uppkommer i en byggnad i samband med eldning i en lokaleldstad.

Här följer en kort presentation och av några skadefall samt kommentarer till händelseförloppet

- En vedpanna var installerad i ett bostadshus. I samband med en reparation eller service avlägsnades isoleringen, men den återmonterades inte. När anläggningen sedan togs i drift resulterade detta i en överhettning av en innervägg, som började brinna. I detta fall har ägaren eller den som ägaren har anlitat för reparation eller service inte till fullo förstått kopplingen mellan värmetransport och temperatur.
- En spiskassett hade installerats i en befintlig öppen spis. På grund av att rökgången var trång drogs ett flexibelt rör på utsidan av befintlig murstock och svängde in i murstocken i höjd med bjälklaget. Det nya röret murades in bakom lättbetongplattor och dessa putsades. Provtryckning och okulärbesiktning visade inte på något onormalt. Efter ett par år uppstod brand i bjälklaget. Vid närmare studium visade det sig att det flexibla röret hade legat endast 2-3 cm från brännbara byggnadsdelar. Detta tyder på dålig kunskap hos installatören om hur värmetransporten sker i olika material samt på bristande förståelse för sambandet mellan värmetransport och temperatur.
- En murspis av klassisk design skulle installeras i ett äldre hus. Murspisen var konstruerad i lättbetong med en spisinsats i plåt. På grund av att det äldre huset hade lågt i tak beslöt man att ta bort en del av murspisens övre del. Olyckligtvis tog man bort den del av spisen som innehöll ett strålningsskydd mot bjälklaget. Detta resulterade i att det efter endast ett fåtal eldningar uppstod en brand i bjälklaget på grund av överhettning. Installationen var i övrigt gjord enligt installationsbeskrivning, men en viss överhettning hade ändå skett bakom kaminen, eftersom det inte i installationsanvisningen fanns krav på någon luftspalt mellan vägg och murspis. De uppkomna skadorna tyder på bristande

förståelse för sambandet mellan värmetransport och temperatur hos både leverantören och installatören av murspisen.

I samtliga dessa fall betedde sig eldaren helt normalt. Branden orsakades av att installationen var olämpligt utförd ur värmeteknisk synvinkel. Detta i sin tur berodde framför allt på att installatören hade bristande kunskaper om sambandet mellan värmetransport och temperatur.

I en undersökning som publicerades i Jönköpings-Posten 2004⁴ konstaterades att 200 hus, som värmdes med fastbränsle, hade totalt 452 olika anmärkningar. Det rörde sig främst om anmärkningar avseende skorstenar. Detta indikerar att vid nyinstallation av lokaleldstäder bör man vara mycket observant på hur installationen är utförd och speciellt på hur genomföringar i väggar och bjälklag ser ut.

Det är viktigt att alla inblandade parter – brukare, tillverkare, försäljare, installatörer, montörer och besiktningsmän - har en god förståelse för de faktorer som styr värmetransporten och inser sambandet mellan värmetransport och temperatur. Eldningen måste dessutom ske enligt de föreskrifter som gäller för den aktuella lokaleldstaden.

6 Normer

Sedan lång tid har typgodkännande varit det vanliga sättet att verifiera bl.a. brandsäkerheten hos lokaleldstäder. Typgodkännandet innebär att en typprovning genomförts enligt en fastställd provningsmetod. Eldstaden installeras då på det sätt som föreskrivs i tillverkarens anvisningar. Eldstaden provas både vid normal och hög effekt, och temperaturen i rökgaserna, på omgivande brännbara byggnadsdelar samt på själva eldstaden bestäms efter ett antal timmars eldning. Detta prov ligger till grund för hur eldstaden får installeras.

Systemet med typgodkännande håller på att ersättas med en gemensam europeisk CE-märkning. Arbetet med att utveckla europastandarder för kaminer och andra lokaleldstäder har pågått sedan början av 90-talet. De fyra standarder som har utvecklats avser braskaminer SS-EN 13240, insatser (och insatser med omramning) SS-EN 13229, köksspisar SS-EN 12815 och kökspannor SS-EN 12809. I alla dessa standarder ingår även vattenmantlade modeller. I provningen ingår mätning av utsläpp, effektivitet, säkerhetsprov samt granskning av konstruktionen.

Under de senaste åren har arbetet med standarderna koncentrerats på att få dessa standarder harmoniserade vilket innebär att man kan CE-märka

⁴ Bergström M., Jönköpingsposten 2004-11-18

kaminerna mot byggproduktdirektivet. CE-märkning av kaminer är emellertid

frivilligt i Sverige utan här skall kaminerna uppfylla de svenska byggreglerna.

Två ytterligare standarder har arbetats fram i standardiseringsgruppen, dels för tunga eldstäder (t.ex. kakelugnar) och dels för pelletskaminer. Dessa standarder är dock i skrivande stund ännu inte fastställda.

SP använder sig numera av ovan nämnda standarder för att prova kaminer.

Svanenmärkning är en frivillig nordisk miljömärkning. Inom produktgruppen eldstäder finns s.k. kriteriedokument utarbetade för braskaminer, pelletskaminer och värmeackumulerande eldstäder (t.ex kakelugnar). För kaminer sker provningen dels efter gällande europastandarder (se ovan) och dels efter valda delar av den norska standarden för kaminer. Krav ställs på utsläpp av OGC (organiskt bundet kol), CO och stoft samt också på verkningsgraden.

P-märkning är ett frivilligt kvalitetsmärkningssystem för ett rad olika produkttyper. Tanken med detta är att ställa hårdare och/eller andra krav än gällande myndighetskrav. P-märkningsregler för kaminer utvecklades under 2001 och SP har sedan dess P-märkt 15 olika modeller. I P-märkningen ingår krav på utsläpp, effektivitet, säkerhet samt konstruktionsgranskning. Kraven är strängare jämfört med de svenska byggreglerna. Dessutom sker provningen även vid låg effekt (< 4 kW) då det är svårare att uppnå en bra förbränning. Anledningen till att prova vid en låg effekt är att efterlikna ett vanligt användningssätt av kaminer.

7 Lagstiftning

Den lagstiftning som berör en installation av en lokaleldstad är dels bygglagstiftningen, dels lagstiftningen till skydd mot olyckor. Enkelt uttryckt kan man säga att bygglagstiftningen reglerar vad som gäller vid installationen av eldstaden, medan lagstiftningen till skydd mot olyckor reglerar tillsyn, underhåll och kontroll efter det att eldstaden tagits i drift.

7.1 Bygglagstiftningen

Lagar och föreskrifter som gäller utförandet av en byggnad och dess installationer finns i Plan- och Bygglagen (PBL, 1987:10) samt lagen (BVL) 1994:847 om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m. med därtill hörande förordningar. Tillämpningsföreskrifter finns i Boverkets Byggregler 1993:57 med gällande ändringar till och med BFS 2006:12. Grunden för samhällets tillsyn över byggnaders utförande är de krav på bygglov resp. bygganmälan som fastställs i PBL. Bygglov beslutas av kommunens byggnadsnämnd.

Bygglov krävs för följande aktiviteter: nybyggnad, tillbyggnad, ändring av byggnads användning, ändring av en byggnads yttre utseende samt om en inre ändring av en byggnad innebär att någon ytterligare bostadslägenhet eller lokal för handel, industri eller hantverk skapas. Kommunen kan dock besluta om minskad eller utökad bygglovsplikt jämfört med detta.

Bygglov krävs således inte för installation eller utbyte av en eldstad, t.ex. lokaleldstad. Däremot krävs en **bygganmälan** som också ställs till kommunens byggnadsnämnd. Detta krav gäller t.ex. vid installation eller väsentlig ändring av hissar, eldstäder, rökkanaler, anordningar för ventilation, vatten och avlopp. Bygganmälan krävs även i de fall där bygglov erhållits. Denna skall ge byggnadsnämnden möjlighet att förbereda sin tillsyn över byggprojektet och preliminärt bedöma kontrollbehovet.

Tolkningen av vad som är ”väsentlig förändring” varierar mellan olika kommuner. Enligt Boverket anses bl.a. byte av bränsle, ändrad effekt på eldstaden, ändring av skorstenen eller andra åtgärder som kan påverka byggnadens brandskydd vara sådana förändringar.

Bygganmälan skall inlämnas av byggherren. Den skall normalt åtföljas av:

- planritning där eldstad och rökkanal finns inritade;
- fasadritning som visar rökkanalens plats och höjd övernock;
- produktuppgifter och ev. typgodkännandebevis;
- anmälan av kvalitetsansvarig;
- kontrollplan.

Det vanligaste sättet att visa att den eldstad som skall installeras är säker ur brandteknisk synpunkt är att den är typgodkänd och att den installeras enligt de anvisningar som ingår i typgodkännandet.

Kvalitetsansvarig skall vara en person som skall hjälpa byggherren att bland annat se till att alla kontroller görs som är nödvändiga för att bygglagstiftningens krav kan uppfyllas. Den som monterar kan normalt godtas som kvalitetsansvarig, och för enklare installationer kan sökanden godtas som kvalitetsansvarig.

Kontrollplanen skall normalt omfatta följande:

- att utförandet överensstämmer med godkända handlingar enligt bygganmälan
- att montering och utförande är enligt monteringsanvisningar/normer
- att bjälklaget där eldstaden är placerad har tillräcklig bärförmåga
- att eldstadsplanet är utfört enligt gällande föreskrifter
- att rökkanalen är provtryckt och tät
- att uppstigningsanordningar är utförda enligt gällande föreskrifter

Då arbetet är klart skall anmälan göras att installationen är färdigställd. Avsyningsintyg från t.ex. skorstensfejarmästaren skall normalt föreligga innan eldstaden får tas i bruk.

7.2 Lagstiftning till skydd mot olyckor

Lagen och förordningen om skydd mot olyckor (2003:778 resp. 2003:789) ersatte 1 januari 2004 tidigare räddningstjänstlag och d:o förordning. I Lagen om skydd mot olyckor görs vad gäller tillsynen av eldstäder och rökanaler en uppdelning i **rengöring (sotning)** samt **brandskyddskontroll**, vilka tidigare genomfördes vid ett och samma tillfälle med intervall (frister) som fastställdes av Räddningsverket. Brandskyddskontrollen är en myndighetsuppgift medan ansvaret för sotningen numera ligger på fastighetsägaren. Denne kan antingen anlita professionell hjälp för rengöring som hittills, eller själv genomföra den (normalt efter en kortare utbildning). Kommunen beslutar om vilka frister som skall gälla för sotningen, men kan om man så beslutar följa Räddningsverkets allmänna råd om tillämpbara frister för sotning med hänsyn till föreliggande brandrisk för olika typer av eldstäder.

Med stöd av Lagen och Förordningen har Räddningsverket utfärdat "Föreskrifter och allmänna råd om rengöring (sotning) och brandskyddskontroll" (SRV FS 2005:9). I denna fastställs frister för brandskyddskontrollen, omfattningen av denna samt behörighetskrav för de personer som skall utföra kontrollen.

Enligt denna föreskrift skall den första brandskyddskontrollen efter nybyggnad eller ändring som föranlett bygganmälan ske inom ett år från det att anläggningen färdigställdes. För lokaleldstäder som utgör den primära uppvärmningskällan skall därefter kontrollfristen vara två år. Om däremot lokaleldstaden inte är den primära uppvärmningskällan är kontrollfristen hela åtta år.

Brandskyddskontrollen skall enligt föreskriften "omfatta de moment som krävs för att kunna bedöma den enskilda anläggningens säkerhet från brandskyddssynpunkt. Hänsyn skall tas till hur brandskyddet påverkas av

1. Sotbildning och beläggningar
2. Skador eller förändringar av det tekniska utförandet
3. Temperaturförhållanden
4. Tryckförhållanden och täthet
5. Drift och skötsel."

Det ställs också krav på att varje kontrolltillfälle skall dokumenteras så att vad som kontrollerats, vilka provningar som gjorts och resultatet av kontrollen framgår. Ägaren skall också informeras om resultatet av kontrollen.

8 Genomförande

Projektet är uppdelat i tre delar; en litteraturstudie, en simuleringsdel och en experimentell del. Den experimentella delen genomfördes i en kamin av typen Intrepid II, tillverkad av Vermont Castings, en närmare beskrivning finns i avsnitt 10.1. Skorstenen var av typen Steel 60 från Schiedel, närmare beskrivning i 10.2.

8.1 Mätning

Tre mätningar gjordes under vintern och våren 2006. I samtliga tre fall tände man i kaminen enligt instruktionsboken. Varefter det blev varmt stängdes det spjäll som leder gaserna förbi den inbyggda katalysatorn och normal eldning inleddes. Matningen av ved var lite varierande.

1. Mätning gjordes enligt den instruktion som medföljer kaminen och med den effekt den maxeffekt den är avsedd för. Dessutom överlastades kaminen något.
2. Eldning för att värme upp en utkyld lokal (detta innebär en betydande överlast). Eldningen kan dock inte avses vara ovarsam. Vid tillfället var skorstenen försedd med ett schakt byggt av träfiberplattor och mineralull.
3. Eldning för att demonstrera en eldning enligt båda tidigare fallen gjordes i samband med sotarkonferensen 2006. En ytterligare parameter som lades till vid detta tillfälle var att springan mellan skorsten och bjälklag tätades för att visa det fall då skorstenen monteras mot bjälklaget utan spalt.

8.2 Simulering

I simuleringsdelen av projektet har värmetekniska beräkningar av skorsten, kamin och byggnaden tillsammans. Simuleringarna har sedan kalibrerats mot de mätningar som gjorts för motsvarande fall. Beräkningarna har gjorts mestadels med egen MatLab kod.

9 Den mänskliga faktorn

Den mänskliga faktorn talar man om då en person p.g.a. okunskap eller otur utsätter sig och/eller sin omgivning för fara.. Det må vara hanterandet av en kniv i köket, en giftig vätska i källaren eller en öppen eld så kommer kunskap och omdöme att spela roll. Dock är det inte alltid som sunt förnuft räcker ända fram utan man måste ha en djup kunskap också. Vi har i detta fall valt att kalla dem eldarter.

9.1 Några olika eldarter

Man har ofta den uppfattningen att en noggrann och ordentliga användare av braskaminer har ett beteende som innebär en mycket liten brandrisk jämfört med slarviga och lite lagom omdömeslösa eldare. Så länge eldstaden används för ”trivseldning” är denna uppfattning i de allra flesta fall helt korrekt. Under vissa speciella omständigheter kan det emellertid vara så att även en noggrann och ordentlig eldare kan ha ett beteende som innebär en avsevärd brandrisk. Det är speciellt olyckligt om användaren tror att hans beteende är helt riskfritt. Än så länge är lyckligtvis sådana fall mycket sällsynt.

För att belysa problematiken beskriver vi två typer av braskaminanvändare. Låt oss kalla den ena eldarten för Bror Duktig och den andra för TrivselPelle eller kanske snarare SlarvPelle. Vi koncentrerar oss nu på att studera den typ av lokaleldstäder som i huvudsak används som trivselhögare. De flesta braskaminer kan räknas till denna eldstadstyp. Det är emellertid helt möjligt att använda ”trivselkaminerna” som husets värmekälla, om man accepterar att uppvärmningen blir lite ojämn över tiden och att uppvärmningen i princip minskar med avståndet från kaminen. Vi utesluter också automatisk eldning med pellets och anser att kaminen eldas manuellt med ved.

Det finns idag en tendens att använda braskaminen för mer eller mindre kontinuerlig uppvärmning av bostaden och inte enbart för stöeldning. Om braskaminen blir den huvudsakliga värmekällan i huset måste eldstadsinstallationen vara dimensionerad för kontinuerlig drift och eldningen måste ske på ett korrekt sätt. Vid installationen måste man särskilt beakta samspelet mellan kamin, skorsten och bjälklag.

Om kaminen blir husets huvudsakliga värmekälla kan det i olyckliga fall leda till att brandrisken ökar även om eldaren är både noggrann och ordentlig. Det kan ibland vara så olyckligt att eldaren inte ens vet om att brandrisken ökar – han eldar ju helt enligt instruktionsboken.

Ju högre elpriset blir desto populärare blir det att använda braskaminen som husets huvudvärmekälla. Därmed ökar också brandrisken. Vad som skulle kunna hända om elpriserna fortsätter att stiga i den takt som nu gäller – augusti 2006 – vill man helst inte tänka på.

9.2 Eldartypen TrivselPelle

TrivselPelle eldar i kaminen en eller annan gång i veckan och avsikten är i första hand att åstadkomma en trivselbrasa. Gissningsvis bekymrar sig inte TrivselPelle om någon rekommenderad vedmängd per timme. Man kan på goda grunder befara att han fyller kaminen med så mycket ved som får plats och dessutom ser han till att det brinner ordentligt genom att inte strypa draget i onödan. I många fall har TrivselPelle glömt av att det finns en bruksanvisning eller instruktionsbok till eldstaden. I dessa handlingar finns uppgifter om hur man skall elda och där anges alltid rekommenderad bränsletillförsel per timme. I värsta fall har TrivselPelle ingen anvisning om att det finns något som heter rekommenderad bränslemängd och bruksanvisningen kan dessutom ha förkommit.

När TrivselPelle eldar ”en liten brasa” är det stor risk att rökgaserna i skorstenen får en temperatur som åtminstone tidvis överskrider den maximala temperatur som kaminen och skorstenen är konstruerade för. I vissa typer av kaminer kan man enligt försöken nedan elda så att man kommer upp i rökgastemperaturer på över 1000 °C om man bär sig dumt åt. Det är inte säkert att TrivselPelle begriper att han bär sig dumt åt. Bjälklaget som omger skorstenen börjar också att långsamt värmas upp

I de flesta fall tröttnar TrivselPelle på mysbrasan efter någon eller några timmar och slutar att elda. Kaminen och skorstenen svalnar. Även bjälklaget svalnar, men betydligt långsammare. Eftersom TrivselPelle endast eldar någon eller några gånger i veckan hinner förhoppningsvis bjälklaget att svalna innan det är dags för nästa trivselbrasa med tillhörande värmechock.

