

# **Brandlarmsystemet**

## **EBL512**

**-undersökning av nya algoritmer till  
tredje generationens sensorer**

*Fredrik Skarander*

---

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

**Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5052, Lund 1999**



**Brandlarmsystemet EBL512**  
-undersökning av nya algoritmer till  
tredje generationens sensorer

**Fredrik Skarander**

**Lund 1999**

Brandlarmsystemet EBL512  
-undersökning av nya algoritmer till tredje generationens sensorer

Fire detection system EBL512  
-an investigation of new algorithms to the sensors of the third generation

Fredrik Skarander

**Report 5052**  
**ISSN: 1402-3504**  
**ISRN: LUTVDG/TVBB—5052--SE**

Antal sidor / Number of pages: 56+52

Illustrationer / Illustrations: Fredrik Skarander

Nyckelord:

Brandlarmsystem, EBL512, analoga adresserbara sensorer, optisk sensor, värmesensor, multisensor, algoritm, fullskaleförsök, störkälla, brandkälla.

Key words:

Fire detection system, EBL512, analogue addressable sensors, optical sensor, heat sensor, multi sensor, algorithm, full scale tests, disturbing source, test fire.

Abstract:

Signals from three analogue sensors has been evaluated. The sensors are an optical sensor, a heat sensor and a multi sensor. The components of the multi sensor are an optical sensor and a heat sensor. The signals came from disturbing sources and test fires at a full scale test. The purpose is to find algorithms that filtrate some of the disturbing sources but does not delay the alarm from the test fires too much. (Swedish)

Författaren svarar för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 1999.

---

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

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

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

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

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

Telephone: +46 46 222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12

## Sammanfattning

Denna rapport belyser problemet med att få bort onödiga larm från ett automatiskt brandlarmsystem. Handledare har varit Professor Göran Holmstedt, Brandteknik och Mikael Ahlström, Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB i Malmö. Rapporten riktar sig först och främst till företaget Matsushita.

Under hösten 1998 utfördes ett antal *fullskaleförsök* på brandlarmsystemet EBL512 i brandövningshuset på Malmö brandkårs övningsfält Barbara. Totalt testades tolv stycken sensorer med olika former av försökskällor. Dessa var av typ stör- och brandkällor där störkällorna utgjordes av exempelvis vattenånga från diskmaskin, gaser från svetsning i tunnplåt och tobaksrök. Brandkällorna bestod i sin tur av en plastbrand, en heptanbrand och en spritbrand. Inga tester med glödbränner gjordes vid fullskaleförsöken. Utöver detta gjordes det referensmätningar på temperatur och röktäthet med hjälp av termoelement och linjerökdetektorer.

*Syftet* med arbetet är att gå igenom och utvärdera mätdata från fullskaleförsöken. Av de sensorer som testades har tre valts ut, en optisk sensor, en värmesensor och en multisensor, eftersom de skall få nya algoritmer i den nya versionen av brandlarmsystemet, version 2.0 (V2.0). *Målet* med rapporten är att ta fram och undersöka nya algoritmer för sensorerna och se om det är möjligt att filtrera bort onödiga larm. Delmål i rapporten är att presentera mätdata i form av diagram samt att jämföra sensorernas signaler med de referensmätningar som också gjordes vid fullskaleförsöken.

*Brandlarmsystemet EBL512* är ett analogt adresserbart system där larm- och signalbehandlingen görs av centralapparaten. Sensorernas uppgift är att förse centralen med mätvärden på röktäthet och temperatur. Larmaktiveringen styrs av den aktuella algoritmen som är implementerad och vilket larmvillkor som gäller. Algoritmens uppgift är att utifrån sensorernas så kallade sanna värden omvandla dessa till bestämmande värden. Det är de bestämmande värdena som jämförs med larmvillkoret. Detta larmvillkor utgörs av ett visst fastslaget värde på temperatur eller röktäthet. De sensorer som analyseras i denna rapport är en optisk sensor (3304), en värmesensor (3308) och en multisensor (3316). Multisensorn är uppbyggd av en optisk sensordel och en värmesensordel. Dessa tre är tredje generationens sensorer från företaget Matsushita. Med tredje generationen menas att innan har de funnits två andra serier, 22- och 23-serien. Tredje generationens sensorer är 33-serien.

Förslag på nya algoritmer, gäller främst den optiska sensorn och multisensorn, har tagits fram av författaren.

För den *optiska sensorn* undersöktes sju stycken filter för att se om oönskade larm kunde elimineras. Dessa filter kan delas in i två grupper, medelvärdesbildare och medianbildare. För att se effekterna av dessa filter har en jämförelse gjorts med algoritmen i V2.0. Fem störkällor: gassvets, tobaksrök och tre försök med gräddning av deg i en ugn, ansågs vara kandidater för bortfiltrering. Hos brandkällorna analyserades alla utom spritbranden då denna inte producerade några, för denna sensor, detekterbara brandgaser. Resultaten visar att ett speciellt filter, det rekursiva medelvärdesbildande filtret, har störst potential för att filtrera bort onödiga larm. Detta filter ger förvisso larm men det är precis på gränsen i många fall. Med förfining och djupare analys går det nog att få större filtreringsmöjligheter med detta filter.

För *värmesensorn* finns det inga störkällor att studera. Det beror på att ingen av dessa höjer temperaturen till mer än c:a 27°C. Därför har analysen koncentrerats till en studie av brandkällorna. Tre sätt att aktivera larm har undersökts, antingen aktiveras larmet vid en fast larmtemperatur (58°C) eller också genom en differentialvärmefunktion (4°C/min i minst två minuter respektive 4°C/min i minst en minut). Dessa värden, förutom det sista gradientkravet, är tänkta att användas i V2.0. Resultaten av undersökningen visar att den fasta larmtemperaturen dominerar då kravet ligger på två minuter. Om denna tid sänks till en minut kommer differentialvärmefunktionen att utnyttjas bättre. Vid jämförelsen med referensmätningarna visar det sig att sensorn ger c:a 20% lägre temperatur än termoelementen vilket kan bero på att värme leds bort via sensorns hölje.

Analysen av *multisensorn* bygger på algoritmer där de två sensordelarna samverkar. De aktuella mätvärdesparen (rökvärde och temperatur) kan observeras i ett diagram där temperaturen avsätts på den vertikala axeln och rökvärde på den horisontella axeln. Larm aktiveras om detta par av värden uppfyller en förutbestämd funktion. I V2.0 är detta en rät linje och hos de fyra nya algoritmförslagen är det

ellipsformade kurvor. Resultaten från undersökningen visar att med de nya algoritmerna kan flera störkällor filtreras bort vilket algoritmen i V2.0 inte klarar av. Filtreringen av störkällorna är helt beroende av hur stora rökvärdena är eftersom temperaturen ligger runt 25°C. Fördröjningen av larmgränsen hos brandkällorna ligger runt 20 sekunder jämfört med algoritmen i V2.0. Detta gäller inte spritbranden där de nya algoritmerna larmar före. Det beror på denna brandkällas snabba temperaturstegring och V2.0:s högre tolerans mot höga temperaturer. I denna analys har ingen hänsyn tagits för glödbränder. Detta kan ställa till problem då en glödbrand i sig påminner om en störkälla, det vill säga relativt låg temperatur och en hel del brandgasproduktion.

I slutet av rapporten ges några förslag på hur EBL512 kan utvecklas. Antingen kan projektförslagen utföras av personal på Matsushita eller också kan de utföras som examensarbeten/sommarprojekt för studenter från högskolan. Exempel på förslag är bland annat att komplettera fullskaleförsöken med någon form av glödbrand samt att kombinera olika sensorer på olika sätt och på så sätt få ett bra skydd mot onödiga larm.