Så länge som TrivselPelle håller sig till mysbrasor innebär det normalt inga större problem, men när TrivselPelle börjar elda kontinuerligt blir det förmodligen problem. Kombinationen av kontinuerlig eldning och TrivselPelles eldningsbeteende – eller snarare brist på eldningsbeteende – kommer förmodligen att ge för höga temperaturer i skorstenen. Detta kan resultera i otillåtet höga temperaturer i bjälklaget och därmed en ökande brandrisk. Bjälklaget hinner inte att svalna mellan eldningsomgångarna och temperaturen stiger kontinuerligt tills den stabiliseras på en hög nivå.

9.3 Eldartypen Bror Duktig

Bror Duktig eldar enligt konstens alla regler och följer noggrant anvisningarna i instruktionsboken. Så länge Bror Duktig eldar trivselbrasor händer ingenting farligt med temperaturen i bjälklaget.

Om han däremot tänker använda braskaminen som husets värmekälla och eldar kontinuerligt under större delen av dygnet kan det i vissa fall bli problem. Gissningsvis följer Bror Duktig anvisningarna i instruktionsboken och rökgaserna får en temperatur som understiger den maximala temperaturen som

gäller för eldstadskonstruktionen med tillhörande skorsten och bjälklagsgenomföring.

I detta fall tillförs emellertid värme kontinuerligt till bjälklaget och det hinner aldrig att svalna mellan eldningarna. Temperaturen når långsamt ett stationärt värde. Vilken temperatur som uppnås i bjälklaget är beroende av skorstenens och bjälklagets konstruktion. Speciellt kritisk är den konstruktiva utformningen av anslutningen mellan skorsten och bjälklag.

10 Experimentella undersökningar

Det har blivit mer och mer populärt att installera en braskamin, då värmeeffekten kan vara uppåt 10 kW och många ser det som ett bra alternativ till andra uppvärmningskällor. Trenden hos tillverkarna verkar vara att minska den rekommenderade maxeffekten till under 10 kW. En undersökning av leverantörer i Sverige gav att 3-9 kW är ett vanligt effektspann. Marknaden växer dock ständigt och nya modeller avpassade för befintliga byggnader tas fram.

Vid köpet av en kamin medföljer mer eller mindre bra anvisningar på hur den ska installeras, vilka förordningar som gäller och tips på hur den bör eldas. Detta har till vår glädje förbättrats under detta projekts gång. Vi skall poängtera att denna undersökning bygger på besök på leverantörernas hemsidor och en enkel genomgång av det sortiment som utbjuds där och i direktreklam. Den kan alltså inte anses vara statistiskt säkerställd.

Tillverkaren säger oftast inget om att det kan vara svårt att själv installera en kamin och skorsten, utan litar oftast på att skorstensfejarmästaren ser eventuella fel vid en besiktning. Om anläggningen underkänns kan detta leda till stora kostnader för "hemma-fixaren" som själv gjort installationen. Vidare kan kamin och skorsten uppfylla alla krav och vara certifierade var för sig, men när de kopplas ihop till en enhet betyder det inte automatiskt att alla krav för en säker eldning är uppfyllda. Det har tyvärr förekommit fall då bränder har startats på grund av felaktiga installationer.

För att få mer förståelse för vad som händer i systemet kamin, skorsten och byggnad byggdes en försöksuppställning upp i Räddningsskolans lokaler i Rosersberg, i rapporten benämns denna uppställning som testtriggen. En kamin (Intrepid II, tillverkad av Vermont) installerades i testtriggen och kaminen anslöts till en prefabricerad stålskorsten av märket Schiedel. Ett antal termoelement och en avancerad IR-kamera mätte hur temperaturen på kamin, skorsten, vägg och tak varierade under olika eldningssätt.

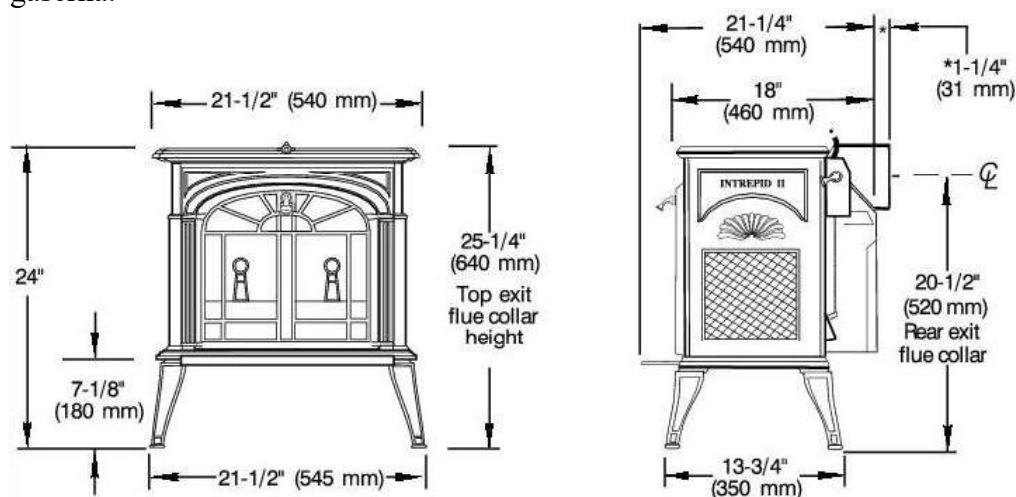
Skorstenen levererades i moduler med längder på 1 m och det visade sig att en skarv mellan två sådana skorstensmoduler blir varmare än övriga skorstenen. Enligt tillverkaren skulle det inte vara några problem att sätta denna skarv

direkt mot bjälklaget i en takgenomföring. Försöket skulle visat om tillverkarens råd skulle följas kommer temperaturen bli högre än de 85°C som Boverkets byggregler tillåter och en bjälklagsbrand skulle kunna inträffa. Vidare så konstaterades att temperaturen i en näraliggande vägg inte påverkas nämnvärt av strålning och konvektion från skorstenen, utan det stora problemområdet blir om skarven mellan två skorstensmoduler ligger i takgenomföringen. Är genomföringen dessutom isolerad blir problemet ännu allvarligare.

Utöver praktiska försök så gjordes även en datorsimulering av temperaturvariationen i skorstenen och taket. Simuleringen visade tydligt att temperaturen i taket kommer bli högre om isolermaterialet ligger mot skorstenen, något som tillverkaren av skorstenen inte nämner. Detta kan innebära att träreglar i taket kan torrdestillera och efter hand börja brinna. Införs istället en luftspalt mellan skorstenen och taket undviks den förhöjda temperaturen och brandrisken minskar. Simuleringen visade också att om taktjockleken fördubblas eller om ovansidan på taket isoleras (som kan vara fallet vid exempelvis en vindsvåning), kommer temperaturen i mitten av taket att bli högre än normalt. Det är alltså bättre av vara lite "slarvig" när man installerar sin skorsten och inte isolera allt för mycket och därmed minimera brandrisken..

10.1 Kamin

Den kamin som användes var av modellen Intrepid II, tillverkad av Vermont Castings. Kaminen är tillverkad av gjutjärn. Kaminen anges ha en maximal värmeeffekt på 8 kW, och har inbyggd katalysator för slutförbränning av gaserna.

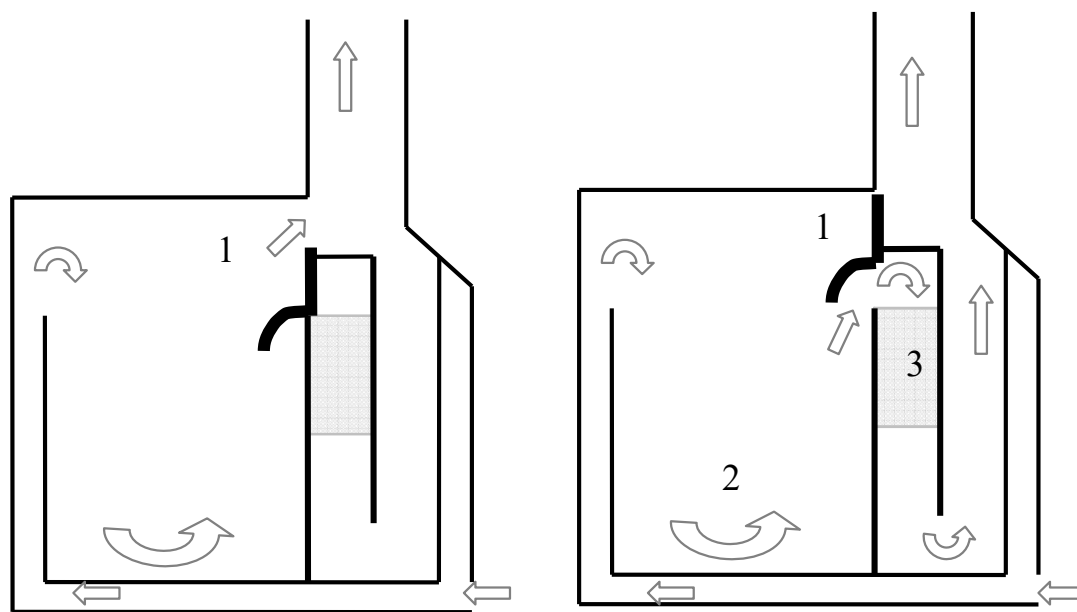


Figur 1: Front och sidovy på kaminen. ©Vermont Castings

10.1.1 Förbränningssystemet

Kaminen består av två olika förbränningskammare, en primär och en sekundär. Luft tillförs genom ett termostatkontrollerat luftspjäll som sitter på baksidan av kaminen. Luften transporteras genom kanaler i kaminens väggar och förvärms samtidigt, innan den fördelas i kaminen. Kaminen är även försedd med ett förbigångsspjäll som används för att ändra rökgasernas väg genom kaminen.. Vid uppstart är förbigångsspjället öppet vilket innebär att rökgaserna inte passerar katalysatorn och efterföljande konvektionsdel (Fig 2a). Vid normal drift passerar däremot rökgaserna katalysatorn och konvektionsdelen (Fig 2b) varvid avkylningen blir avsevärt effektivare.

I den primära förbränningskammaren ligger veden på ett roster och endast det undre lagret av veden brinner vid normal drift. Rökgaserna tvingas över glödbädden och den första förbränningen sker. Oförbrända gaser, som inte brunnit upp i primärzonen, tillförs sekundärluft i sekundärkammaren där en andra förbränning sker. Efter den sekundära förbränningen går rökgaserna genom kaminens konvektionsdel till skorstenen. Fördelen med detta är att kaminen slutförbränner de oförbrända gaserna från primärförbränningen och på så sätt får en bättre verkningsgrad. Dessutom leds rökgaserna en längre sträcka genom kaminen vilket gör att mer värme avges till rummet.



Figur 2: Schematisk bild över luft- och rökgasflödena i kaminen, förbränning utan katalysator och förbränning med katalysator. Den inkommande luften leds även i väggarna

Förbränning utan katalysator, till vänster:

1. Luft tillförs genom ett spjäll på baksidan av kaminen och leds genom kanaler i väggarna där den värms upp innan den fördelas i kaminen. Rökgaserna inkl. eventuella oförbrända ämnen leds direkt till skorstenen via förbigångsspjället vid punkt 1.

Förbränning med katalysator till höger:

1. Vid förbränning med katalysator sker lufttillförseln på samma sätt som för förbränning utan katalysator; dock är förbigångsspjället stängt.
2. Här sker den primära förbränningen och endast det undre lagret av ved förbränns. Veden som ligger ovanför torkas och sjunker sakta ned i förbränningszonen.
3. Med hjälp av en katalysator antänds de oförbrända rökgaserna vid en lägre temperatur i den sekundära förbränningskammaren. Rökgaserna leds sedan ut i skorstenen.

10.1.2 Installation

Enligt installationsanvisningen ska kaminen placeras på ett sådant avstånd från brännbara material att dessa inte riskerar att överhettas. De medföljande anvisningarna om hur detta bör ske skiljer sig dock åt. För den amerikanska marknaden skall avståndet till en oskyddad bakre vägg vara minst 720 mm, medan den svenska bruksanvisningen anger 500 mm som tillräckligt. Detta beror troligtvis på skillnader mellan ländernas respektive byggnormer. Genom att installera olika värmesköldar kan detta avstånd minskas. I försöken var kaminen placerad på ett sådant sätt att centrum på rörgången befann sig drygt 0.5 m från väggen.

Rökkanalsanslutningen monterades så att skorstenen kunde anslutas ovanpå kaminen, så kallad toppanslutning. Detta valdes för att få en så hög belastning som möjligt på skorstenen. Ur värmeekonomiskt hänseende bör man istället använda sig av en horisontell anslutning mellan kamin och skorsten.

10.2 Skorsten

Den skorsten som användes vid proveldningen var av typen Steel 60 från Schiedel. Den har en keramisk isolering och enligt tillverkaren kan den byggas schaktfri i alla miljöer oavsett vilken eldstad eller bränsletyp som används. Skorstenen består av moduler som fogas samman, vilket innebär att det blir skarvar mellan modulerna., se vidare avsnitt 8.1.

10.2.1 Konstruktion

Skorstenens innerröret som har diametern 150 mm, är av syrabeständig stålplåt med kvalitet SS 14 23 43 samt med en godstjocklek på 0.6 mm. Yterröret och spännbanden, som används för att foga ihop modulerna, är gjorda av rostfritt stål med kvaliteten SS 14 23 33. Samma godstjocklek används för yterröret..

Skorstenens isolering är uppbyggd av två skikt. Det skikt som ligger närmast rökgaskanalen är av aluminiumoxid och klarar temperaturer upp till 1800 °C⁵. Det andra skiktet som ligger närmast skorstenens utsida är av stenull.

Användningsområdet är upp till 750°C men bindemedlet avgår redan vid 250°C. Isoleringens totala godstjocklek är 60 mm. Enligt byggproduktcertifikatet för Steel 60 så är skorstenen konstruerad för eldning med bland annat gas, eldningsolja eller ved då rök Gastemperaturerna kontinuerligt inte överstiger 450 °C. Steel 60 kan enligt anvisningar monteras direkt mot brännbar byggnadsdel. Det finns dock en rekommendation på ett avstånd av 10 - 20 mm till närmaste byggnadsdel, för att underlätta montaget. Upphångningsbeslag såsom väggförankringar och konsoler har ett minsta monteringsmått på 50 mm.



Figur 3: Skorsten Schiedel⁶ Steel 60. Skorsten med innerdiameter Ø=150mm och 60 mm isolering. (närmast röret 30 mm aluminiumoxid och utanför detta 30 mm mineralull)

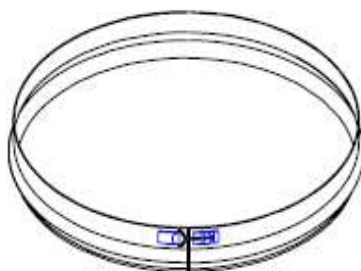
Vid uppförandet av skorstenen användes de monteringsanvisningar som tillverkaren bifogat. Skorstenen levereras i moduler med längder på 1 m. Skorstensdelarna är utformade med en han- och en hondel och dessa kopplingsdelar går omlott med 70 mm vid uppförandet. Vid installationen skall handelen monteras i rökgasernas riktning, alltså uppåt. Skarven mellan skorstensdelarna säkras med ett låsband.

⁵ Nils Larsson, forskningsingenjör vid konstruktionsmaterial, Linköpings tekniska högskola

Vid uppförandet av skorstenen följdes tillverkarens monteringsanvisningar som tillverkaren bifogat. Tätmassa applicerades i hondelens yttervarv och på skarvarna i ytermanteln. Enligt instruktionerna för tätmassan skulle denna härda i minst 24 h. Vid det första försöket fick massan dock härda i endast cirka 3 timmar. Denna korta härdningstid tros dock inte ha haft någon negativ inverkan på försöket eftersom tätmassan fyllde sin funktion och inget läckage upptäcktes. Vid det andra och tredje försöket hade tätmassan härdat tillräckligt länge.

10.2.2 Låsband

Som tidigare nämnts används låsband vid skarvarna för att på ett säkert sätt hålla ihop skorstenen. Under proveldningen användes dock inte några låsband då skorstenens hela tyngd vilade på kaminen. Ur värmeteknisk synvinkel är låsbanden en nackdel p.g.a. den goda värmeledningen. Bandens lilla area, utformning, goda anläggningsyta och placering gör att temperaturen på dessa kommer att bli ungefär detsamma som temperaturen på själva skarven..



Figur 4: Skiss på låsband för ihopkoppling av skorstenens moduler

10.2.3 Högtemperaturkorrosion

Rostfria stål är användbara upp till en viss temperatur, den så kallade skalningstemperaturen. Då temperaturen ligger under skalningstemperaturen kommer ett skyddande oxidskikt att byggas upp. Detta oxidskikt är kompakt och fritt från porer, vilket gör att syre inte kommer i kontakt med metallen under skiktet. Detta i sin tur resulterar i att ingen mer metall oxideras. Då temperaturen överstiger skalningstemperaturen kan oxiden falla av - skala. Om detta inträffar innebär det att oxidtillväxt åter kan uppstå, vilket innebär att metallen förbrukas. Vilken typ av oxid som bildas är beroende dels av vilken typ av bränsle som eldas med dels av tryck och temperatur. Det är inte givet att alla oxider kommer att skala även om temperaturen överstiger skalningstemperaturen.^{6, 7}

⁶ Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?>

⁷ MNC handbook nr 4, utgåva 4 Rostfria stål

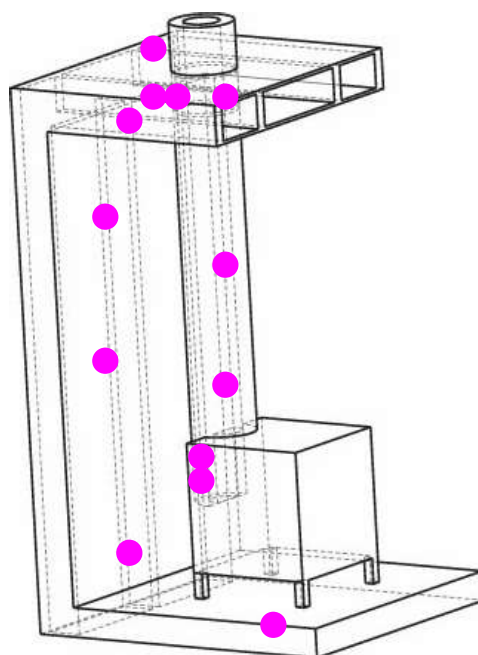
Vid typprovning utsätts innerröret i skorstenen för temperaturer i området 350 till 450 °C. Vid dessa temperaturer är det inte någon risk för skalning då

skalningstemperaturen för syrabeständig stålplåt av kvaliteten SS 14 23 43 är 850 °C. Temperaturen i rökgaserna kan emellertid i vissa extremfall gå upp över 900 °C. Detta skulle då innebära att skalning kan inträffa. För att vara säker på att skalning inte inträffar bör man ta reda på vilken typ av oxid som bildas i skorstenen. Vid temperaturer runt 1000 °C inträffar glödgning vilket innebär att restspänningar i stålet försvinner. Detta kan vara ett problem om inbyggda spänningar från tillverkningen existerar, om dessa är viktiga ur konstruktionshänseende.

10.3 Testriggen

Försökens syfte var att efterlikna eldning inuti ett vanligt hus eller en villa. För detta ändamål användes en testrigg i vilken kaminen installerades. Denna bestod av enkel innervägg med tak och golv uppbyggda av ett ramverk med träreglar, isolering och dubbla gipsplattor. Golvet var inte isolerat utan bestod endast av träreglar och gipsskivor.

För kontinuerlig temperaturmätning monterades 13 st termoelement i olika positioner i testriggen. Termoelement placerades på mittregeln och i taket innan gipsskivor sattes på plats. På väggen fästes tre stycken termoelement av typ K, precis bakom gipsskivan på regeln. Dessutom fästes tre stycken termoelement i taket. För att kunna mäta rökgastemperaturerna borrades två stycken hål i skorstenen och givarna placerades i mitten av rökgaskanalen. För att inte få något läckage tätades hålen med kitt. Ett flertal termoelement fästes även på kaminen - en givare på rökkanalanslutningen, en under asklådan samt en på kaminens baksida. Förutom dessa termoelement av typ K användes även Pt-100 givare. Dessa Pt-100 element placerades på golvet under kaminen samt i springan mellan skorstenen och taket. Förutom dessa två användes även två andra Pt-100 element för mätning av lufttemperaturen nära och en bit ifrån kaminen. Se Figur 5 för en schematisk bild på testriggen och de 13 termoelementens placering. En mer detaljerad bild av placeringen finns i Bilaga A.



Figur 5: Schematisk bild av vägg, tak, kamin och skorsten inklusive mätpunkterna (prickar). Mer information finns i Bilaga A och B.1.

10.4 Försök 1

För att enligt bruksanvisningen uppnå kaminens rekommenderade värmeeffekt var vedmängden beräknad till 2 kg i timmen - med vedpåfyllning varje halvtimme. Med kaminens luft- och reglerspjäll i fullt öppet läge Eldningen påbörjades med kaminens luft- och reglerspjäll i fullt öppet läge. Det visade sig dock snart att vedpåfyllning skulle behöva göras tätare om elden inte skulle brinna ut innan det var dags för nästa omgång ved. Efter ett misslyckat försök att koppla om reglerspjället till katalysatorläge, där elden nära nog höll på att dö ut, öppnades förbigångsspjället åter och påfyllning gjordes därefter med tjugo minuters mellanrum. Efter 45 min kopplades katalysatorn åter in, då med framgång.

Eldningen fortgick i ytterligare en timme innan det beslöts att fördubbla vedmängden för att efterlikna användning med mycket hög belastning Under dessa förhållanden kunde kaminen inte riktigt förbränna allt bränsle, utan resultatet blev en viss uppbyggnad av glödbädd. I slutet av eldningen öppnades förbigångsspjället och rökgaserna fick gå över den magasinerade veden och rakt ut i skorstenen, dvs. inte via katalysator och konvektionsdel... Det bör observeras att eldning med denna vedmängd ger en mycket hög avgiven effekt och att detta måste anses som oaksamhet. Det är dock fullt möjligt att göra på detta sätt, åtminstone under en begränsad tid.

10.4.1 Energiinnehåll i veden

För att bestämma energiinnehållet i den använda veden vägdes den mängd som tillfördes kaminen. Totalt fylldes drygt 9 kg ved på i kaminen under tre timmar

varav 4 kg under sista timmen. Fukthalten hos veden uppmättes till 15.8 % av Tekniska verken i Linköping. Tre prov sågades ut från mitten av ett vedträ och fukthalten bestämdes som ett medelvärde. Det bör dock noteras att fukthalten kan variera inom vedhögen och till och med inom varje vedträ, vilket innebär att energiinnehållet får ses som en god uppskattning. Det effektiva värmevärdet H_i bestämdes på följande sätt⁹:

$$H_i = H_{i,\text{torr}} - 216 \times F \quad (1)$$

där $H_{i,\text{torr}}$ = effektiva värmevärdet på torrsubstans, kJ/kg

F = fukthalten i procent

Björkved har ett energiinnehåll på 17 410 – 19 130 kJ/kg torrsubstans. Om energiinnehållet på torrsubstans antas vara 19 130 kJ/kg fås alltså för ved med 15.8 % fukthalt värmevärdet:

$$19\,130 - 216 \cdot 15.8 = 15\,717 \text{ kJ/kg.} \quad (2)$$

Med sambandet:

$$1 \text{ MJ} = 0.278 \text{ kWh} \quad (3)$$

fås ett värde på 4.37 kWh per kg ved. Detta kan jämföras med 4.67 kWh per kg ved vid 11 % fukthalt som ÅF ger som riktvärde i boken *Liten bok med fakta om energi och miljö*⁸.

För detaljer om hur mycket ved som matades in och vid vilken tidpunkt, se appendix B2.

Boken listar även energiinnehållet i andra bränslen och följande tabell kan tas fram:

<i>Bränsle</i>	<i>Energiinnehåll [kWh/kg]</i>
Trädbränsle, 11% fukthalt	4.67
Trädbränsle, 50% fukthalt	2.33
Energiskog, 50% fukthalt	2.57
Hushållsavfall	2.70
Stenkol	7.56
Koks	7.80

Table 1: Tabell över energiinnehållet i olika bränslen.

⁸ Sidan 62, ÅF Energi & Miljöfakta, 2003

⁹ <http://www.novator.se/bioenergy/wood>, sektion AO4

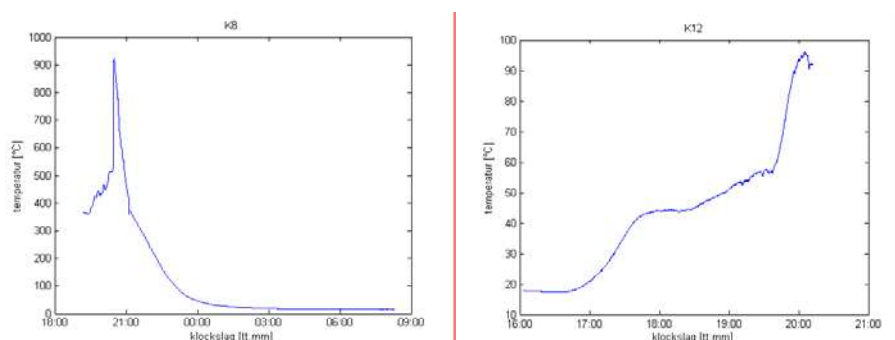
10.5 Mätresultat

På väggen fästes tre stycken termoelement av typen K, precis bakom gipsskivan på regeln. Dessutom fästes tre stycken termoelement i taket. För att kunna mäta rökgastemperaturerna borrades två stycken hål i skorstenen och givarna placerades i mitten av rökgaskanalen. För att inte få något läckage tätades hålen med kitt. Ett flertal termoelement fästes även på kaminen - en givare på rökuttaget, en under asklådan samt en på kaminens baksida. Förutom dessa termoelement av typen K användes även Pt-100 givare. Dessa Pt-100 element placerades på golvet under kaminen samt i springan mellan skorstenen och taket. Förutom dessa två användes även två andra Pt-100 element för mätning av lufttemperaturen nära och en bit ifrån kaminen. För en mer detaljerad bild över placeringen av termoelement och Pt-100 givare, se Figur 22 i bilaga A.

10.5.1 Mätresultat från termoelement och Pt-100

Temperaturen för K11, dvs på golvet under kaminen, avläses till upp emot 45 °C. Eftersom eldningen endast fortgick under tre timmar så kommer troligen temperaturen att bli ännu högre under kontinuerlig drift varför någon åtgärd att skydda golvet är nödvändig vid testerna. Däremot vid fast installation bör man ställa kaminen på ett icke brännbart underlag.

En annan intressant mätpunkt är K12 som är belägen mellan skorstenen och isoleringen i innertaket. Grafens utseende antyder att givaren flyttat på sig under experimentets gång. Troligen ligger denna an mot skorstenen då den visar en temperatur på uppåt 100 °C. Vid jämförelse mellan denna punkt och yttemperaturen på skorstenen när den går fritt i rummet skiljer det ca 20 °C. Detta beror på att den del av skorstenen som befinner sig i taket är isolerad och därmed enklare kan magasinera värme än vad den skulle kunna göra om den var omgiven av luft.



Figur 6: Temperatur som funktion av tiden. Givare K8 mäter rökgastemperaturen och givare K12 mäter på en punkt belägen mellan röret och isoleringen i taket. Observera de olika skalorna. Toppen erhöles när bypass spjället öppnades.

Termoelementen i väggen visar olika temperaturer och den mätpunkt som blir varmest är K2.. Detta termoelement sitter mitt på väggen bakom en gipsskiva

och mäter temperaturen på träbjälklaget. Temperaturkurvan stiger vilket indikerar att temperaturen hade blivit ännu högre om inte eldningen hade avbrutits. Inte helt oväntat så visar termoelementet i taket närmast röret högst temperatur. Inte heller här har ett stationärt tillstånd uppnåtts vilket innebär att en högre temperatur med tiden kan förväntas.

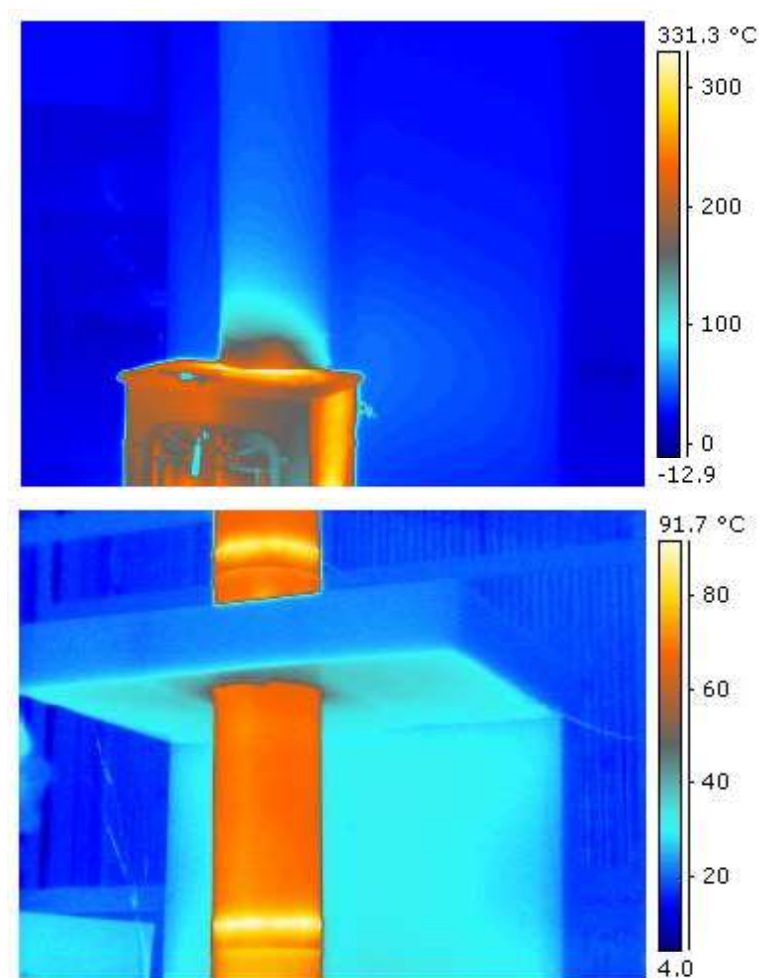
K8 och K9 är termoelement som mäter rökgastemperaturen. Under de första timmarna ligger rökgastemperaturerna inom intervallet 350 °C - 500 °C. Detta är i linje med rekommendationerna från skorstenstillverkaren, när kaminen eldades efter instruktionsboken. Temperaturhöjningen beror på att de oförbrända rökgaserna antänds och går direkt ut i skorstenen istället för att ta omvägen genom katalysatorn.

10.5.2 Mätresultat från IR-kamera

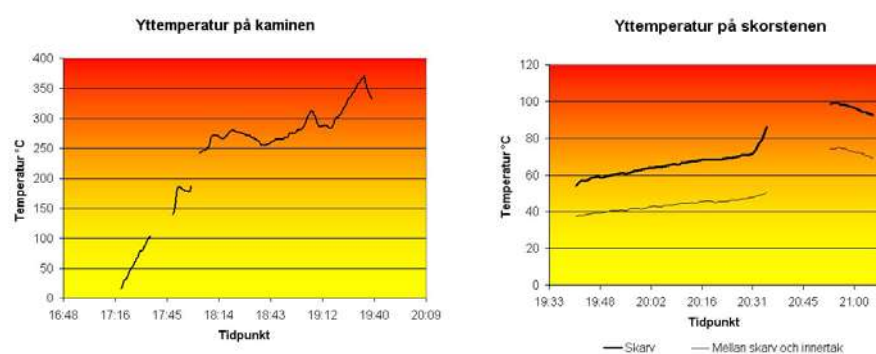
Förutom termoelement och Pt-100-givare användes en IR-kamera till att mäta temperaturer på kaminen och skorstenen. Från kl. 17.20 till kl. 19.40 studerades yttemperaturen på kaminen och mellan kl. 19.40 och kl. 21.05 studerades skorstenen. De punkter som speciellt studerades var:

- den varmaste punkten på kaminen
- skarven mellan två skorstensmoduler
- en punkt nedanför innertaket men ovanför skorstensskarven, för att jämföra med skarven.

I Figur 7 visas två IR-bilder på kamin resp. skorsten. Det framgår tydligt var de varmaste områden finns.



Figur 7: IR-bilder på kamin och skorsten, observera de två bilderna har olika temperaturskala. Observera också de varmare linjerna på skorstenen vid skarvarna. Vid detta försök monterades inte lasbandet runt skarven.

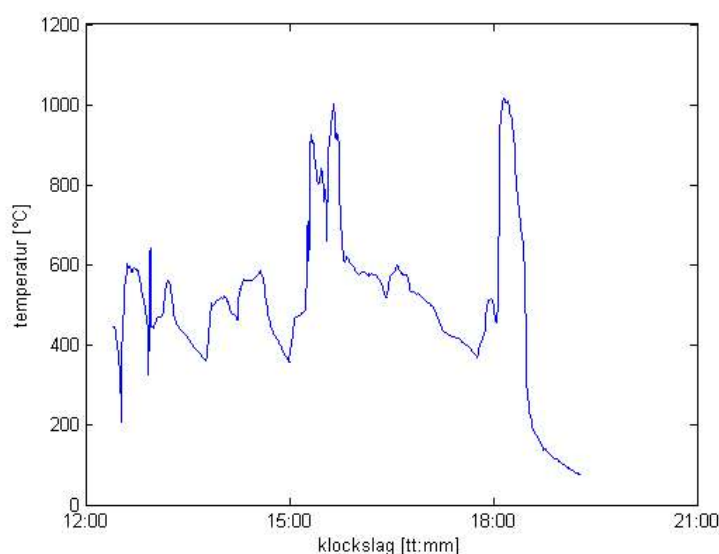


Figur 8: Maximala ytemperaturen som funktion av tiden på kamin och skorsten. Pga omflyttning av kamerans fokus så är signalen inte helt kontinuerlig.

10.6 Försök 2

Inför den andra proveldningen, som gjordes av personal på Räddningsskolan i Rosersberg, byggdes ett schakt ovanpå riggens tak och temperaturgivare monterades i schakt, bjälklag, rökgång samt på skorstenens utsida. Mätningar gjordes med SRV:s temperaturgivare i betydligt färre punkter än vid Försök 1, men i samma punkter på kaminen i rökgaserna och i bjälklaget. Schaktet byggdes av träfiberskivor isolerades på utsidan med mineralullsplattor. Det fanns spalt på ca 50 mm mellan schaktet och skorstenen. Schaktet var ventilerat, se Figur 10.

De temperaturer som registrerades under Försök 2 var snarlika de som uppmättes under Försök 1. Figur 9 visar att temperaturen i rökgaserna med öppet förbigångsspjäll under korta perioder uppgick till strax över 1000 °C. Uppgifter om vedmängd per timme saknas, men rökgastemperaturer runt 450 °C i normal drift visar att ungefär samma vedmängd användes som under Försök 1. Ytterligare mätvärden från Försök 2 samt en schematisk bild på den ombyggda försöks riggen finns i appendix C2.