## Summary

This report illustrates the problem to get rid of nuisance alarms from automatic fire detection systems. The report is a part of the curriculum Fire Safety Design and Risk Evaluation at the Fire Protection Engineering programme in Lund. The guides of the project have been Professor Göran Holmstedt, Department of Fire Protection Engineering and Mikael Ahlström, Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB in Malmö. Matsushita Company is the prime recipient of this report.

The *full scale tests* were taken place in the fire drill house at Malmö fire department's training and exercise ground Barbara. Twelve sensors were tested with several forms of disturbing sources and fire tests.

The disturbing sources were:

- A toaster on a table
- Water steam from a dish washing machine
- Gases from welding with acetylene and oxygen in a thin sheet metal
- Gases from welding in a plastic carpet
- Tobacco smoke from two smoking persons
- Sawing in wooden pallets with a circular saw
- Gases and steam from baking pizza in an ordinary kitchen oven
- Gases from cutting thin sheet metal with a cutting machine

The fire tests were done according to SS-EN54/9, except for the glowing fires:

- TF4 – a plastic fire (PUR)
- TF5 – a fire in heptane
- TF6 – a fire in ethanol

Furthermore reference measurements were performed on temperature and smoke density by using thermo couples and smoke line detectors.

The *object* with this project is to evaluate the data from the full scale tests, performed on the fire detection system during the fall of 1998. Among the full scale tested sensors, three were chosen because these sensors will be used in the new version of the fire detection system, version 2.0 (V2.0). The *purposes* of this report are to create and investigate new algorithms for these three sensors and see if it is possible to filtrate nuisance alarms. Another purpose is to show all the data in diagrams and compare the signals from the sensors with the reference measurements from the full scale tests.

The *fire protection system EBL512* is an analogue addressable system where the alarm- and signal treatment is done by the central of the fire protection system. The task of the sensors are to provide the system with data on temperature and smoke density. The activation of the alarm is controlled by the actual algorithm that is implemented and the present alarm condition. The task of the algorithm is to take the *true values* from the sensors and recalculate these to so called *decision values*. It is the decision value that is compared with the alarm condition. The alarm condition is a fixed value of the smoke density or temperature. The three sensors analysed in this report are an optical sensor (3304), a heat sensor (3308) and a multi sensor (3316). The components of the multi sensor are an optical sensor and a heat sensor. They are all sensors from the third generation and that can be seen on the product number in the parenthesis. This means that before the 33-series, two other series have been used. These are the 22- and 23-series. The difference between these and the 33-series is that the 33-series are physically smaller and are more electricity-saving.

The suggestions for new algorithms, especially the optical sensor and the multi sensor, have been created by the author.

Seven filters were tested on the *optical sensor* to investigate how nuisance alarms could be eliminated. These filters can be divided into two groups, filters based on mean values and filters based on median values. These new filters have been compared to the algorithm in V2.0 to see the effects. Five disturbing sources were chosen: welding in sheet steel, tobacco smoke and three oven tests, to be objects in the filtering process. An analysis of these disturbing sources have practical possibilities to result in good

results. All fire tests were analysed except the ethanol fire, because this fire does not produce detectable combustion gases for the optical sensor.

The results show that a special filter, a recursive mean value filter, has the greatest potential to filtrate nuisance alarms. The algorithm is  $y[n] = y[n-1] + 40^{-1} \cdot (x[n] - x[n-40])$ . The first term on the right side indicates that the filter is a recursive filter, which calculates a mean value of 40 samples. The advantage of the filter is that the system only needs two memory registers, which is good because the system has limited memory. The filter filtrate one of the oven tests but the alarm sounds at the welding and the tobacco test. A close analysis shows that the filter almost manages to filtrate these disturbing sources. If a further evaluation of the filter is done it is possible to create a throughout good algorithm.

For the *heat sensor* there are no disturbing sources to analyse. That is because none of these rise to a temperature over 27°C, (81°F). Therefore the analysis have been concentrated on the fire tests. Three ways to activate the alarm have been evaluated, fixed temperature, 58°C (136°F), or differential heat function, 4°C/min (39°F/min) during at least two minutes or 4°C/min during at least one minute. These, except the one minute demand, will be used in V2.0. The result shows that the fixed temperature dominates if the differential heat function has to be over 4°C/min during two minutes. If the claim is lowered to one minute the differential heat function can be used better.

When comparing the temperature reading between the thermo couples and the heat sensor, the latter shows about 20 % lower temperature. It can be explained by heat transport through the sensor case.

The analysis of the *multi sensor* is built on algorithms where the two sensor parts are working together. The pair of measuring values (smoke density and temperature) can be observed in a smoke density-temperature diagram. Alarm sounds if the pair accomplish a certain function. In V2.0 it is a straight line with a negative slope. The equation of the algorithm is  $T + m \geq 58$ , where  $T$  is the temperature in °C and  $m$  is the smoke density in bits. 1 bit is equal to 0,1 %/m of smoke obscuration. The four new

algorithms are based on the equation of an ellipse. The general equation is  $\frac{T^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} = 1$ , where  $a$  is the intersection with the T-axis, and  $b$  is the intersection with the m-axis. Different values have been used for the two constants  $a$  and  $b$ . For the constant  $a$  the intersections are 30°C respectively 40°C and for the constant  $b$  the intersections 70 bits and 75 bits have been used. Alarm sounds if the following equation is

fulfilled:  $\frac{T^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} \geq 1$ .

The result shows that the new algorithms can filtrate more disturbing sources than the V2.0-algorithm. The filtering depends on the size of the smoke density is because the highest temperature is about 25°C (77°F). The delay in the alarm from the test fires is about 20 seconds compared to V2.0. This is not true for the ethanol fire where the new algorithms activate the alarm before V2.0. That is because of the fast temperature rise of the fire and the bigger tolerance to high temperatures in V2.0. In this analysis no evaluation has been done on glowing fires. This can be a problem when the glowing fire reminds of a disturbing source, low temperature and a lot of combustion gas production.

At the end of the report some suggestions are made of how EBL512 can be developed. The projects can be done either by the staff at Matsushita or students at institutes of technology. Examples of the project are to complement the full scale tests with glowing fire tests. Another project is to combine different sensors and in that way get a good protection from nuisance alarms.



## Förord

Först vill jag tacka mina två handledare, Professor Göran Holmstedt på Brandteknik och Mikael Ahlström på Matsushita i Malmö.

Under arbetes gång har jag fått mycket hjälp av, förutom mina två handledare, Mikael Östergren på Matsushita och Maria Hansson på Institutionen för tillämpad elektronik vid Lunds tekniska högskola. Tack för alla tips och idéer som har fört mitt arbete framåt!

Jag tycker det har varit intressant att få använda mina kunskaper inom detektionsområdet tillsammans med signalbehandlingsteori. Då denna signalbehandlingsteori ligger utanför det som jag har läst på brandingenjörslinjen har jag fått sätta mig in i delar av denna. Detta tycker jag bara har varit roligt och lärorikt.

Jag vill även tacka de personer som har hjälpt mig med alltifrån små tips och korrekturläsning till peppning och uppmuntran. Ingen nämnd, ingen glömd!