Figur 9: Rökgastemperatur under en andra eldning i testriggen. I samband med de kraftigt stigande temperaturerna efter kl 15 och efter kl 18 orsakades av att man öppnade katalysatorspjället. Detta skall inte göras men är fullt möjligt att göra, se Figur 2

10.7 Undersökning av skorsten efter proveldningarna.

En sektion av skorstenen sågades itu för att kunna avgöra om isoleringen hade tagit någon skada av de höga temperaturerna och för att inspektera det syrafasta stålet på skorstenens insida.

Vid kontrollen av isoleringen framgick det att den inte hade tagit någon skada av de höga temperaturerna. Det syrafasta stålet studerades med ett svepelektronmikroskop och det kunde fastställas att ingen skalning hade skett samt att ingen sprickbildning hade uppkommit i stålet, även om skorstenen överbelastats termiskt ett flertal gånger. Schiedlers rekommenderade högsta rök Gastemperatur för skorstenen är 450 °C.

10.8 Försök 3

I samband med Räddningsverkets Sotningskonferens 2006 gjordes ytterligare ett försök som kompletterade tidigare resultat. Vid detta försök tätades spalten mellan bjälklaget och skorstenen med isolering. Detta för att visa vad som händer då man följer anvisningen för den aktuella. Skorstenen var dessutom försedd med schaktet som beskrivs ovan, se Figur 10. Denna konstruktion finns i många befintliga byggnader.



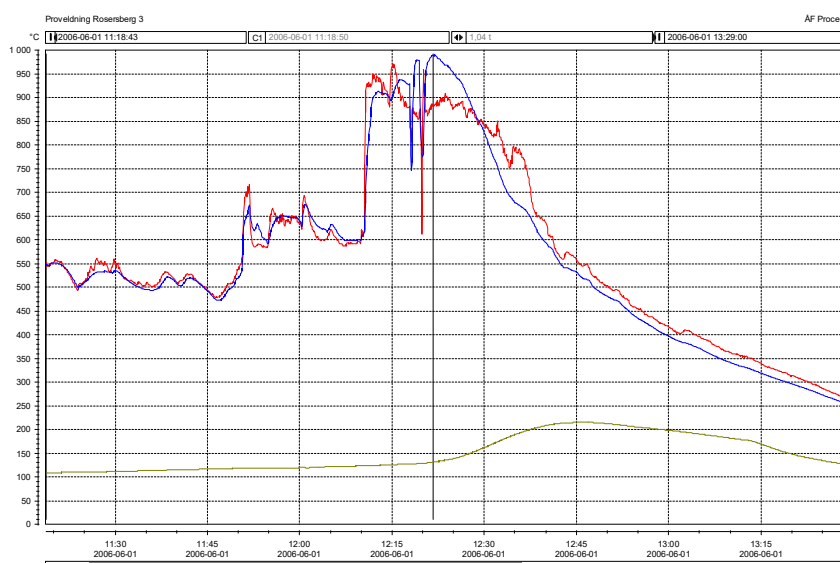
Figur 10. vid Försök 3. Skorstenen är här försedd med ett schakt av träfiberskivor och mineralullsisolering ovanför bjälklaget.



Figur 11. Bilden visar schaktet som omgav skorstenen vid Försök 2 och 3. Avståndet mellan skorsten och skiva är 50 mm..

Provet genomfördes i stort sätt som de två tidigare proven. Upptändning och eldningen under de två första timmarna gjordes enligt tillverkarens anvisningar man började elda enligt instruktionsboken. Efter två timmar ökades vedmängden med ca 50 %. Efter ytterligare två timmar öppnades förbigångsspjället varvid temperaturen steg kraftigt på samma sätt som vid tidigare försök.

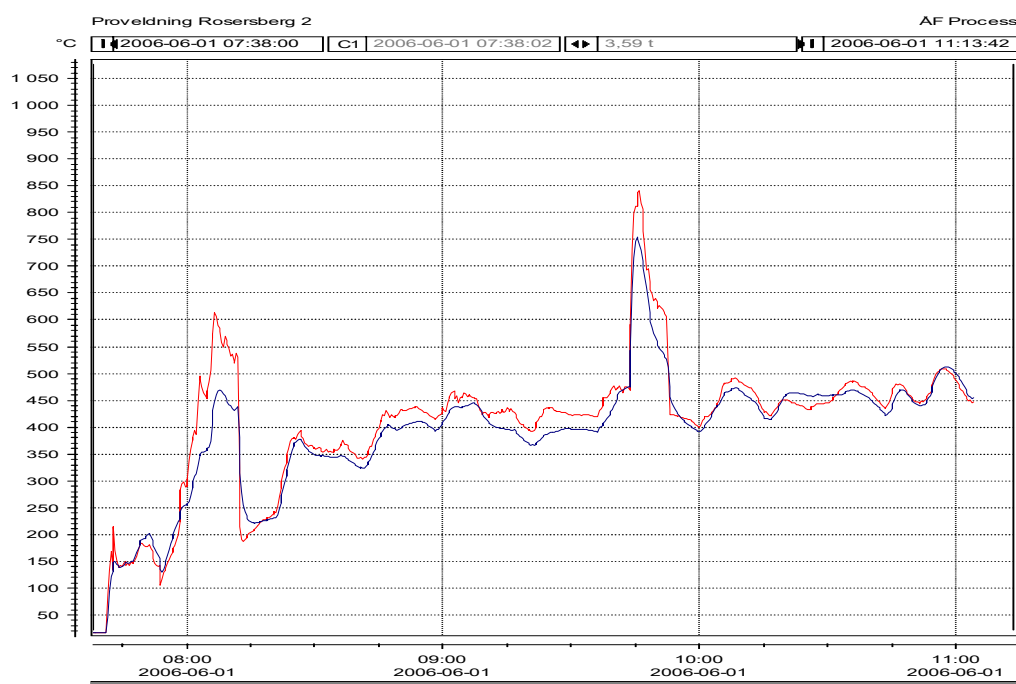
Då bjälklaget i det här fallet var avtätat och det dessutom fanns ett schakt för skorstenen (se Figur 11) studerades även på trögheten i bjälklaget. Det visade sig att temperaturen i bjälklaget efter 4 timmars eldning klart översteg 200°C. Det konstaterades också att temperaturen i både vägg och bjälklag fortsatte stiga en tid efter att påfyllningen av ved avslutats.



Figur 12. Rök-gastemperaturen (blå), kamintemperaturen (röd) och bjälklagsttemperaturen (grön) vid Försök 3. Figuren visar perioden för eldning med 50% överlast, öppning av förbigångsspjället samt avsvälningen..

I slutet av försöket kunde man konstatera att det började lukta bränd plast i rummet. Vid rivning av schaktet konstaterades att träfiberskivorna var värmeskadade och limmet som binder ihop plattorna hade börjat förstöras.

Redan vid det eldningssätt och den effekt som tillverkaren angett för kaminen var rök-gastemperaturen efter två timmars eldning uppe i de nivåer som skorstenen godkänts för. Fler diagram finns i appendix C2..



Figur 13 Kaminen (röd) och rökgastremperaturen (blå) var redan vid normal belastning (före 10.00) uppe på de temperaturer som skorstenstillverkaren satt som designtemperatur 450 °C. Titta på kurvan före 9.30.

10.9 Kommentarer till eldningssätt

Eldningssättet vid delar av de genomförda försöken avvek från tillverkarens anvisningar i två avseenden. Dels eldades kaminen tidvis med 50 % resp. 100 % mera ved per tidsenhet än vad som rekommenderas. Detta är praktiskt möjligt att göra åtminstone under en begränsad tid, och kan tänkas förekomma t.ex. vid uppeeldning av ett nedkylt fritidshus etc. I normalfallet torde dock en sådan användning begränsas av att rumstemperaturen blir obehagligt hög.

Den andra avvikelser, som kan vara ”allvarligare”, men som är fullt realistisk är att elda med öppet förbigångsspjäll, t.ex. genom att glömma stänga detta efter upptändning. Detta ger som ovan beskrivits upphov till mycket höga rökgastremperaturer. Det bör dock noteras att de flesta kaminer **inte** har ett sådant förbigångsspjäll.

Ett sätt att kontrollera att man inte överbelastar skorstenen är att installera en rökgastrermometer. Detta kan medföra vissa problem då det inte är tillåtet att borra hål i skorstenspipa. Om man borrar hål i en skorsten av den här typen gör man åverkan på en typgodkänd produkt utan att det finns godkänt i monteringsanvisningen. För att undvika detta problem har man tagit fram olika typer av temperaturgivare som egentligen mäter temperaturen på utsidan av det inre röret i skorstenen. Detta blir inte en helt korrekt temperatur men det ger brukaren en god uppfattning om han/hon eldar med för hög last. Temperaturgivaren visar alltid lägre värden än den verkliga rökgastremperaturen. Visar den alltså 450°C så är rökgastremperaturen högre än vad de flesta skorstenar är avsedda för.

11 Matematisk simulering

Den matematiska simuleringen av de termiska förloppen i de byggnadsdelar som omgav kamin och skorsten gjordes dels i en dimension, dels i två dimensioner..

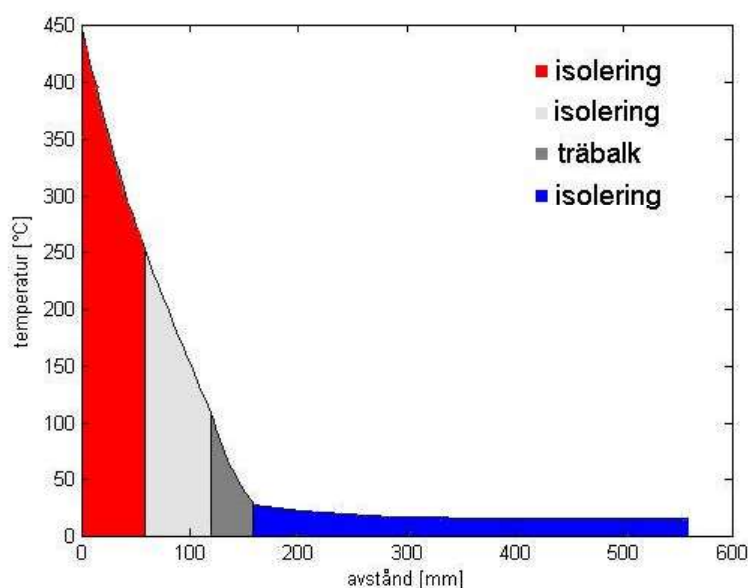
11.1 Numerisk lösare - 1D

En enkel simulering av testriggen kan göras i valfritt programspråk. I detta fall användes Matlab för att skapa en endimensionell modell av isoleringen hos den fristående skorstenen, samt en liknande analys av systemet skorsten-bjälklag i taket.

I modellen för den fristående skorstenen försumrades inverkan av det tunna innerväggen i rökkanalen samt det skyddande ytterhöljet. Detta kan göras då

stål är en bra ledare av värme och i detta fall också extremt tunt i förhållande till isoleringstjockleken. Värmeutbytet, till och från skorstenen, antas ske endast genom konvektion och för att förenkla modellen har ingen hänsyn tagits till strålningen från rökgaserna. Enligt dessa uppskattningar erhålls ett nästintill stationärt tillstånd i skorstenen efter drygt 45 minuter.

I det andra fallet gjordes antaganden om ledning mellan skorsten och isolering samt att en isolerad rand förmodades finnas på ett visst avstånd från bjälklaget. Även i detta fall försumrades stålets inverkan och eventuellt strålningsbidrag från rökgaserna. I detta fall infinner sig stationärt tillstånd efter ca två timmar. Den stationära temperaturfördelningen i taket kan ses i Figur 14



Figur 14: Temperaturvariation i taket vid stationärt tillstånd där x-riktningen är avstånd från skorstenen i mm.

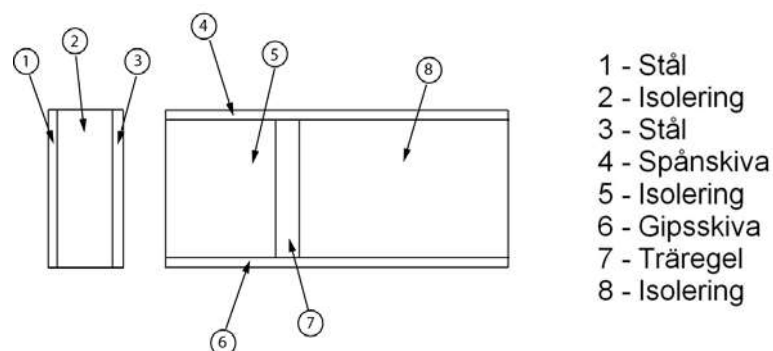
Analytiska lösningar av samma problem ger liknande svar. Att betrakta systemen enligt en enkel värmebalans där temperaturen i den studerade kroppen endast varierar med tiden eller användandet av analytiska lösningar som exempelvis Heislerdiagram¹⁰ ger en osäkerhet i resultatet på ± 1 timme när det gäller att uppskatta tiden det tar innan ett stationärt tillstånd uppnås.

11.2 Numerisk lösare - 2D

Det togs även fram en mer detaljerad modell av skorstenens och takets olika delar. Möjligheten att ändra genomföringens tjocklek samt lägga till en luftspalt mellan skorsten och tak infördes. På undersidan av taket infördes en gipsskiva

¹⁰ Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences –Yunus A. Cengel et al.

och på ovansidan en spånskiva. Inuti taket modellerades förutom två lager isolering även en takbjälke i trä. Modellen av skorstenen gjordes som ett stålskikt närmast rökgaserna, ett lager isolering och sedan ett ytterligare stålskikt mot utsidan av rummet. En schematisk bild av modellen ges i Figur 15.

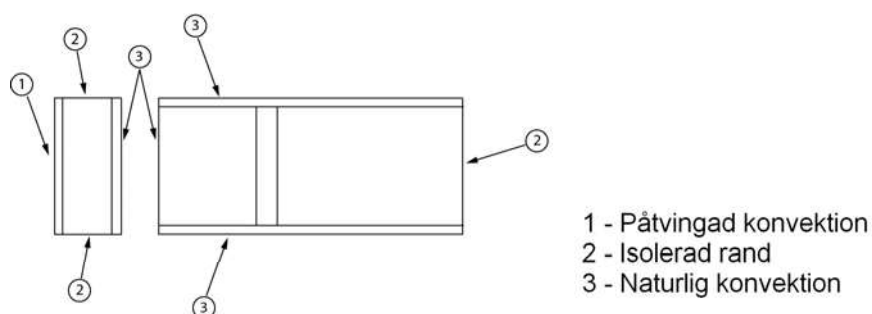


Figur 15: Geometrisk modell av skorsten och tak för 2D-lösaren (ej skalenlig)

När geometrin är specificerad är nästa steg att ta fram en lösningsalgoritm samt nödvändiga randvillkor. Följande antaganden om ränderna gjordes:

- Värmeövergången från rökgaserna till insidan av skorstenen sker enbart genom påtvingad konvektion.
- Värme överförs till omgivningen från taket genom naturlig konvektion.
- Den rand som är längs bort från skorstenen i isolermaterialet anses vara en isolerad rand, dvs. inget värme flöde över den randen.
- Vid en eventuell luftspalt mellan skorsten och schakt sker värmeövergången från materialet till luften med naturlig konvektion.
- Värmeavgivningen från kaminen kan tas med i beräkningarna, då fås ett värmetillskott i form av strålning på den undre randen i taket.

För en komplett bild på hur ränderna definierats, se Figur 16



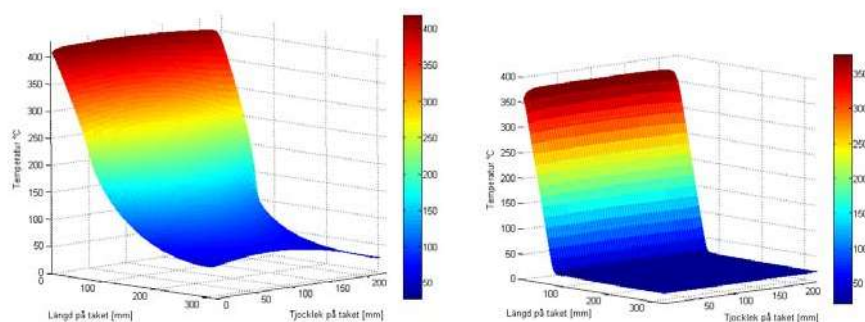
Figur 16: Randvillkor för 2D-lösaren

En grov förenkling som gjorts är att värmeövergångskoefficienten h har antagits vara konstant för varje rand på taket, även fast temperaturen minskar med ökande avstånd från skorstenen.

11.3 Resultat

11.3.1 Taktemperatur

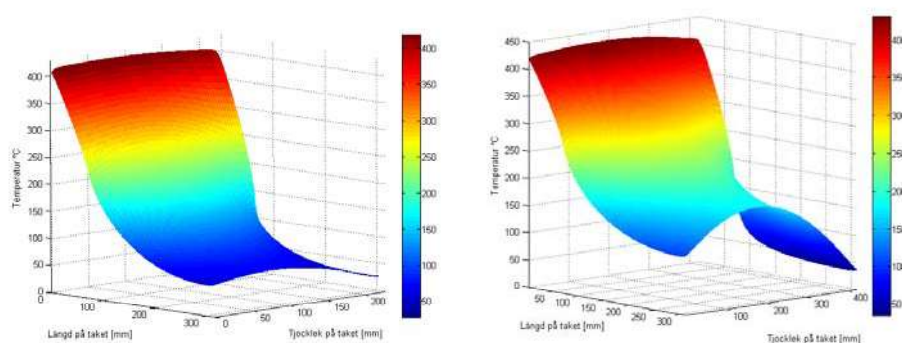
Figur 17 visar temperaturfälten i taket med och utan luftspalt mellan skorsten och schakt. I fallet utan luftspalt varierar temperaturen kraftigt med avståndet från skorstenen. Det är alltså inte en homogen temperatur på ränderna hos taket, något som tydligt syns till vänster i Figur 17



Figur 17: Temperaturvariation i tak och skorsten, utan luftspalt (till vänster) och med luftspalt (till höger)

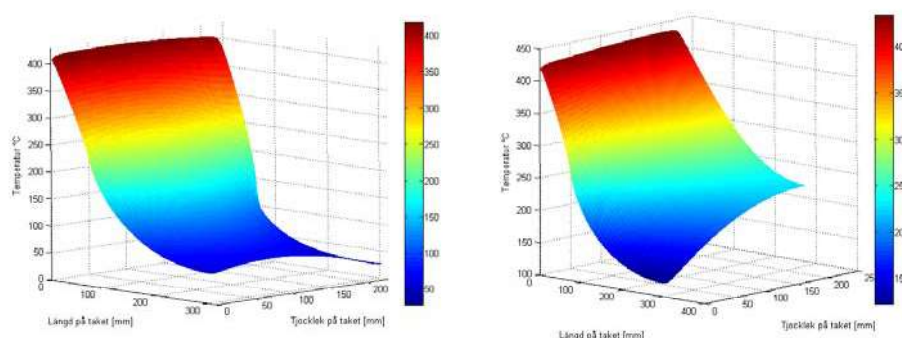
Införandet av luftspalt gör att temperaturen i taket är lägre än i fallet utan luftspalt, vilket Figur 17 till höger visar.

Inverkan av taktjockleken studerades genom att tjockleken på taket fördubblades beräkningsmässigt. I Figur 18 framgår att temperaturen i takisoleringen blir högre ju tjockare taket är.



Figur 18: Temperaturvariation med normal (till vänster) och dubbel tjocklek (till höger). Notera att figuren till höger har en högre temperatur i mitten av taket än vad figuren till vänster har. Observera den stora temperaturskillnaden mellan de två olika fallen

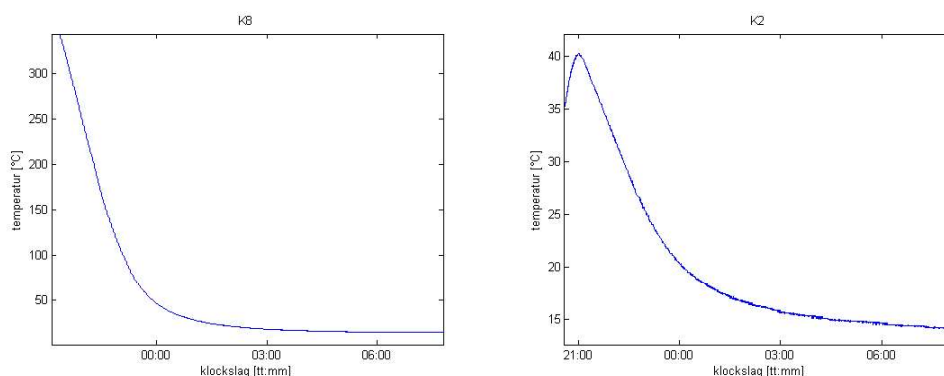
Detta innebär att om man tilläggsisolerar sin vindsvåning kommer temperaturen i taket att stiga vid eldning i kaminen, vilket syns i Figur 19 där den övre randen är isolerad.



Figur 19: Temperaturvariation i tak och skorsten, med naturlig konvektion från taket till rummet (till vänster) och med övre delen av taket isolerad (till höger). Temperaturen på ovansidan av taket blir mycket varmare än temperaturen på undersidan, på grund av i

11.3.2 Avsvalningsförlopp

Genom att rita upp temperaturen mot tiden kan avsvalningsförloppet studeras. Med naturligt logaritmiska skalor kan tidskonstanten för ett system bestämmas som lutningen på grafen. Den på så sätt funna tidskonstanten är ett mått på hur lång tid som går innan temperaturen gått ned till 37 % av ursprungstemperaturen. Detta är naturligtvis ett ytterst tekniskt sätt att se på saken men ger något att jämföra med. Som jämförelse kan sägas att för ett normalt hus kan tidskonstanten sägas vara mellan 30 - 80 timmar¹¹.



Figur 20: Avsvalningsförloppen gör det lätt att uppskatta tidskonstanter för skorsten och vägg.

¹¹ Kursmaterial TMES05, Industriella energisystem IKP LiTH

Med hjälp av graferna i Figur 20 bestämdes tidskonstanten för mätpunkt 2, i mitten av väggen, till 2 timmar och 40 minuter. Här mäts temperaturen direkt bakom gipsskivan och därför kan tidskonstanten för hela väggen vara större, då isoleringen ger tröghet åt systemet. En bättre uppskattning hade fåtts om termoelementet istället varit placerat i isoleringen. Som exempel kan nämnas att mätpunkt 8, som är rökgastemperaturen i skorstenen, var tidskonstanten ungefär 1 timme och 30 minuter.

12 Hur kan en farlig konstruktion ut?

Det är naturligtvis helt omöjligt att beskriva alla tänkbara fall av riskabla systemkonstruktioner. Här redovisas några av de fall som man bör granska speciellt noggrant

- Eldstaden har en toppmonterad skorsten
- Skorstenen går inte i ett schakt
- Huset har träbjälklag
- Avståndet mellan skorsten och träbjälklag är litet eller bjälklaget (eller isoleringen) ligger direkt an mot skorstenen
- Bjälklaget är tilläggsisolerat
- Skorstensskarven i modulskorstenen ligger i bjälklaget.
- Isoleringen innehåller frigolit (motsvarande)
- Eldstaden används periodvis för kontinuerligt bruk
- Bruksanvisning eller instruktionsbok saknas
- Eldaren har dålig insikt i hur mycket bränsle som kan tillföras per timme
- Eldaren har ingen aning om eller dålig uppfattning om vilken maximal rökgastemperatur som gäller för skorstenen
- Eldaren saknar förståelse för hur hög rökgastemperatur som uppnås

För att besvara de fem sista frågorna krävs en dialog med eldaren och det kan vara mycket känsligt. Eldaren kan uppleva diskussionen som ett förhör och känner sig därmed kränkt. Det är tyvärr omöjligt att göra en korrekt

riskbedömning om man inte kan bedöma eldarens beteende. Detta innebär att man i vissa fall inte kan göra den typ av riskbedömning som är önskvärd. De ovanstående punkterna har vi samlat i ett formulär i bilaga E för att kunna användas på fältet.

13 Nya byggtrender

13.1 Cellplastisolering

Materialutvecklingen inom byggnadssektorn har under de senaste åren varit stor. Man övergår t.ex. till att använda olika cellplastmaterial som jämfört med mineralull har liknande isolerande egenskaper men mycket sämre brandtekniska egenskaper. En av de positiva egenskaperna hos cellplastmaterialet är att det är självbärande och mycket formbart vilket möjliggör nya konstruktionslösningar¹².

Ett material av den här typen är klassificerat för att klara 70-80°C beroende på fabrikat. Då man bygger ett hus i den aktuella tekniken som på fackspråk kallas ICF (fritt översatt isolerad betongformgivning) används gips på insidan och puts på utsidan för att skydda mot värme. Som vi tidigare nämnt i denna rapport är det en fråga om den tid som materialet utsätts för en förhöjd temperatur som har störst betydelse.

Isolerförmågan hos en skiva cellplast och mineralull är i samma storleksordning vilket inte kan är nog för att motivera den ena eller andra. I USA där den här typen av hus har slagit igenom mer än i Sverige är det tillåtet att ha flamskyddsmedel i materialet vilket gör de brandtekniska egenskaperna betydligt bättre.

I hus där en lokaleldstad skall installeras bör andra material väljas. Om man ändå installerar en lokaleldstad i närheten av en vägg med cellplastisolering bör man överväga att samtidigt installera sprinkler.

13.2 Skorstensfria öppna spisar som eldas med alkoholgel (Spritkaminer).

Under de senaste åren har en ny typ av kaminer kommit in på marknaden, spritkaminer. Dessa ser ut som vanliga kaminer men de är inte försedda med skorsten utan ställs på golvet eller hängs på väggen som en prydnad.

Det är meningen att man skall elda i kaminen med en brännbar gel eller vätska som hålls i ett tråg av metall. Framför läggs vedträslika lavastenar för att ytterligare förstärka känslan av kamin.

Kaminen hängs på väggen eller ställs på golvet och enligt

¹² Ny Teknik, 2005-09-28

montageanvisningarna kan väggen vara en vanlig innervägg som normalt anses som brännbar. Vad leverantörerna inte informerar om är att alla kaminer av den här typen skall vara typgodkända och kontrollerade, detta gäller inte kaminer som eldas med andra bränslen. En kontrollmetod har tagits fram av Sveriges Provnings och Forskningsinstitut (SP) tillsammans med Räddningsverket.

Det har hänt olyckor med kaminer av den här typen vid ett tillfälle rann den brinnande gelen ut och antände golvet p.g.a. att kaminen var felmonterad. Montaget av dessa kaminer kommer att vara föremål för framtagande av krav från SP detta med anledning av de inträffade incidenterna. Det kan också sägas att gipsväggar åldras vid uppvärmning. Kemiskt sätt består gips av Ca SO_4 och kristallvatten. Det kristallina vattnet avgår vid uppvärmning av materialet denna process startar vid 50°C ¹³.

14 Slutsatser och rekommendationer

Mängden ved som eldas har stor betydelse för hur hög temperaturen på och i brännbara byggnadsdelar blir. Under de försök som här gjorts var vedmängden mellan 2 - 4 kg/h, vilket kan ses som en normal mängd om eldaren vill hålla sitt hus varmt vid perioder med sträng kyla. Det går då att komma upp i över de 8 kW som är den maximala värmeeffekten som kaminen är specificerad för. Eldaren själv blir bara glad över en större värmeeffekt, men han eller hon kanske inte inser inte faran med detta. Riskerna finns att temperaturen i eventuella bjälklag kan bli högre än de 85°C som Boverket föreskriver i sina byggregler¹⁴.

Eldas det för hårt upprepade gånger under en längre tid kan till slut träreglarna börja torrdestillera och risken för bjälklagsbrand ökar väsentligt. Detta är givetvis något som eldaren själv bör veta om, men så är inte alltid fallet.

En faktor i sammanhanget är att de flesta kamintillverkare endast anger värmeeffekten i kW vilket inte säger så mycket för gemene man. Det är bättre om tillverkaren skulle kunna ange hur mycket ved i kilogram per timme som bör eldas, samt att eldaren verkligen är införstådd med riskerna att överlasta kaminen.

Bruksanvisningarna ger i allmänhet relevant information och så länge som anvisningarna följs för både skorsten och kamin så är brandrisken egentligen låg. De resultat som tagits fram visar ändå att tillverkarens rekommendationer inte alltid är bra och det finns rum för förbättringar och förtydliganden. Till exempel så sägs det i monteringsanvisningen för skorstenen att:

¹³ Källa <http://www.norgips.se>

¹⁴ Boverkets Byggregler avsnitt 5:4

Avståndet till brännbar byggnadsdel kan reduceras till 0 mm. Dock så rekommenderas ett avstånd till närmaste byggnadsdel på 10-20 mm, detta för att underlätta montage.

Tillverkaren säger alltså att ett litet avstånd mellan brännbart material och skorstenen underlättar vid montering, men de säger inget om eventuell brandrisk om det inte skulle finnas. Från IR-bilderna kan det utläsas att skarven mellan skorstensmodulerna ibland blir mer än 20 °C varmare än övriga delar av skorstenen. Dessutom blir maximala temperaturen i skarven över 100 °C när den är nedanför taket, och helt säkert kommer den att bli ännu varmare om den skulle vara i det isolerade bjälklaget. Enligt det Pt-100-element som låg i taket mellan skorsten och isolering var temperaturen där runt 100 °C, dock visar termoelementet K5 bara en maxtemperatur på kring 35 °C och K6 en maxtemperatur på nästan 30 °C. I försöket kommer alltså brännbara material inte upp i så pass höga temperaturer att det kan anses vara brandfarligt. Om skorstenen däremot skulle ligga direkt mot träreglar är brandrisken stor och det bör alltid undvikas! Viktigt att tänka på är att vid kontinuerlig drift kommer naturligtvis temperaturen gå upp i både takets isolering och i dess bjälklag, dock kan inget slutgiltigt sägas om temperaturen i de brännbara delarna i taket då proveldningen inte fortgick i mer än ca 3 timmar.

Temperaturgraferna i bilaga C3 visar att temperaturen ökar hela tiden tills eldningen avbryts. Detta tyder på att om eldats under en ännu längre tid så skulle temperaturerna ökat ytterligare. Visserligen så öppnas ett spjäll kl. 20:27 som får rökgaserna att gå från 500 °C till över 900 °C på några få minuter, vilket i sin tur gör att omgivningen blir varmare, men det är ändå rimligt att anta att temperaturerna inte hade ställt in sig på något stabilt värde vid den tidpunkten.

Temperaturen på själva kaminen bör vara mellan 260 - 360 °C enligt skötselanvisningen från tillverkaren. De IR-bilder som finns på kaminen visar att temperaturen verkligen ligger i det intervallet. Tyvärr så finns det inga IR-bilder av kaminen då spjället har öppnats, men det sitter ett termoelement i skarven mellan kaminen och skorstenen. När spjället har öppnats så registrerar det termoelementet en temperatur på över 700 °C, så kaminen påverkas definitivt av öppnandet av spjället.

14.1 Bedömning av kamin och skorsten

Kaminen är av god kvalitet och har intressanta tekniska lösningar, som t.ex. katalysator för slutförbränning av oförbrända gaser. En temporär överbelastning av kaminen, så som i försöket, klarar den mycket bra, trots att temperaturer som är dubbelt så höga som vad kaminen är avsedd för uppstår. Att kaminen skulle ta stor skada av detta anses osannolikt. Överbelastar man den fortlöpande kommer dock kaminen och katalysator att skadas. Detta är ännu ett skäl till att ägaren av kaminen bör vara införstådd i riskerna med för hård eldning.

Skorstenen är även den av mycket god kvalitet. Inga förändringar hos det metalliska skorstensröret kunde upptäckas efter försöken, trots temperaturer på 1000 °C. Denna tunna, men hållbara, konstruktion gör också att skorstenen snabbt når en hög temperatur och därmed ger ett bra drag. Skorstenens

keramiska isolering närmast innerröret är också dimensionerad för högre temperaturer än vad som kan förväntas.

Ett förslag på förbättring vore dock en annan utformning på skarvarna. Plattorna som håller isoleringen på plats vid modulernas ändar skulle enkelt kunna konstrueras bättre ur värmetekniskt perspektiv med fler perforeringar och längre ledningsavstånd, t.ex om plattan vore korrugerad.



e

Figur 21 Figur av skorstenen efter 2 förbränningsprov. Man kan se att det finns vissa missfärgningar i stålet men vid en närmare studie visades inga förändringar i materialet. Inte heller isoleringen hade påverkats av den höga skorstenstemperaturen.

14.2 Rekommendationer

Slutligen presenteras här ett antal tips, råd och saker som bör beaktas när en lokaleldstad med skorsten skall installeras i bostaden.

- **Installation:** en typgodkänd eldstad uppfyller miljö- och säkerhetskraven i Boverkets Byggregler¹. Typgodkända produkter har även anvisningar för hur eldstäderna skall installeras för att uppfylla byggreglernas krav. Om användaren inte själv ska installera eldstaden bör denne ändå begära

att få se monteringsanvisningarna för att få ökad förståelse för hur kaminen fungerar.

²⁶ Regelsamling för byggande – Boverkets Byggregler BBR BFS 1993:57

- **Besiktning:** det är viktigt att tänka på att även om delarna är CE-märkta var för sig så skall det kontrolleras att hela systemet med kamin och skorsten installerade på aktuellt sätt i byggnaden uppfyller kraven för säker eldning. En nyinstallerad eldstad skall därför alltid besiktigas av skorstensfejarmästaren innan den tas i bruk första gången. Värt att tänka på kan vara att även om efterbesiktningen är obligatorisk finns det inga hinder för en besiktning innan installationen utförs. På så sätt kan fel och brister upptäckas i ett tidigare skede.
- **Ändamål:** vad skall eldstaden användas till? Trivseldning eller för att ersätta annan typ av uppvärmning? Skall möjlighet att laga mat finnas? Önskas värme snabbt eller under en lång tidsperiod? Förutsättningarna för att installationen skall bli lyckad styrs i hög grad av användarens förväntningar. En feldimensionerad kamin eller ett felaktigt användande kan ge upphov till besvikelser..
- **Rökgastemperatur:** kontrollera att skorstenen klarar av rökgastemperaturen. Äldre halvstensmurade skorstenar är dimensionerade för en högsta rökgastemperatur av 350°C. Nya, modernare, kaminer kan ge en högre rökgastemperatur så att befintliga rökgaskanaler kan behöva kompletteras. Olika bränslen ger också olika rökgastemperaturer
- **Avstånd:** tänk på att kaminen måste stå på ett visst avstånd från brännbara byggnadsdelar, även golvet. Dessa avstånd skall framgå av kaminens installationsanvisningar. Allmänt kan man säga att avstånden bör vara betydligt större än vad gemene man tänker sig. Till exempel ligger rekommenderade avstånd till bakomliggande vägg för t.ex. vissa gjutjärnskaminer mellan 500 och 1000 mm, vilket placerar kaminen en bra bit ut i rummet. Om kaminen är utrustad med strålningsskydd eller om strålningsskydd har placerats utmed väggarna vid kaminen kan naturligtvis avstånden minskas ner.
- **Luftspalter:** om genomföringen för skorstenen i taket är byggd utan schakt bör följande beaktas: i det fall då det finns brännbara byggnadsdelar i genomförningen måste ett visst avstånd till dessa finnas. Detta betyder att ett hålrum mellan skorstenen och byggnadsdelarna kommer att uppstå. Överlag är det bättre att **inte** isolera hålrummet, detta för att luften skall få en chans att cirkulera och transportera bort värmen från skorstenen.
Om detta hålrum, mellan skorstenen och brännbara byggnadsdelar, isoleras kommer temperaturen istället att bli högre i de brännbara byggnadsdelarna än om spalten tillåts vara öppen. För trivseldaren är detta dock inte ett problem men för de som kontinuerligt använder sin kamin för uppvärmning av bostaden kan detta innebära att brandrisk föreligger.