Fredrik Skarander

Lund i december 1999



# Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>V</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>VII</b>
<b>FÖRORD</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>13</b>
1.1 BAKGRUND .....	13
1.2 SYFTE OCH MÅL .....	13
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	13
1.4 RAPPORTENS UPPLÄGGNING.....	14
<b>2 ALLMÄNT OM BRANDLARMSYSTEMET EBL512</b> .....	<b>15</b>
2.1 CENTRALAPPARATEN EBL512.....	15
2.2 DE TRE UNDERSÖKTA SENSORERNA .....	16
2.2.1 <i>Optisk sensor 3304</i> .....	16
2.2.2 <i>Värme sensor 3308</i> .....	17
2.2.3 <i>Multisensor 3316</i> .....	18
2.3 JÄMFÖRELSE MED ANDRA TYPER AV SYSTEM OCH SENSORER/DETEKTORER.....	18
2.3.1 <i>Andra brandlarmsystem</i> .....	18
2.3.2 <i>Andra sensorer/detektorer</i> .....	19
<b>3 BESKRIVNING AV FULLSKALEFÖRSÖKEN</b> .....	<b>21</b>
3.1 FÖRSÖKSUTRUSTNING OCH FÖRSÖKSUPPSTÄLLNING.....	21
3.2 BRAND- OCH STÖRKÄLLOR .....	22
3.3 MÄTDATA FRÅN FULLSKALEFÖRSÖKEN .....	24
<b>4 UNDERSÖKNING AV EN ENKEL OPTISK SENSOR</b> .....	<b>27</b>
4.1 PROBLEMBESKRIVNING.....	27
4.2 AVGRÄNSNING OCH METODIK .....	27
4.3 ALGORITM I V2.0 .....	28
4.4 JÄMFÖRELSE MED REFERENSMÄTNINGAR.....	29
4.5 FÖRSLAG PÅ NYA ALGORITMER .....	31
4.6 RESULTAT OCH DISKUSSION .....	33
4.7 SLUTSATSER.....	35
<b>5 UNDERSÖKNING AV EN ENKEL VÄRMESENSOR</b> .....	<b>37</b>
5.1 PROBLEMBESKRIVNING.....	37
5.2 AVGRÄNSNING OCH METODIK .....	37
5.3 ALGORITM I V2.0 .....	38
5.4 JÄMFÖRELSE MED REFERENSMÄTNINGAR.....	39
5.5 RESULTAT OCH DISKUSSION .....	41
5.6 SLUTSATSER.....	42
<b>6 UNDERSÖKNING AV EN ENKEL MULTISENSOR</b> .....	<b>43</b>
6.1 PROBLEMBESKRIVNING.....	43
6.2 AVGRÄNSNING OCH METODIK .....	43
6.3 ALGORITM I V2.0 .....	43
6.4 FÖRSLAG PÅ NYA ALGORITMER.....	44
6.5 RESULTAT OCH DISKUSSION .....	46
6.6 SLUTSATSER.....	51
<b>7 FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING OCH UTVECKLING</b> .....	<b>53</b>
<b>REFERENSER</b> .....	<b>55</b>
<b>APPENDIX</b> .....	<b>57</b>



## 1. Inledning

Denna rapport är framtagen i kursen Problembaserad brandteknisk riskhantering på brandingenjörsutbildningen vid Lunds tekniska högskola. Arbetet genomfördes under perioden augusti till december år 1999 och är värt tio akademiska poäng.

Handledare under projektets gång har varit Professor Göran Holmstedt, Brandteknik, och Mikael Ahlström, Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB i Malmö.

Detta arbete riktar sig först och främst till personal på företaget Matsushita.

### 1.1 Bakgrund

I denna rapport utvärderas mätdata från fullskaleförsök utförda mellan den 5 oktober och den 16 oktober (vecka 41 och 42) 1998. Uppdragsgivare för dessa försök var dåvarande Securitas Larm med Mikael Ahlström och Mikael Östergren som kontaktpersoner. Testerna utfördes av Professor Göran Holmstedt och brandingenjörerna Linus Eriksson och Kristian Levy. Försöken utfördes i brandövningshuset på Malmö brandkårs övningsfält Barbara.

Under vecka 41 förbereddes försöken genom att anskaffa störkällor (vinkelslip, mattsvets, ugn, etc.) och brandkällor (polyuretanskivor, heptan, etanol etc.) samt att iordningställa försöksutrustningen. Under vecka 42 utfördes fullskaleförsöken. Försöken beskrivs i [1] samt i kapitel 3 i denna rapport.

Försöksresultaten samlades in dels via Securitas Larms utrustning (brandlarmsystemet EBL512) och dels genom Brandtekniks datorer. Personalen från Brandteknik sammanställde försöken med en rapport [1] och med en uppsättning av disketter där all mätdata, även den från centralutrustningen, finns sparad.

### 1.2 Syfte och mål

*Syftet* med detta projekt är att gå igenom och utvärdera den försöksdata som togs fram vid fullskaleförsöken. Detta gäller för enbart tre typer av sensorer som beskrivs i kapitel 1.3 nedan. Arbetet syftar också till att använda ett annat angreppssätt på problemet med att ta fram effektiva algoritmer än de som redan används i brandlarmsystemet EBL512.

Det främsta *målet* med rapporten är att studera de tre sensorernas signaler och komma fram till några former av algoritmer (funktion i centralutrustningen som behandlar signalerna från sensorerna) som kan filtrera bort så många störkällor som möjligt utan att påverka larmtiderna hos brandkällorna för mycket. Utöver detta finns några *delmål* som att presentera de tre sensorernas signaler i form av diagram samt att jämföra signalerna med de referensmätningar som utfördes vid fullskaleförsöken.

### 1.3 Avgränsningar

I denna rapport analyseras endast tre stycken sensorer av olika slag. Det därför att dessa sensorer är de som skall få nya algoritmer i den nya versionen av EBL512, version 2.0. I denna rapport kommer förkortningen V2.0 att användas för denna version.

Sensorerna är i tur och ordning en optisk sensor, en värmesensor och en multisensor. Multisensorn består av både en optisk sensordel och en värmesensordel. Dessa sensorers funktion beskrivs längre fram i denna rapport.

Det finns andra typer av sensorer (annan funktion eller äldre modeller) som kan användas till V2.0, men dessa behåller sina algoritmer som de hade i den äldre versionen av EBL512.

Analysen av värmesensorn och multisensorn avgränsas till att endast studera signalerna i tidsplanet, det vill säga sensorernas signaler är funktioner av tiden. För den optiska sensorn kommer, förutom studien i tidsplanet, en viss analys i frekvensplanet att beskrivas. Denna frekvensanalys innebär att ta fram frekvenssvaret för tre stycken filter. Med hjälp av frekvenssvaret för ett filter kan vissa av dess egenskaper beskrivas och en del uppträdanden förklaras.

Vid analysen behandlas de tre sensorerna var för sig. I rapporten finns ingen analys som behandlar problemet med att kombinera de tre sensorerna och försöka anpassa dessa i ett system.

Alla larmtider i denna rapport har sin utgångspunkt vid  $t = 0$  s. En del brandkällor och störkällor har en viss tidsfördröjning,  $t_{\text{antändning}}$  respektive  $t_{\text{aktivering}}$ , som påverkar den absoluta larmtiden. *Allt detta beskrivs mer utförligt i kapitel 3.2 men kommenteras här därför att det gäller för alla larmtider som presenteras i denna rapport.* Motivet till detta är att det intressanta är inte att studera de absoluta larmtiderna utan att se om det går att ta bort larmet helt och hållet för störkällorna samt att jämföra effekterna med algoritmen i V2.0.

En viktig avgränsning är att förslagen på algoritmerna inte får vara alltför komplexa. Med komplex menas i detta fall att förslagen får inte grunda sig på beräkningar av många samplingsvärden. Grunden till detta är centralapparatens begränsade förmåga att behandla många värden.

Vid fullskaleförsöken användes inte någon glödbland. Det är en begränsning så till vida att den uppträder på ett likartat sätt som en störkälla, det vill säga låg temperatur men relativt mycket brandgas. En annan begränsning framkommer vid analysen av en optisk sensor då signalerna från denna beror på rökpartiklarnas storleksfördelning. En glödbland har en annan fördelning än en flambrand.