- **Bjälklaget:** en annan viktig parameter som bör beaktas är tjockleken på genomföringen. En luftspalt mellan skorsten och byggnadsdelar blir viktigare om bjälklaget är tjockt eftersom temperaturen som fås i mitten av genomföringen är beroende av tjockleken samt om luftspalt finns eller inte.

Paroc, en stor tillverkare av isolermaterial säger på sin hemsida² att det är viktigt att alla genomföringar till vindsvåningen tätas. Den nitiske men något (värmekniskt) okunnige "hemmafixaren" tar för givet att detta även gäller genomföringen av skorstenen. En tilläggsisolering av vinden kan få helt andra värmekniska konsekvenser än användaren tänkt sig. Vid passage av klimatskalet skall utförandet vara "lufttätt" men kan vara dåligt isolerat. Se BBR 9:212³

15 Målrealisering

De slutsatser som kan dras leder hela tiden tillbaka till överbelastning av eldstad och skorsten. Det är framför allt beroende på att användaren inte har läst bruksanvisningen. Ofta finns inte den tillgänglig annat än för förste ägaren.

15.1 Långtidseldning i byggnader

Intensiveldning och eldning under lång tid i lokaleldstäder i hemmen kan påverka risken att bränder uppstår. Vid försöken inom detta arbete visades att temperaturen vid sådan eldning snabbt stiger i bjälklaget och detta är svårt att undvika. Det kunde dessutom konstateras att överbelastning av eldstaden var möjlig. Detta i sin tur gjorde att temperaturen i skorstenen översteg 450°C vilket är den temperatur skorstenen är dimensionerad för. Är man dessutom frusen så pågår denna överbelastning i timmar och möjligen även dagar i sträck. Detta gör att temperaturen i bjälklag och väggar aldrig hinner sjunka till normal temperatur. Detta gör att man stegvis får en mindre marginal till farliga temperaturer och ju flitigare man använder sin eldstad desto större är risken för överhettning och brand.

Detta gör att man stegvis får en mindre marginal till farliga temperaturer och ju flitigare man använder sin eldstad desto större är risken för överhettning och brand.

15.2 Risker med om och tillbyggnad

Vid om och tillbyggnad isoleras ofta utrymmen som tidigare varit oisolerade eller som till och med utgjort yttervägg. Finns det då en kamin eller en skorsten i den ombyggda delens närhet kan de termiska förutsättningarna för denna

² www.paroc.se

³ Boverkets Byggregler 9:212.

ändras drastiskt. Ofta gör man inte en fullständig bedömning av den termiska belastningen som skorstenen och kaminens nya läge i byggnaden ger.

Ett sätt att komma tillrätta med detta är att man i samband med om och tillbyggnaden inför en obligatorisk brandsyn för samtliga objekt. Detta för att kunna observera även gamla installationer av kaminer som sedan tidigare inte omfattades av bygganmälan.

15.3 Metoder för vetenskaplig bedömning av installationer

En vetenskaplig bedömning av systemet bestående av kamin, skorsten och byggnad ger vid handen att varje system är mer eller mindre unikt. Vad man dock i första hand skall koncentrera brandsynen till är

- *Genomföringen mellan skorsten och bjälklag.* Det finns idag ett antal skorstenar där man hävdar att man inte behöver något mellanrum mellan taket och skorstenen. Detta fungerar säkert om ägaren trivseldar någon gång ibland, men det är inte förenligt med att kaminen används för uppvärmning av bostaden, helt eller delvis.
- *Avstånd mellan kamin och vägg.* Grundläggande är att avståndet mellan kamin och vägg skall följa de montageanvisningar som finns för den enskilda kaminen. Detta avstånd kan i vissa fall tyckas mycket stort och montaget görs kanske därför på ett avstånd närmare väggen för att ta mindre plats i rummet. De avstånd som föreskrivs är dock baserat på temperaturmätningar, och att frågå dessa innebär en ökad brandrisk.

Ytterligare en sak som kan vara aktuell är informationsöverföring till ny fastighetsägare eller i vissa fall brukaren. Är brukaren och den som låtit installera eldstaden samma person har han/hon förmodligen en viss insikt i varför installationen ser ut som den gör och hur eldstaden bör användas. Vid ett ägarbyte förs dock denna information sällan vidare. Användningssättet kan då övergå från trivseldning till mer eller mindre kontinuerlig uppvärmning trots att de tekniska förutsättningarna inte har ändrats. Detta görs i god tro och konsekvenserna kan i värsta fall bli fatala. Vid ägarbyte är det därför på sin plats att någon, t.ex. mäklaren, försäkringsbolaget, skorstensfejaren eller kanske till och med den tingsrätt som handhar lagfarten för den aktuella fastigheten informerar köparen om hur en befintlig lokaleldstad skall användas.

16 Kommentarer

Den viktigaste slutsatsen och kommentaren är att det är relativt svårt att elda med tillåten maxlast för kaminen. I detta fall hade kaminen en tämligen begränsad volym vilket ledde till att överbelastning med mer än 150-200% inte var möjlig. Kaminen blev helt enkelt full. Samtliga fyra grupper som har varit ansvariga för försöken har innan varit medvetna om att det var stor risk för

överbelastning men ändå i god tro eldat med kraftig överlast. När man försökte elda med en effekt av 8 kW var det nästan inte möjligt att hålla brasan vid liv. Det farliga i denna diskussion är att medvetenheten hos "medel Svensson" inte är så hög. Det kanske fungerar med den person som lät installera kaminen med senare ägare eldar så att det ser bra ut vilket enligt försöken i som beskrivs i denna rapport medför en effekt på minst 150% av rekommenderat värde.

Vid ett avbrott i värme- eller elleveransen kan man förmoda att överlasten blir större. Detsamma är om man kommer till sommarstugan och denna är helt utfrysad och man snabbt vill ha upp värmen. I detta fall kan man konstatera att den termiska belastningen på systemet bestående av kamin, skorsten, väggar och tak kan bli betydande eftersom uppvärmningshastigheten kommer att variera kraftigt.

I instruktionen från Boverket framgår att man måste göra en bygganmälan för att få installera en eldstad och skorsten. Kommunernas förmåga att informera innevånarna om detta varierar kraftigt. Det finns exempel från prydliga informativa 4-färgsbrochyrer till ingen information alls (17 kommuners hemsidor har undersökts slumpvis).

Askhanteringen är ytterligare ett problem. Det viktiga ur brandsynpunkt är dock att askan förvaras brandsäkert till dess den är helt släckt och inte kan orsaka bränder då den kastas.

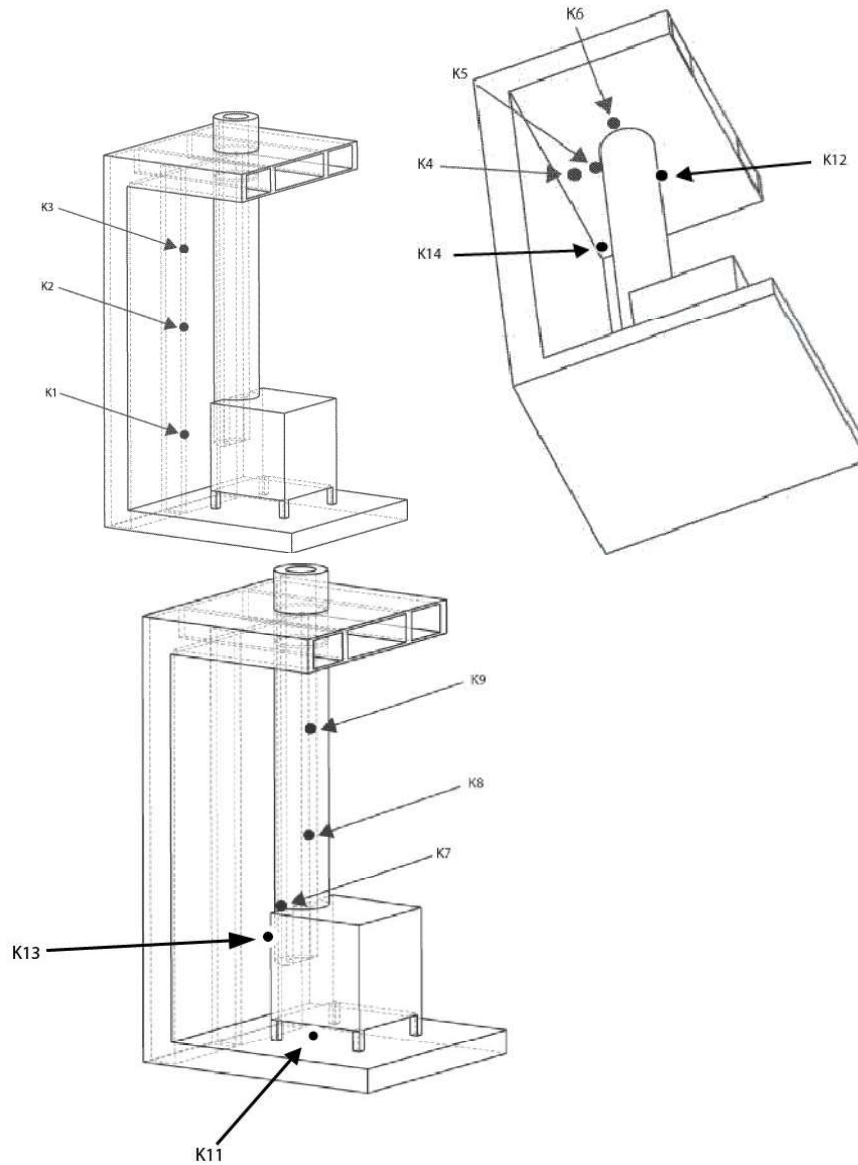
Vad det gäller miljöaspekterna på eldningen gäller att man eldar med torr, huggen ved och att man ser till att förbränningen inte är forserad

17 Referenser

- REF 1 Gustavsson, L. och Loyd, D. Mätning och modellering av temperaturförlopp i byggnadskonstruktioner – en förstudie. Räddningsverkets projektrapport nr KD-1.4288-1.
- REF 2 <http://sv.wikipedia.org>
- REF 3 <http://www.paroc.se>
- REF 4 Bergström M., Jönköpings-Posten, 2004-11-18
- REF 5 Nils Larsson, forskningsingenjör Linköpings Universitet (muntlig referens)
- REF 6 Nationalencyklopedin, artikel id=209036
- REF 7 MNC handbok nr 4, utgåva 4 Rostfria stål
- REF 8 Sidan 62, ÅF Energi & Miljöfakta, 2003
- REF 9 <http://www.novator.se/bioenergy/wood>, sektion A04
- REF 10 Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences - Yunus A. Cengel et al
- REF 11 Kursmaterial TMES05, Industriella energisystem IKP LiTH
- REF 12 Ny Teknik, Niklas Köhler, publicerad 2005-09-28
- REF 13 Boverkets Byggregler avsnitt 5:4
- REF 26 Regelsamling för byggande –Boverkets Byggregler BBR BFS 1993:57 inklusive ändringar
- REF 27 www.paroc.se
- REF 30 Boverkets byggregler 9:212

Bilagor

A Placering av givare



Figur 22: Termoelementens placering i testriggen

B Tabeller

B.1 Placering av givare

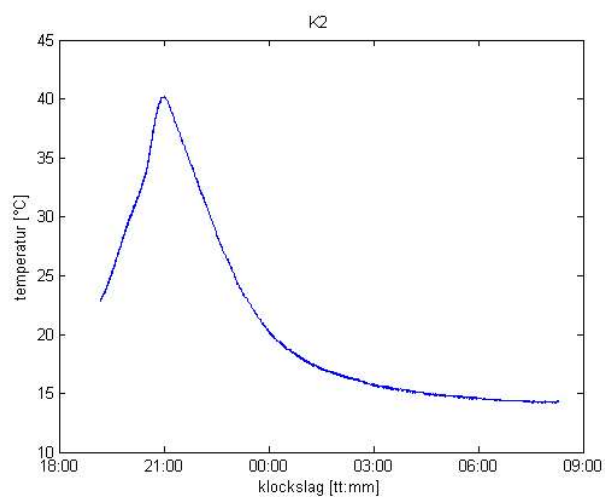
Benämning	Placering
K1	I väggen, bakom gipsskivan, på träregeln, 236 mm från golvet
K2	I väggen, bakom gipsskivan, på träregeln, 936 mm från golvet
K3	I väggen, bakom gipsskivan, på träregeln, 1634 mm från golvet
K4	I taket, på träregeln, 150 mm från väggen
K5	I taket, på träregeln, 430 mm från väggen
K6	I taket, på träregeln, 630 mm från väggen, bredvid genomföringen
K7	I skarven mellan kaminen och skorstenen
K8	I skorstenen, 530 mm ovanför kaminen
K9	I skorstenen, 760 mm ovanför kaminen
K10	Lufttemperaturen på 1.7 meters höjd
K11	Under kaminen
K12	I taket mellan skorstenen och isoleringen
K13	Bakom kaminen, 236 mm från golvet
K14	På undersidan av taket, i hörnet
K15	Referensplatta för kalibrering av IR-kamera, 1.5 meter ovanför golvet, 0.5 meter från skorstenen

B.2 Vedmatning

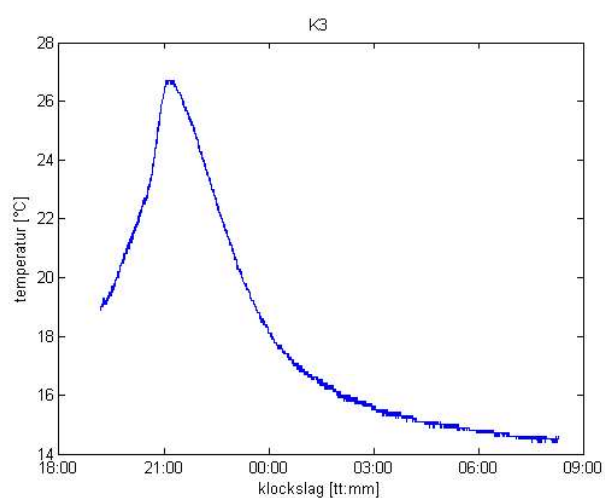
Tidpunkt	Vedmängd [kg]
17:16	0,84
17:45	0,98
18:15	0,78
18:36	0,68
19:15	1,26
19:35	1,22
19:55	1,30
20:15	1,18

C Grafer

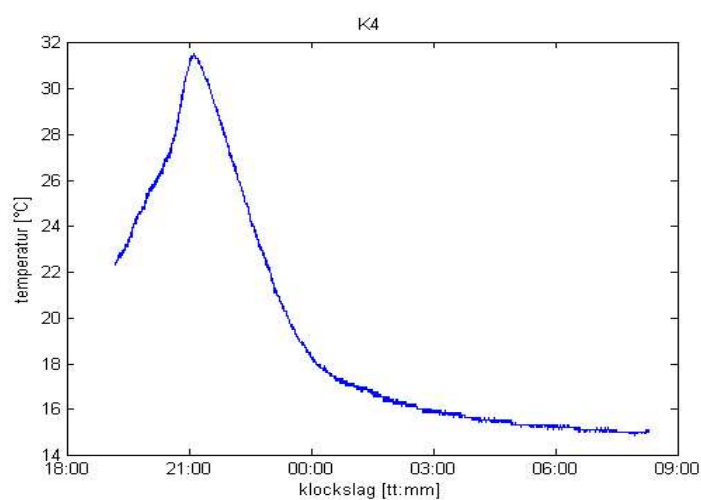
C.1 Första Eldningen



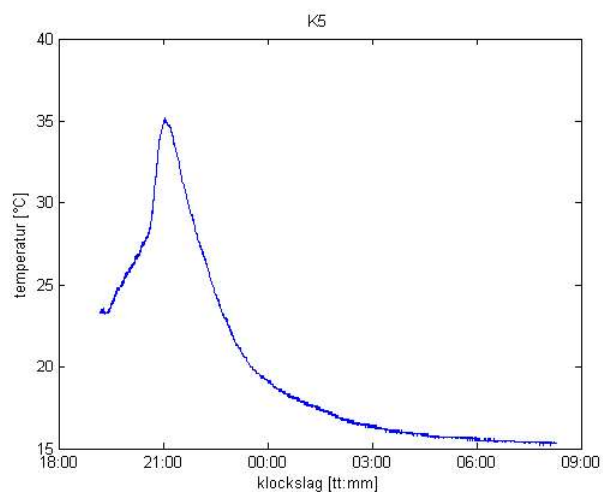
Figur 23: Temperaturen för termoelement 2. I väggen, bakom gipsskivan, på träregeln, 936 mm från golvet



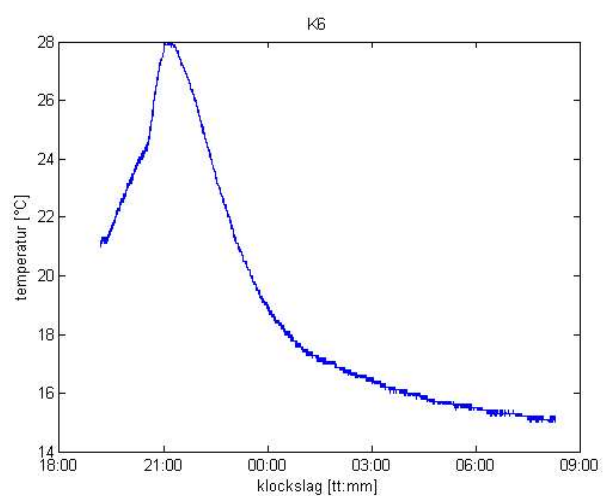
Figur 24: Temperaturen för termoelement 3. I väggen, bakom gipsskivan, på träregeln, 1634 mm från golvet.