## 1.4 Rapportens uppläggning

Rapporten är upplagd på följande sätt:

I *kapitel 2* beskrivs brandlarmsystemet EBL512 och de tre undersökta sensorerna. I kapitlet finns även en kort redogörelse av vilka andra typer av system och sensorer som finns på marknaden. I denna redogörelse kommer en översiktlig beskrivning att göras för deras respektive funktionssätt m.m.. Detta görs för att få en inblick i utbudet men även för att kunna placera detta system (EBL512) i ett sammanhang.

I *kapitel 3* beskrivs de fullskaleförsök som till stor del ligger till grund för detta projekt. I kapitlet redogörs också vilka olika störkällor och brandkällor som användes, vilka olika typer av instrument som användes vid referensmätningarna samt på vilket sätt som sensorerna placerades ut i brandövningshuset.

*Kapitel 4, 5 och 6* är rapportens huvudkapitel. I dessa tre kapitel behandlas de tre sensorerna var för sig. Kapitlen är indelade i delkapitel uppbyggda på ungefär samma sätt. Inledningsvis behandlas problemformuleringen och därefter kommer ett delkapitel med avgränsningar och metodik. De delkapitel som följer därefter beror på vilken sensor det är frågan om men i stort sätt behandlar de algoritmen i V2.0, referensmätning jämförelser och förslag på nya algoritmer. De tre kapitlen avslutas dock alla med separata avsnitt med resultat, diskussion och slutsatser.

I *kapitel 7* ges några förslag på fortsatt forskning och förslag på framtida projekt.

I *appendix A, C och D* finns den tillgängliga mätdata uppritad i diagram. I *appendix B* finns en djupare analys av några filter i kapitel 4.

## 2 Allmänt om brandlarmsystemet EBL512

### 2.1 Centralapparaten EBL512

EBL512 är ett analogt adresserbart brandlarmsystem. Se figur 2.1 för ett foto på centralapparaten. Varje central har fyra så kallade COM-loopar (loop är en form av slinga) där varje loop kan innehålla upp till 128 adresser. Totalt kan en central ha 512 adresserbara enheter. Med en enhet menas till exempel en sensor eller en larmknapp. Varje COM-loop kan kommunicera i två riktningar, A och B. Huvudsyftet med detta är att centralen skall kunna larma även om det är ett avbrott någonstans på loopen. Att centralen byter riktning medför också att avbrott mellan den sista enheten och centralen kan detekteras. [2] Mer om hur systemet arbetar beskrivs längre fram i detta kapitel.



Figur 2.1 Foto på centralapparaten hos brandlarmsystemet EBL512.

EBL512 kan kopplas samman i nätverk med andra EBL512-centraler, maximalt 30 stycken. På detta sätt kan information delas mellan centralerna och ett större antal sensorer kan installeras i till exempel en industrianläggning. Positiva funktioner är att larm, bortkopplingar, fel skickas runt automatiskt och att manövreringar kan ske från vilken central som helst i nätverket. Då EBL512 är ihopkopplad i ett nätverk kan maximalt 15360 stycken (4 x 128 x 30) enheter finnas installerade i systemet.

Varje adresserbar enhet har ett så kallat tekniskt nummer som består av sex siffror. Ett exempel på ett tekniskt nummer är, låt oss säga XXYZZZ. XX står för centralapparatnummer (00, ..., 29), Y står för COM-loop (0, ..., 3) och ZZZ står för adress på COM-loopen (000, ..., 127). Studera följande exempel.

*En optisk sensor har adressen 54 och sitter på COM-loop nummer 3 i ett system med endast en centralapparat. Det tekniska numret blir då 003054. Det är normalt i tekniska sammanhang att numreringen börjar med siffran noll och inte med ett som är brukligt i vardagen.*

Innan en beskrivning av hur EBL512 arbetar vid till exempel en brand skall något sägas om algoritmbegreppet. En *algoritm* är enkelt uttryckt en funktion av något slag som kan beräkna ett värde utifrån en annan signal. Ett lätt exempel kan vara följande. En värdemätare (sensor) känner av, under en tidsperiod, ett värde i sekunden i sex sekunder. Låt oss säga att serien består av följande tal {4, 7, 23, 32, 56, 20}. Dessa värden kan exempelvis vara temperaturen i °C. Dessa värden kommer matas in i en apparat (centralapparat) med någon algoritm inlagd. Algoritmen kan ha utseendet  $y = x - 11$ , där  $y$  är det utgående värdet (som bestämmer om larm skall aktiveras eller inte) och  $x$  är de tal som hämtades in av värdemätaren. Apparaten kommer att utföra beräkningar och de utgående värdena varje sekund blir enligt talserien {-7, -4, 12, 21, 45, 9}. Om larmgränsen ligger på nivån 30 kommer larmet att ljuda efter fem sekunder. Observera skillnaden i de två talserierna. I den första uppnås värdet 30 redan efter fyra sekunder. Algoritmen i apparaten åstadkommer således en fördröjning av larmet med en sekund.

Hur går systemet tillväga för att ta reda på om brand föreligger? I dagsläget frågar centralen en sensor på vilken nivå den ligger. Förfarandet att fråga en sensor och få svar kallas för en pollning och tiden för detta är 20 ms. I en COM-loop med 128 enheter tar det således 2,56 s för att fråga alla sensorer och få svar. I centralapparaten jämförs sedan värdet från sensorn, sant värde (*eng. true value*), med en signal som

centralapparaten har beräknat utifrån detta sanna värde. Denna beräknade signal kallas bestämmande värde (*eng. decision value*) och dess utseende beror på den algoritm som är implementerad i centralapparaten. Det är det bestämmande värdet, tillsammans med en larmgräns, som avgör om larm skall aktiveras eller inte. Se mer om detta i kapitel 4.

## 2.2 De tre undersökta sensorerna

De sensorer som studeras i denna rapport är en optisk sensor (3304), en värmesensor (3308) och en multisensor (3316). Numret inom parentes är ett produktnummer och kommer att fortsättningsvis att användas för de olika sensorerna. Var och en av dessa sensorer är tredje generationens sensorer från företaget Matsushita. [2]

Vad menas med att det är sensorer av tredje generationen (gäller för Matsushita)? Innan 33-serien har det funnits två andra serier. Dessa börjar med sifferkombinationen 22 och 23. Vid fullskaleförsöken testades även sensorer från dessa serier, exempelvis joniserande sensor 2200 (se tabell 3.1). Skillnaderna mellan de olika generationerna eller serierna är framförallt att sensorerna har blivit mindre och strömsnålare.

I denna rapport kommer en viktig skillnad att göras mellan beteckningarna sensor och detektor. Dessa definitioner används av Matsushitas personal:

- En sensor är en apparat som vid vissa tidpunkter förser en centralapparat med mätvärden. Den mätdata som samlas in är analog.
- En detektor har bara två lägen, det vill säga det är en form av digital information. Exempel på detta är att detektorn kan visa larm eller inte larm. Det är fortfarande centralapparaten som tar beslutet om larmet skall aktiveras eller inte.

Tredje generationens sensorer använder sig av en speciell sockel för att kunna kopplas in på COM-looparna till EBL512. Denna sockel, vars nummer är 3312, sitter fastskruvad i taket. Det innebär att det på ett lätt sätt går att koppla bort själva sensorn (3304, 3308 och 3316) om den måste lagas, bytas ut, rengöras eller något annat. [3]

Vad är det som kännetecknar de olika sensorerna? För att svara på denna fråga kommer en beskrivning att göras på hur de är uppbyggda och hur de fungerar. I detta kapitel beskrivs den optiska sensorn, värmesensorn och multisensorn. Andra detektorer/sensorer beskrivs i kapitel 2.3.2.

### 2.2.1 Optisk sensor 3304

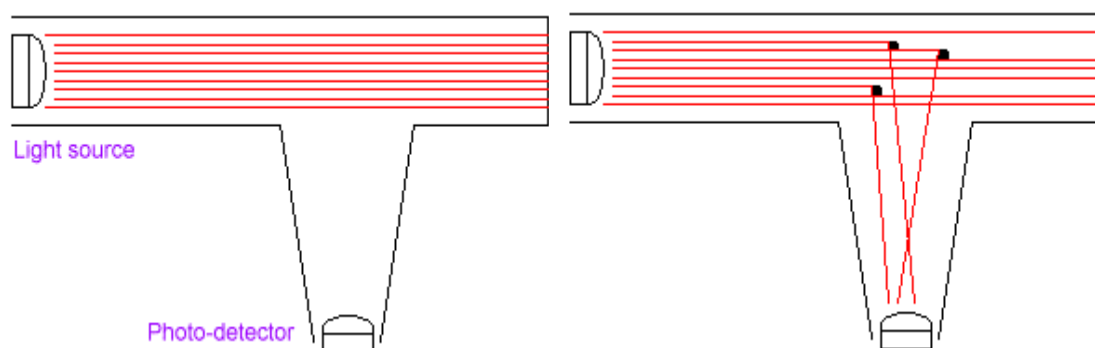
Den *optiska sensorn* (*eng. analogue optical smoke sensor*), som dagligt tal kallas optisk rökdetektor, är uppbyggd som en labyrinth. En bild på den optiska sensorn 3304 visas i figur 2.2 nedan. Den optiska detekteringstekniken bygger på ljusspridningfenomenet. Luft och eventuella brandgaser kan tillåtas att cirkulera i sensorns kapsel men det kommer inte in något ljus utifrån. I sensorn finns en ljussändare och en mottagare, placerade i vinkel i förhållande till varandra. Det är när det blir tillräckligt med ljusspridning till mottagaren som sensorn ger larm [4]. I figur 2.3 finns en skiss på denna funktion. I denna figur är *light source* ljussändaren och *photo detector* mottagaren. Den optiska sensorn är mer känslig för stora rökpartiklar ( $> 0,5 \mu\text{m}$  i diameter [5]) samt för ljusa sådana, (jmf med den joniserande rökdetektorn). En ljusspridningsdetektors känslighet är proportionell mot  $D_p^6$ , där  $D_p$  är partikeldiametern. [5]





Figur 2.2 Foto på en optisk sensor 3304.

Nedsmutsning av sensorn övervakas av en centralapparat och om den skulle bli alltför nedsmutsad kommer en servicesignal att indikeras. Sensorn kan då bytas ut för rengöring. [6]



Figur 2.3 Funktionen hos en optisk rökdetektor. I den vänstra bilden har inga brandgaser tagit sig in i detektorn. I den högra bilden har några partiklar tagit sig in och ljusspridning till mottagaren (photo-detector) sker. Light source är ljussändaren. [7]

### 2.2.2 Värmesensor 3308

Värmesensorn (eng. analogue heat smoke sensor) kan delas upp i två olika funktionsområden. Dessa är maximalvärmefunktionen och differentialvärmefunktionen. Se figur 2.4 för en bild på en värmesensor 3308. Som namnen antyder aktiveras den tidigare av en förutbestämd temperatur, till exempel 60°C, och den senare på en temperaturstegring, till exempel 4°C/minut. Maximalvärmedetektorn är den äldsta modellen. Den kan aktiveras med ett smältbleck, termistor eller en bimetall. I 3308 används en termistor och sensorn mäter temperatur med en upplösning på  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  [8]. Sensorn återgår till utgångsläget om den inte blivit skadad av branden. Differentialvärmesensorn är ofta snabbare än maximalvärmesensorn då den har lättare att anpassa sig till nya förhållanden. Normalt sett finns i en värmesensor båda funktionerna. Detta därför att vid en mycket långsam temperaturstegring anpassas differentialfunktionen till omgivningen. Det innebär att det kan bli väldigt varmt efter ett tag och det är då maximalfunktionen sätts in. [4]



Figur 2.4 Foto på värmesensor 3308.

### 2.2.3 Multisensor 3316

En *multisensor* är en modell som består av både en optisk sensordel och en värmesensordel. Dessa delars funktioner är samma som för de som beskrivits ovan. Det går dock att använda sig av båda delarnas detekteringsteknik då en passande algoritm skall tas fram och läggas in i EBL512.

## 2.3 Jämförelse med andra typer av system och sensorer/detektorer

I detta kapitel är avsikten att beskriva vilka huvudkategorier av anläggningar och system som finns på marknaden. De som kommer att beskrivas är ett konventionellt system, ett adresserbart konventionellt system samt de två olika typer av analoga adresserbara system [9]. I slutet av kapitlet finns kompletterande beskrivningar på andra typer av detektorer/sensorer.

### 2.3.1 Andra brandlarmsystem

Det *konventionella systemet* använder sig av en teknik som kallas kollektiv adressering, det vill säga att en hel sektion med ett visst antal sensorer står under bevakning. När ett larm har aktiverats måste en sökning göras i hela sektionen för att avgöra vilken sensor som gett larm. Alla detektorer har en fast larmnivå och centralapparaten uppgift är enbart att verkställa beslutet (larm eller inte larm). Nackdelen med detta system är att om arbete skall utföras måste hela sektionen kopplas ur och det innebär att stora delar av lokalerna står utan branddetektion. [9]

I ett *konventionellt adresserbart system* går det, till skillnad från det konventionella systemet, att avgöra vilken sensor det är som har aktiverats. En åtgärd kan således sättas in i ett tidigare skede (det går snabbare att hitta den aktiverade sensorn). I förhållande till det konventionella systemet är det adresserbara att föredra eftersom alla sensorer har en egen adress och indelning i sektioner kan göras med hjälp av mjukvaran som finns i centralapparaten. Vid arbete i en lokal med detta system kan ett mindre antal sensorer kopplas bort och större delen av sensorerna är då fortfarande aktiva. Fördelen med detta är att för få sensorer kopplas bort och resultatet kan bli ett onödigt larm (aktiva sensorer för nära det pågående arbetet). [9]

Brandlarmsystemet EBL512 är ett *analogt adresserbart system*. Systemet kan också kallas för ett system med centraliserad signalbehandling. Med det menas att alla sensorer skickar sina värden till centralapparaten för utvärdering. Det är således den som avgör om larm skall aktiveras eller inte. I detta system måste alla sensorer vara adresserbara. [9]

En annan modell är systemet med decentraliserad signalbehandling (annat namn är ett *interaktivt system*). Detta system bygger på att alla detektorer har försetts med processorer för att de själva skall kunna bedöma om larm skall aktiveras. Informationen från exempelvis rök och temperatur använder detektorerna för att avgöra om det är cigaretttrök, vattenånga eller om det är en riktig brand. [9]

Vid en jämförelse mellan de två senare systemen har det centraliserade signalbehandlingssystemet enklare och billigare sensorer än det interaktiva systemet. Å andra sidan kan störkällor på ett lättare sätt tas bort eftersom varje detektor har en egen processor där information om olika typer av rök kan lagras.