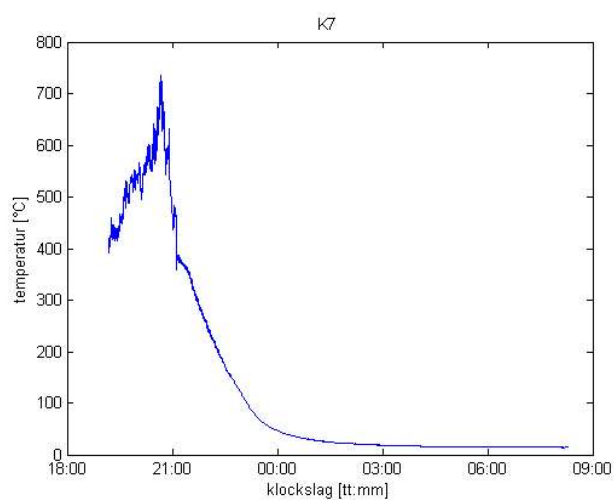
Figur 25: Temperaturen för termoelement 4. I taket, på träregeln, 150 mm från väggen..



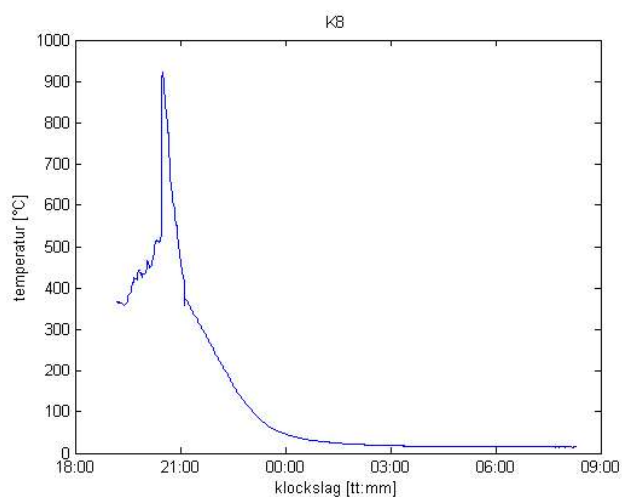
Figur 26: Temperaturen för termoelement 5. I taket, på träregeln, 430 mm från väggen.



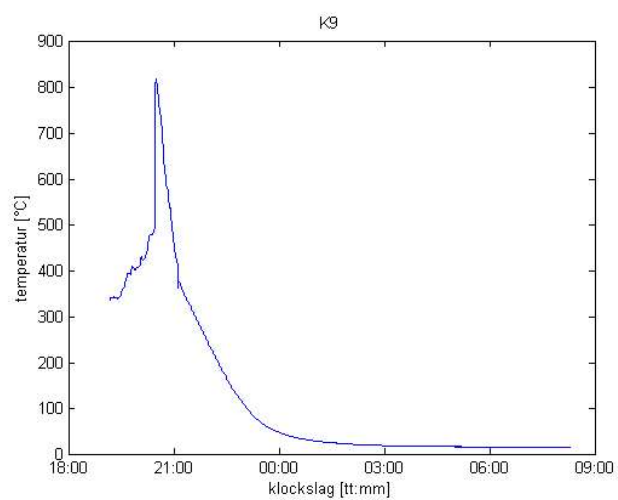
Figur 27: Temperaturen för termoelement 6. I taket, på träregeln, 630 mm från väggen, bredvid genomföringen.



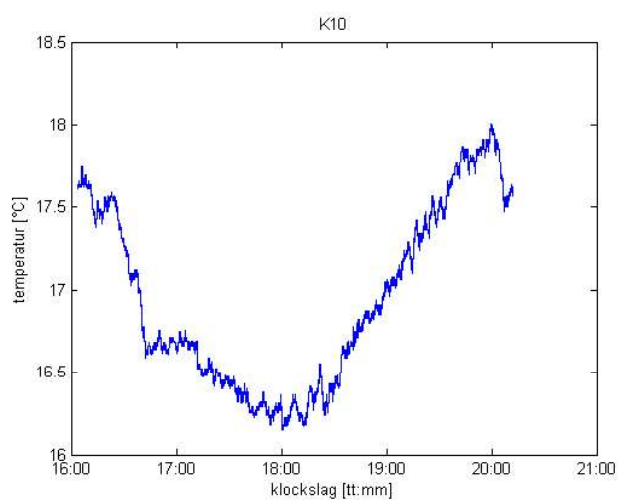
Figur 28: Temperaturen för termoelement 7. I skarven mellan kaminen och skorstenen.



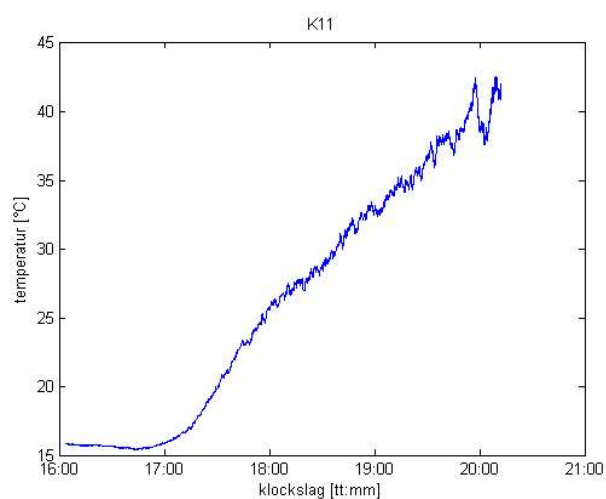
Figur 29: Temperaturen för termoelement 8. I skorstenen, 530 mm ovanför kaminen.



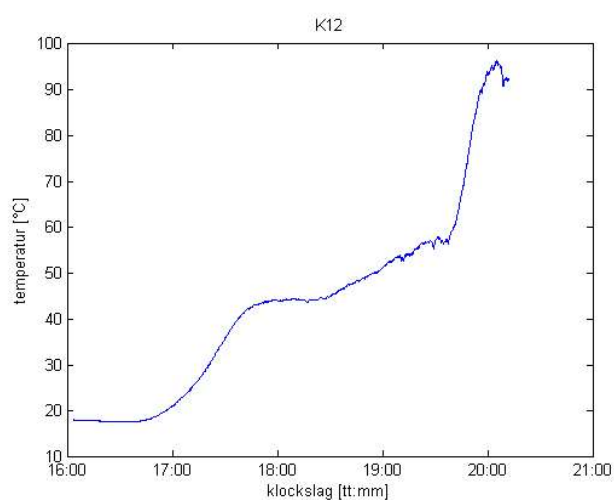
Figur 30: Temperaturen för termoelement 9. I skorstenen, 760 mm ovanför kaminen.



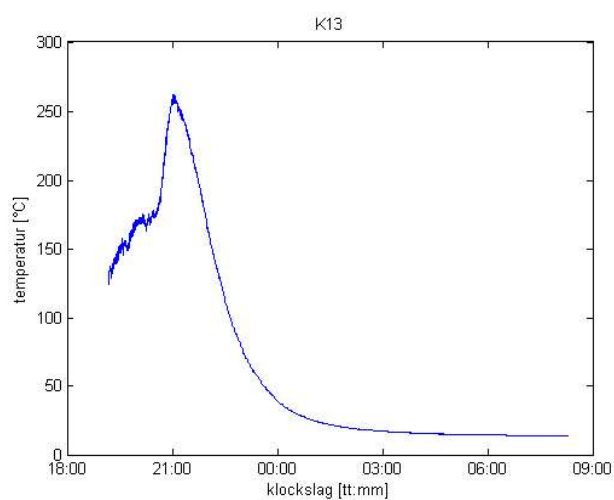
Figur 31: Temperaturen för termoelement 10. Lufttemperaturen på 1.7 meters höjd.



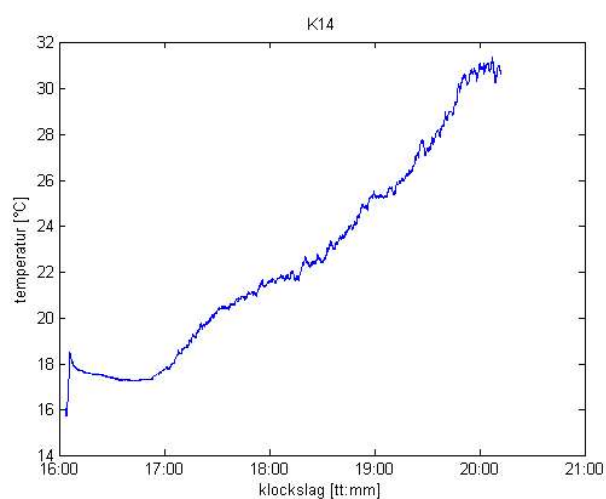
Figur 32: Temperaturen för termoelement 11. På golvet, under kaminen.



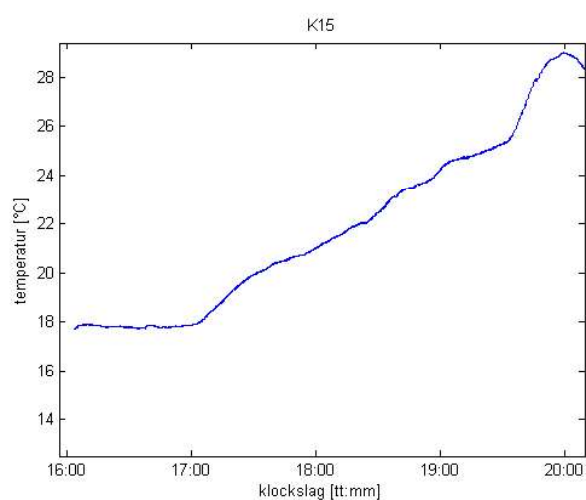
Figur 33: Temperaturen för termoelement 12. I taket mellan skorstenen och isoleringen



Figur 34: Temperaturen för termoelement 13. Bakom kaminen, 236 mm från golvet.

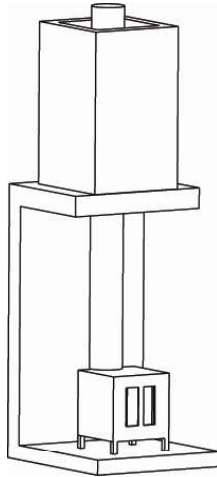


Figur 35: Temperaturen för termoelement 14. På undersidan av taket, i hörnet

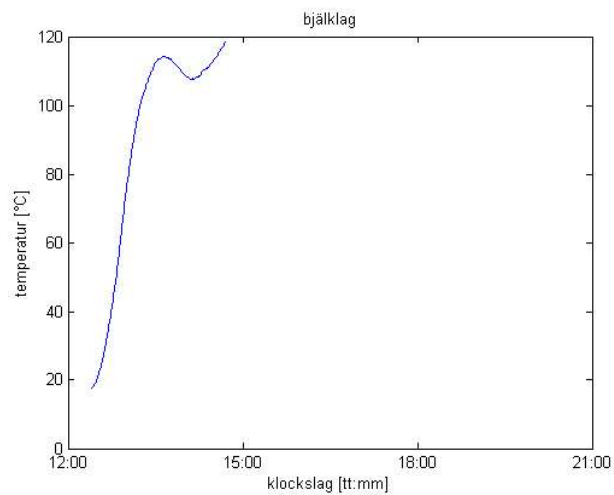


Figur 36: Temperaturen för termoelement 15. Referensplatta för kalibrering av IR-kamera, 1.5 meter ovanför golvet, 0.5 meter från skorstenen

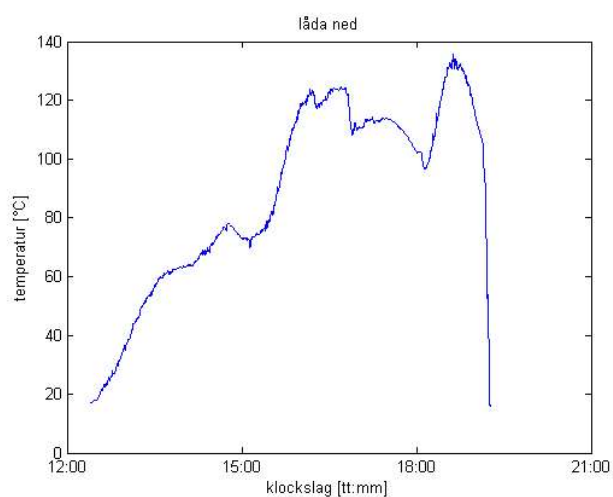
C.2 Andra Eldningen



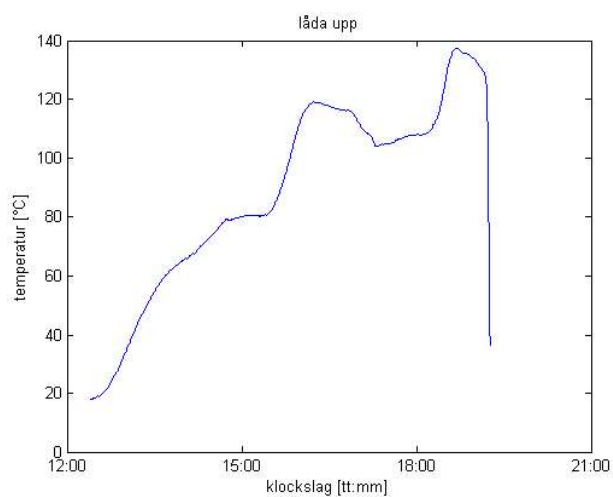
Figur 37: Schematisk bild över testriggen, med ett schakt monterat ovanpå taket.



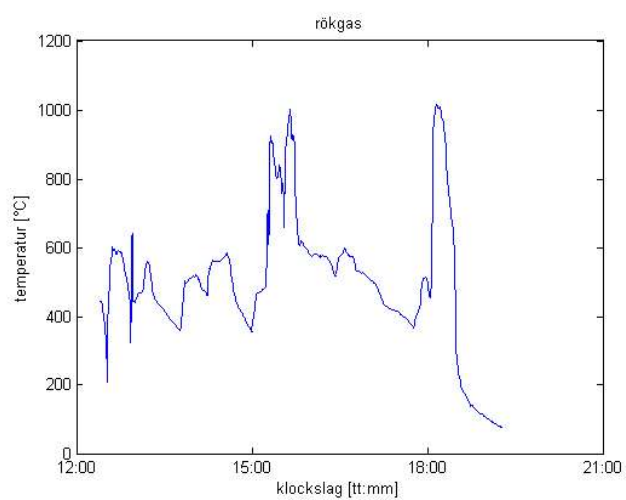
Figur 38: Temperaturen för bjälklaget i taket. Termoelementet slutade fungera efter ett tag.



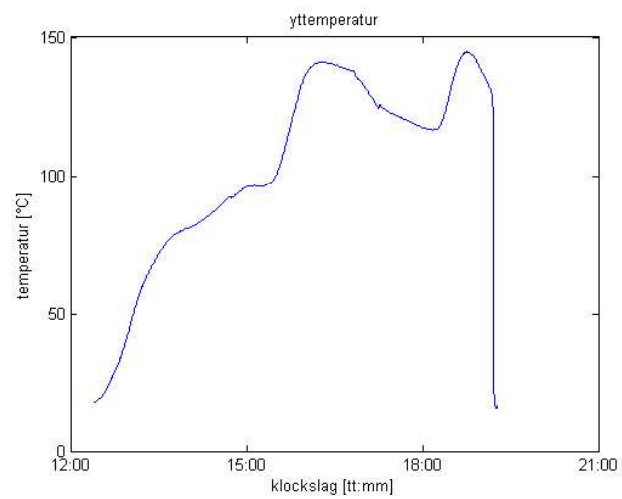
Figur 39: Lufttemperaturen i nedre delen av schaktet.