### 2.3.2 Andra sensorer/detektorer

Detektering kan ske genom ett antal olika fenomen. Tre av dessa är *värme*, *ljus* och *förbränningsgaser*. [10]

**Värme:** *Värme* kan detekteras med hjälp av punkt- eller linjedetektorer. Punktdetektorerna är de vanliga maximalvärme-, och differentialvärmedetektorerna samt kombinationen av dessa. Se även kapitel 2.2.2. En linjevärmedetektor kan bestå av metallkablar, fiberoptiska kablar eller gasfyllda rör. Användningsområdet för dessa typer är till exempel kabelstegar, utmed takfoten på hus etc. [10]

**Ljus:** *Ljus* detekteras med olika typer av flamdetektorer. Det finns i huvudsak tre modeller och dessa är de som detekterar infrarött ljus (IR), ultraviolett ljus (UV) samt en kombination (UV/IR). Flamdetektorer, som ofta är kopplade till någon form av släckanläggning, används vanligen i utrymmen med explosionsfarliga ämnen där en snabb detektering krävs. Detektorerna brukar vara EX-klassade, det vill säga byggda på ett sätt så att inga gnistor kan bildas i detektorn. [10]

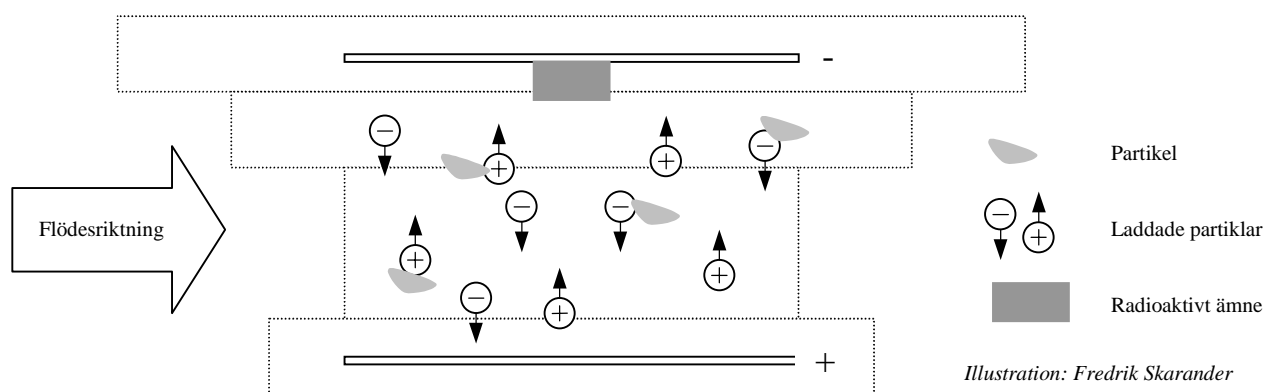
Den ultravioletta strålningen har ett smalt våglängdsområde. Detta innebär att en UV-detektor är väldigt känslig. Den vanligaste orsaken till onödiga larm på UV-detektorer är att svetsning har utförts i närheten av detektorn. Svetsning på ett avstånd av två till tre kilometer kan aktivera en UV-detektor [5]. I figur 2.5 nedan visas ett exempel på hur en kombinerad UV/IR-detektor kan se ut.



Figur 2.5 Bildexempel på en kombinerad UV/IR-detektor. [11]

**Förbränningsgaser:** *Förbränningsgaser* kan detekteras med punkt-, linje- och samplingsdetektorer. [10]

Punktrökdetektorerna kan i sin tur delas in i joniserande och optiska detektorer. De joniserande rökdetektorerna använder sig av egenskapen att luft kan bli joniserad, det vill säga bli laddad i en joniseringskammare. I denna kammare finns ett radioaktivt preparat, som sänder ut laddade partiklar, och två stycken plattor. När de laddade partiklarna sänds ut uppstår en ström i detektorn (strömmen har en stolk på ungefär  $10^{-11}$  A då inga förbränningsgaser finns i joniseringskammaren [5]). När sedan förbränningsgaser rör sig genom kammaren kommer de laddade partiklarna från det radioaktiva ämnet att fastna på rökpartiklarna. Detta i sin tur innebär att strömmen i kretsen minskar då de laddade partiklarnas hastighet minskar avsevärt. Det beror på den större massan hos rökpartikel-jonparet. I figur 2.6 visas en principskiss på en joniserande detektors utseende och funktionssätt. Aktivering av detektorn sker när strömmen i den elektriska kretsen minskar till en viss nivå. [10]



Figur 2.6 En joniserande detektor och dess joniseringskammare. De laddade partiklarna fastnar på till exempel sotpartiklar och strömmen i kretsen minskar. Bildidé från [10].

Den optiska röksensorn har beskrivits tidigare i denna rapport, se kapitel 2.2.

Beroende på rökpartiklarnas storlek har den joniserande och den optiska detektorn olika känslighet. Den joniserande detektorn har större känslighet, jämfört med den optiska, för partiklar som är mindre än  $0,5 \mu\text{m}$  i diameter. Den optiska har således större känslighet för partiklar som är större än  $0,5 \mu\text{m}$  i diameter. Denna relation är viktig att ha i minnet då rökpartiklarnas storleksfördelning varierar med tiden och avståndet från den rökproducerande källan. Rök- och sotpartiklar åldras och kommer med tiden och avståndet att klumpa ihop sig och bli större. I [5] anges det att en joniserande detektorns känslighet är proportionell mot  $D_p^3$  för partiklar mindre än  $0,5 \mu\text{m}$  och proportionell mot  $D_p^2$  för partiklar större än  $0,5 \mu\text{m}$ ,  $D_p$  är partikeldiametern. [5]

Linjerökdetektorn består av en sändare, en mottagare och en kontrolldel. Kontrolldelens uppgift är att övervaka ett visst antal mottagare och sändare. Detektorn detekterar utmed en lång sträcka och använder sig av fördunklingsprincipen, det vill säga ljusstrålens intensitet minskar ju mer rök det finns i lokalen. Lämpliga lokaler kan vara simhallar, idrottsanläggningar, ridhus etc.. Om sändaren och mottagaren är placerade på olika ställen ligger avståndet på 10 till 100 meter, men det finns även en annan lösning då sändaren och mottagaren är placerade i samma enhet. Då behövs någon form av reflektor som kan reflektera ljuset från sändaren. Normalt avstånd i detta fall ligger runt 30 till 50 meter. Detektorn kan detektera både ljus och mörk rök [10] och relativt oberoende av brandgasernas åldrande [5]. Planering måste göras innan installation så att inte lagerhyllor eller truckar kan skymma ljussignalen.

Samplingsdetektorer kallas ibland för aspirationsdetektorer [10]. Ett system består av ett römnät med ett visst antal samplingshål (insugningshål), en fläkt för att kunna suga in luftprover, en detektor och en kontrollenhet som analyserar proverna. Samplingsdetektorerna kan användas i väldigt dammiga miljöer (mjölkvarnar, isolermaterialtillverkning etc.), byggnader med höga affektionsvärden (kyrkor) samt i lokaler med stor takhöjd. Där takhöjden är stor kan skikt bildas i luften. Det kan då vara svårt eller till och med omöjligt att använda sig av vanliga rökdetektorer men med samplingstekniken kan detta problem lösas. Att det bildas skikt i luften i lokaler med stor takhöjd beror på temperaturskillnader. Om det brinner i till exempel ett atrium kommer brandgaserna i plymen att inledningsvis vara varma. När de sedan stiger uppåt sjunker temperaturen i plymen och när temperaturen blir densamma som omgivande luft kommer brandgaserna inte att stiga längre. Denna nivå kan vara en bit under taket och om vanliga rökdetektorer är placerade i taket kommer dessa inte att göra någon nytta. Ett rörsystem till samplande rökdetektorer kan fördelas över hela höjden i lokalen och problemet är då löst.

Ett annat problemområde som kan lösas med samplingsmetodiken är lokaler med stor luftomsättning. Vid en brand kommer troligtvis brandgaserna att spädas och med vanliga rökdetektorer kan det bli för svaga signaler, men med en samplingsdetektor kan även mycket små rökmängder detekteras då den har tillgång till en känslig kontrollenhet. [10]

En annan typ av förbränningsgasdetektor beskrivs i [5]. Förbränningsgaser som till exempel koldioxid, kolmonoxid och andra kolväten kan detekteras genom att mäta hur mycket av ämnet som finns i luften. Koldioxid kan vara svårt att mäta på detta sätt då det redan existerar en relativt stor mängd av ämnet i luften.

### 3 Beskrivning av fullskaleförsöken

#### 3.1 Försöksutrustning och försöksuppställning

Syftet med testerna var att samla in mätvärden från sensorer vid fullskaleförsök. Vid försöken användes tolv stycken sensorer, elva stycken termoelement samt två stycken linjerökdetektorer (LRD). Tillsammans placerades detta på en spånskiva med ytfolie, se figur 3.1 för en skiss av plattan. Plattans mått var (0.75 x 0.75) m<sup>2</sup>. I tabell 3.1 redovisas de sensorer som användes vid försöken och i tabell 3.2 redovisas de instrument som användes för referensmätningarna.

I denna rapport skall endast fyra av dessa tolv sensorer analyseras. För att inte förvilla läsaren är det tre typer av sensorer men för en typ finns det två exemplar. Det vill säga, sensorerna är en optisk sensor (3304), en värmesensor (3308) samt två stycken multisensorer (3316). Det är dessa sensorer som är av intresse i V2.0. Övriga sensorer är äldre modeller och kommer inte att analyseras i denna rapport. Den tredje kolumnen, nummer på platta, anger var sensorn är placerad enligt figur 3.1. [1]

Tabell 3.1 Sensorer vid fullskaleförsöken.

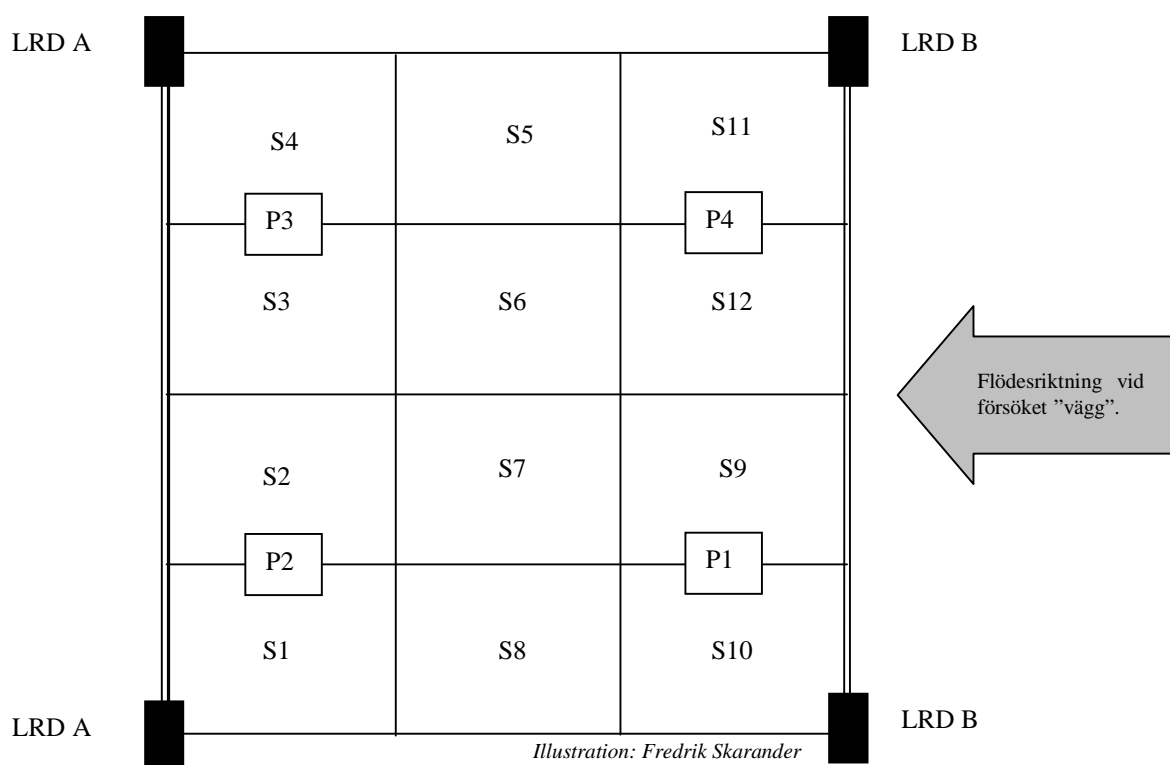
Typ	Produktnamn	Nummer på platta
Värmesensor	3308	S1
Optisk sensor	3304	S2
Multisensor	3316	S3
Multisensor	3316	S4
Joniserande sensor	2200	S5
Optisk sensor	2202	S6
Joniserande sensor	2300	S7
Optisk sensor	2304	S8
Optisk sensor	2304	S9
Optisk sensor	3304	S10
Optisk sensor	Autronica	S11
Joniserande sensor	Autronica	S12

*S<sub>i</sub> = Sensor i*

Tabell 3.2 Instrument för referensmätningar.

Instrument	Termoelementets grovlek	Placering på plattan
Termoelement 1 (TC1)	Medel	P1
Termoelement 2 (TC2)	Grov	P1
Termoelement 3 (TC3)	Grov	P4
Termoelement 4 (TC4)	Medel	P2
Termoelement 5 (TC5)	Grov	P3
Termoelement 6 (TC6)	Grov	P2
Termoelement 7 (TC7)	Medel	P3
Termoelement 8 (TC8)	Fin	P3
Termoelement 9 (TC9)	Medel	P4
Termoelement 10 (TC10)	Fin	P1
Termoelement 11 (TC11)	Fin	P2
Linjerökdetektor A (LRD A)		
Linjerökdetektor B (LRD B)		
Optisk sensor		S2

*TC = Thermo Couple (svenska = termoelement), LRD = Linjerökdetektor, P<sub>i</sub> = Punkt i*



Figur 3.1 Plattans utseende sett underifrån. S1-S12 anger sensorernas placering och P1-P4 anger termoelementens placering. Observera att det sitter två till tre termoelement i varje punkt P1-P4. Linjerökdetektorerna arbetar mellan varandra i vertikalkled. De analyserade sensorerna sitter längst till vänster i figuren.

Plattan med sensorer, termoelement och linjerökdetektorer placerades sedan precis under betongtaket mitt i ett rum med måtten (5 x 8 x 2.7) m<sup>3</sup>. [1]

## 3.2 Brand- och storkällor

Vid försöken användes tre stycken brandkällor och åtta stycken storkällor. De tre brandkällorna definieras i SS-EN54/9 [13]. I denna standard finns totalt sex stycken olika brandkällor beskrivna, benämnda TF1 till TF6, där TF står för Test Fire. Anledningen till att dessa standardbränder finns är att det skall vara möjligt att dela in detektorer i olika klasser, klass A, B och C. I tabell 3.3 beskrivs brandkällorna och tabell 3.6 beskrivs storkällorna.

Försöken utfördes med två olika placeringar av stör- och brandkällorna. Dessa benämns i rapporten som "mitt" och "vägg", till exempel "rökmitt" och "rökvägg". Alla försök vars namn som slutar på "mitt" utfördes mitt under försöksplattan. Vid de försök som slutar på "vägg" placerades stör- eller brandkällan vid en av rummets väggar drygt tre meter från försöksplattan. I figur 3.1 ovan visas med hjälp av pilen till höger i vilken riktning som den konvektiva gasströmmen från "vägg"-försöken kommer ifrån [1].