Figur 40: Lufttemperaturen i nedre delen av schaktet

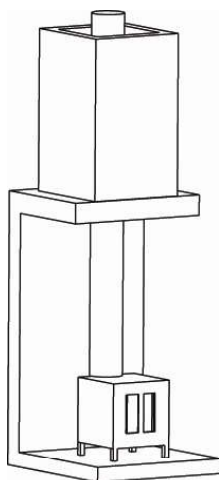


Figur 41: Temperaturen för rökgaserna, uppmättes på samma ställe som för K8

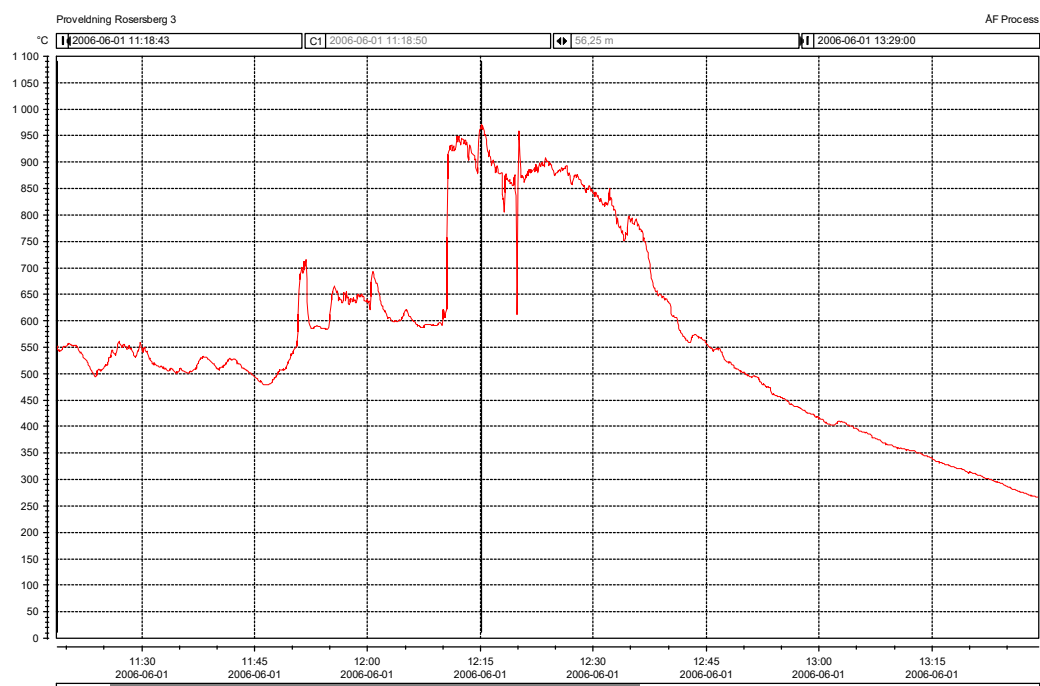


Figur 42: Temperaturen på skorstenens yta i schaktets topp

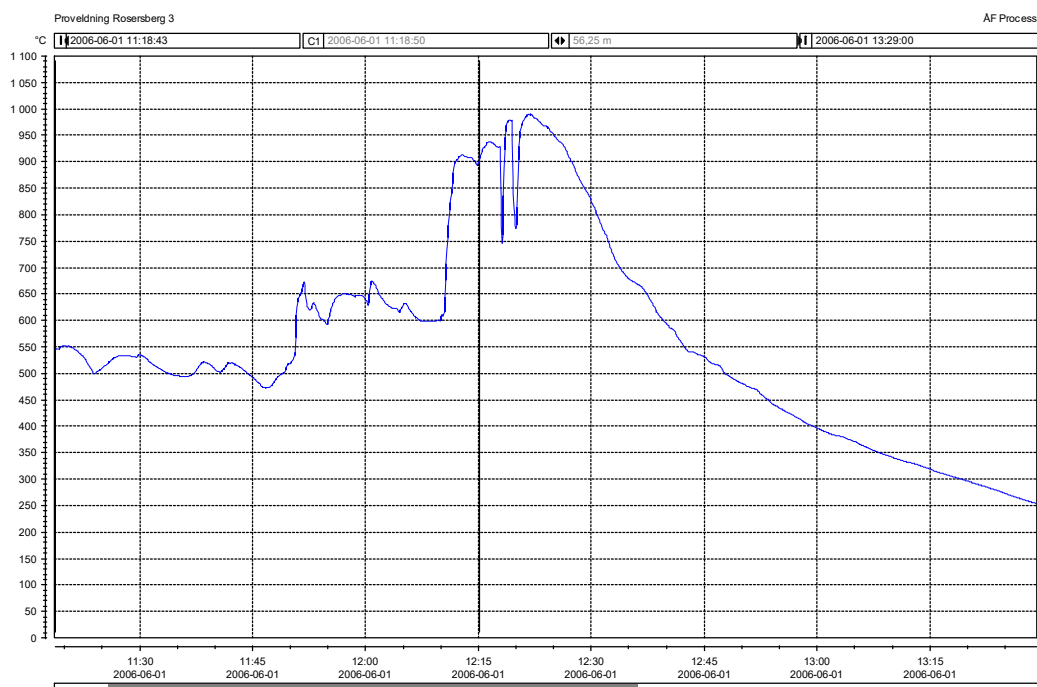
C.3 Tredje Eldningen



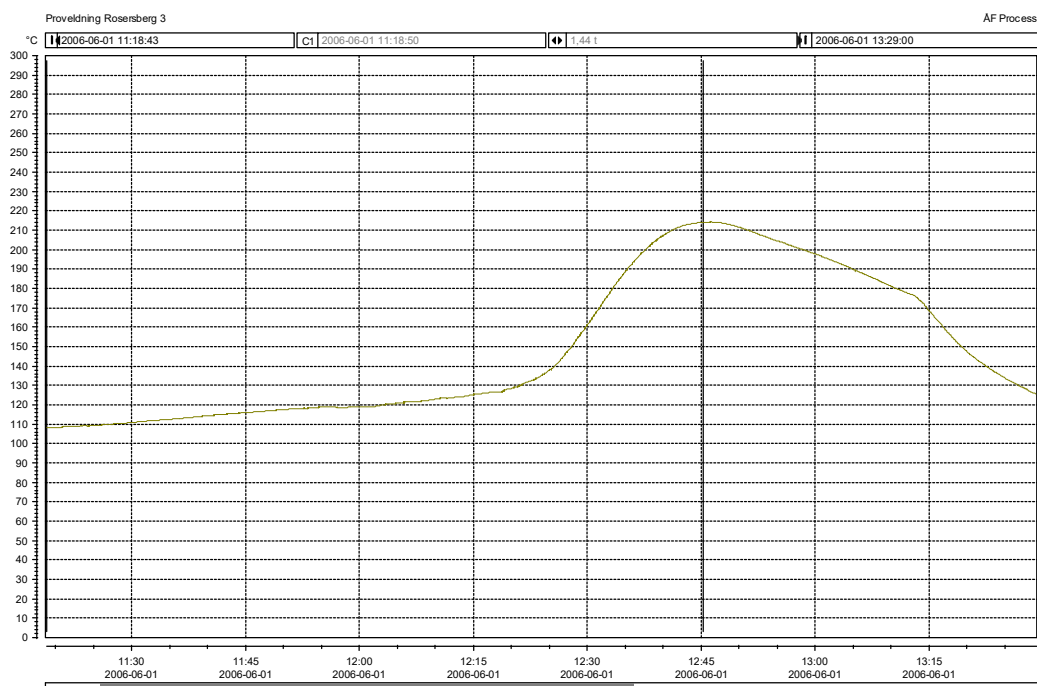
Figur 35: Schematisk bild över testriggen, med ett schakt monterat ovanpå taket.



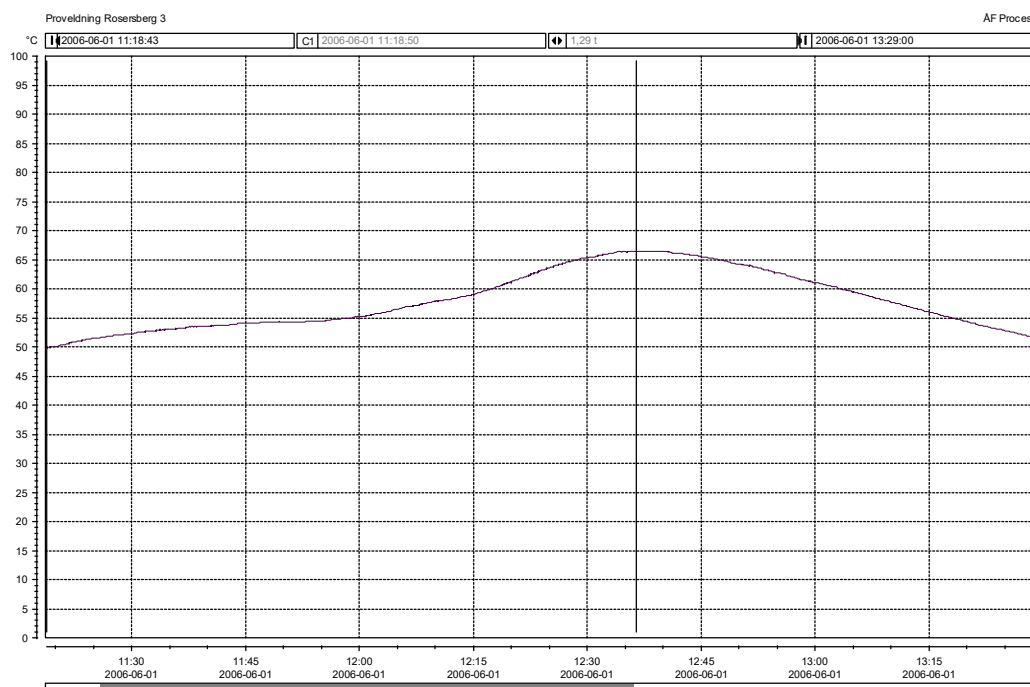
Figur 43: Kamintemperatur i samband med den tredje eldningen



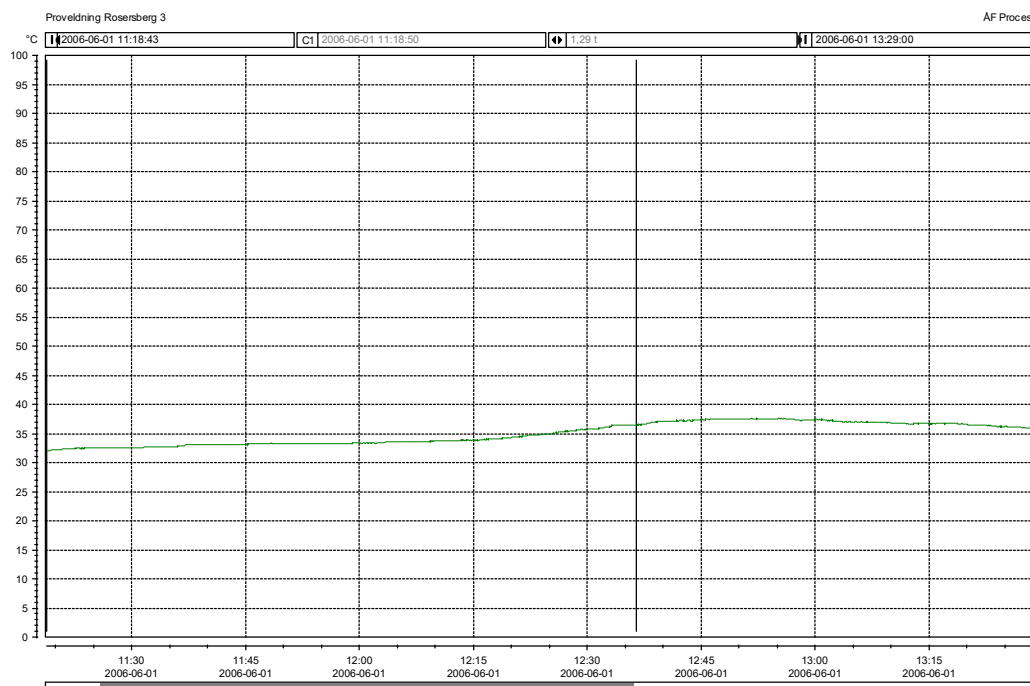
Figur 44: Rökgastemperaturen i samband med den tredje eldningen.



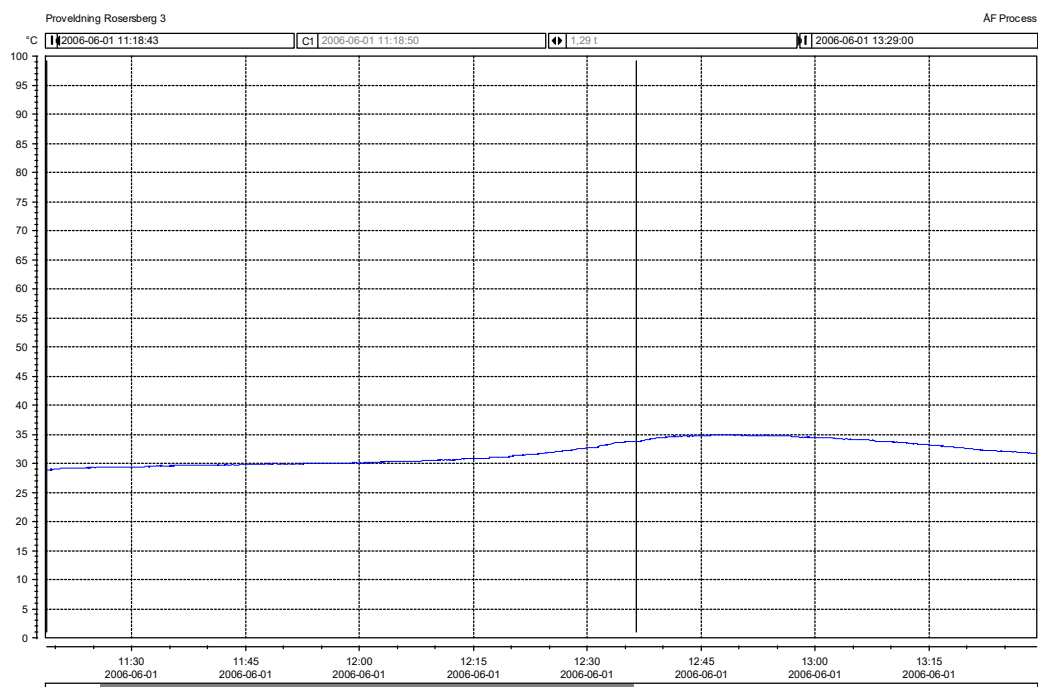
Figur 45: Temperatur i bjälklaget i samband med eldningen observera att temperaturen stiger efter att försöket avbrutits och vi inte längre matar med ved.



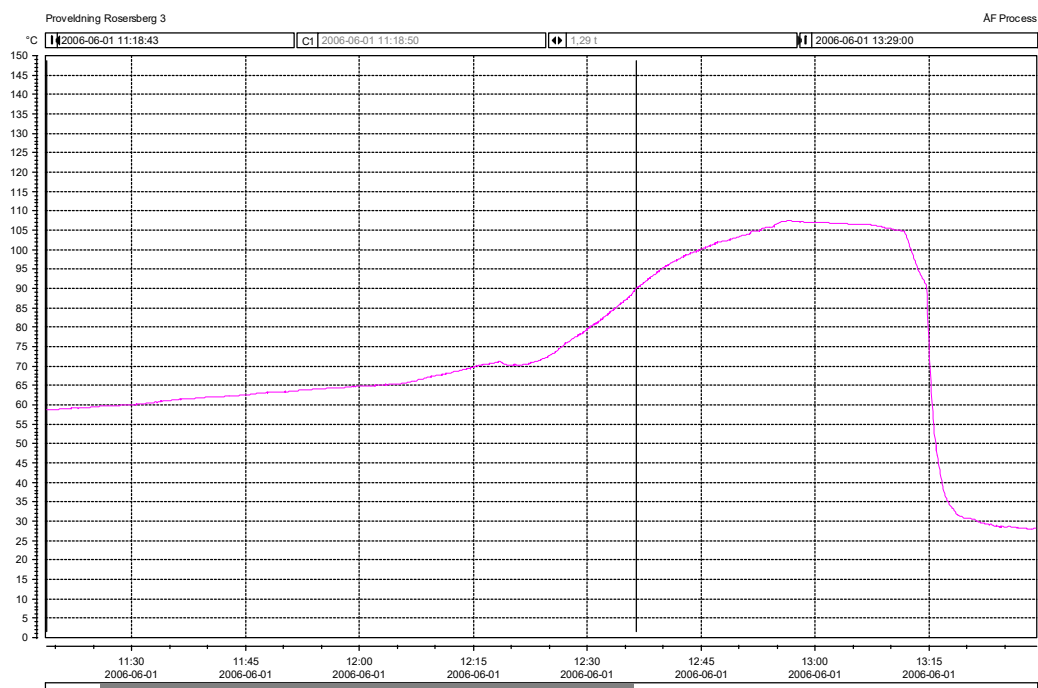
Figur 46: K1 bakom vägg. Temperaturen på inne i väggen bakom kaminen. Vi kan här se en fördröjning av temperaturstegringen.



Figur 47: K6 Bjälklag. Temperaturen inne i bjälklaget



Figur 48: K2 Bakom vägg



Figur 49: K15 Temperaturen i schaktet med termoelementet instuckat uppifrån.

D Information på hemsidor

Kommuner vars hemsidor har undersökts efter information om eldstäder:

	Kommentar
Borås	
Göteborg	
Haparanda	Svårt att hitta
Helsingborg	
Lidingö	
Malmö	
Mölnadal	
Stockholm	
Solna	Finns länkar till Boverket och Naturvårdsverket
Sundbyberg	Dålig info
Trollhättan	
Vaxholm	
Västerås	Svårtolkad information
Emmaboda	
Örnsköldsvik	Mycket bra information
Åre	Svårt att hitta
Ulricehamn	
Linköping	Svårt att hitta
Vansbro	
Karlskrona	Bra och informativt vid sökning på eldstad

Valet av kommuner har skett utan vetenskaplighet. Sökkriteriet eldstad på respektive sida ofta inte funnits däremot har man kunnat gå in under blanketter och hitta bygganmälan. Det är dock önskvärt att kunna söka ordet eldstad eller kamin på en hemsida för att se vad som gäller.

E Formulär för att bedöma en skorstensinstallation.

Kommun		Fastighetsbeteckning	
Utfärdare			Datum
Företag	Organisationsnummer	Telefon	Mobil

	Frågeställning	Ja	Nej
1.	Eldstaden har en toppmonterad skorsten		x
2.	Skorstenen går i schakt	x	
3.	Huset har träbjälklag		x
4.	Avståndet mellan skorsten och träbjälklag är litet eller bjälklaget (eller isoleringen) direkt an mot skorstenen		x
5.	Bjälklaget är tilläggsisolerat		x
6.	Skorstensskarven i modulskorstenen ligger i bjälklaget		x
6.	Isoleringen innehåller cellplast eller annat plastmaterial		x
7.	Eldstaden används periodvis för kontinuerligt bruk (ordinarie uppvärmningskälla)		x
8.	Bruksanvisning eller instruktionsbok finns.	x	
9.	Eldaren har dålig insikt i hur mycket bränsle som kan tillföras per timme		x
10.	Eldaren har dålig (eller ingen) uppfattning om vilken maximal rökgas temperatur som gäller för skorstenen.		x
11.	Eldaren saknar förståelse för hur hög rökgas temperatur uppnås		x

Har eldaren svarat som ovanstående ikryssade kryss är det ingen fara för någon överhettning i bjälklaget. Svara kunden annorlunda på någon av frågorna bör skorstensfejaren informera om riskerna.