Vid försöken på Barbara användes enbart TF4, TF5 och TF6, se tabell 3.3 för en beskrivning. I tabell 3.4 redovisas tiden för när antändning samt vissa observationer vid försöken. Alla diagram i appendix och de som finns i rapporten utgår från  $t = 0$  s. Innebörden av  $t_{\text{antändning}}$  i tabell 3.4 för brandkällorna är att antändning inte sker förrän efter så många sekunder. Ta följande exempel: Heptanpölen i TF5mitt antänds 90 sekunder efter det att all utrustning (datorer m.m.) har satts igång.

Tabell 3.3 Brandkällor vid försöken. [1], [13]

Standardbrand <sup>1</sup>	Beskrivning
TF4	PUR-skiva på en bas av aluminiumfolie. Skivans mått var (50 x 50 x 6) cm <sup>3</sup> . Antändningskällan var ett kärl med diametern 5 cm innehållande 5 cm <sup>3</sup> etanol som placerats i kanten av PUR-skivan <sup>2</sup> .
TF5	Brand i 750 g n-heptan varav 3 % (av massan) var toluen. Kärlets mått var (33 x 33 x 5) cm <sup>3</sup> .
TF6	Brand i 2000 g denaturerad etanol <sup>3</sup> . Kärlets mått var (43.5 x 43.5 x 5) cm <sup>3</sup> .

<sup>1</sup>TF = Test Fire, <sup>2</sup>PUR = Polyuretan, <sup>3</sup>Med denaturerad etanol menas att etanolen har gjorts odrickbar.

Tabell 3.4 Antändningstid vid försöken med brandkällor. Försöken startas vid t = 0 s. [1]

Brandkälla	t <sub>antändning</sub> (s)	Observationer
TF4mitt	30	Sotig utrustning på grund av ett av de sista försöken
TF4vägg	15	
TF5mitt	90	Det näst sista försöket på grund av risk för allvarlig sot- och värmepåverkan.
TF5vägg	30	Sensorerna på platserna S5 och S7 ur funktion vid försöket.
TF5vägg2 <sup>1</sup>	60	
TF6mitt	15	Ett av de sista försöken på grund av risk för allvarlig värmepåverkan.
TF6vägg	0	Linjerökdetektorerna påvisar felaktigt rök. Trolig orsak är att plattan bågner av värmen.

<sup>1</sup>TF5vägg2 utförs som TF5vägg. Den enda skillnaden är t<sub>antändning</sub>.

De andra tre testbränderna, TF1-TF3, som definieras i SS-EN54/9 sammanfattas i tabell 3.5 för fullständighetens skull.

Tabell 3.5 Övriga testbränder enligt [13]. Dessa standardbränder användes inte vid fullskaleförsöken.

Standardbrand	Beskrivning
TF1	Här eldas c:a 70 bokträstickor (eng. beechwood sticks) med måtten (1 x 2 x 25) cm <sup>3</sup> upp. Basmåtten är (50 x 50) cm <sup>2</sup> och det skall vara minst sju lager med trästickor.
TF2	Vid TF2 läggs 24 bokträstickor med måtten (1 x 2 x 3,5) cm <sup>3</sup> på en het platta där stickorna tillåts börja glöda. TF2 är således en glödbland.
TF3	Vid TF3 används c:a 90 stycken 80 cm långa bomullsvekar som placeras i en ring med diametern 10 cm, det vill säga det blir ett rörformigt arrangemang. Direkt efter antändning blåses lågan ut och bomullen tillåts glöda.

Tabell 3.6 Störkällor vid försöken. [1]

Störkälla	Namn	Beskrivning
Brödrost	Bröd-	Rostning av två stycken brödsivor i en brödrost. Brödrosten är placerad på ett 70 cm högt bord. Försöket pågår till dess att bröden är svartbrända.
Diskmaskin	Disk-	Vattenånga från öppnad lucka på en diskmaskin. Luckan öppnades under pågående diskprogram.
Gassvets	Gassvets-	Svetsning med gassvets (acetylen och syrgas) i tunnplåt.
Mattsvets	Mattsvets-	Svetsning av PVC-matta med en mattsvets.
Tobaksrök	Rök-	Cigarillrök från två stående kedjerökande personer.
Träcirkelsåg	Såg-	Sågning med cirkelsåg i träpallar.
Ugn	Ugn-	Värme och gaser från pizzadeg med bakplåtspapper i en 250°C varm ugn.
Vinkelslip	Vinkelslip-	Kapning av plåtskivor med en vinkelslip. Vinkelslipen är försedd med stålklingar.

På samma sätt som för brandkällorna inleds vissa av försöken av störkällorna en tid efter  $t = 0$  s. De flesta startar dock i samma ögonblick som all utrustning (datorer m.m.) sätts igång, det vill säga vid  $t = 0$  s. Med  $t_{\text{aktivering}}$  avses den tid där störkällan på något sätt aktiveras, exempelvis vid försöket diskmitt öppnas luckan efter 120 s så  $t_{\text{aktivering}} = 120$  s. (Jfr med  $t_{\text{antändning}}$  hos brandkällorna.) I tabell 3.7 redovisas dessa tider samt några observationer vid försöken.

Tabell 3.7 Aktiveringstid vid försöken med störkällor. Försöken startas vid  $t = 0$  s. [1]

Störkälla	$t_{\text{aktivering}}$ (s)	Observationer
Brödmitt	0	Bröden börjar ryka efter c:a 4-5 minuter.
Brödvägg	0	Bröden börjar ryka efter c:a 4-5 minuter.
Diskmitt	120	
Diskmitt <sup>1</sup>	120	
Diskvägg	120	Inget larm aktiveras.
Diskvägg <sup>2</sup>	120	Inget larm aktiveras.
Gassvetsmitt	0	
Gassvetsvägg	0	Inget larm aktiveras.
Mattsvetsmitt	0	Inget larm aktiveras.
Mattsvetsvägg	0	Inget larm aktiveras.
Rökmitt	0	
Rökvägg	0	Inget larm aktiveras.
Sågmitt	0	Inget larm aktiveras.
Ugnmitt	990	Vid $t = 2$ min läggs en pizzadeg in i ugnen för gräddning. Vid $t = 9$ min tas degen ut och läggs ovanpå ugnen. Vid $t = 11$ min sätts degen åter in i ugnen. Vid $t = 16,5$ min är degen kraftigt rykande och svartbränd.
Ugnmitt2	-	Vid $t = 0$ har pizzadegen gräddats i sju minuter. Ugnsluckan öppnas efter $t = 10$ min och då är degen kraftigt rykande och svartbränd. Degen tas ut och läggs på ugnen.
Ugnvägg <sup>3</sup>	-	
Vinkelslipmitt	0	Inget larm aktiveras.
Vinkelslipvägg	60	Inget larm aktiveras.

<sup>1</sup> Diskmitt2 utförs på samma sätt som diskmitt, <sup>2</sup> Diskvägg2 utförs på samma sätt som diskvägg, <sup>3</sup> Ugnvägg utförs på samma sätt som ugnvägg2 förutom valet av placering, (se kommentarer under kolumnen observationer).

I tabell 3.4 ovan har  $t_{\text{aktivering}}$  för ugnmitt2 och ugnvägg markerats med ”-”. Det beror på att enligt det som beskrivits i kolumnen observationer. Där står det att degen tas ut vid  $t = 10$  min och är då kraftigt rykande och svartbränd. Detta stämmer dåligt överens med diagrammet i appendix A1, där signalen börjar växa efter c:a sju minuter efter  $t = 0$  s. Troligtvis är detta en miss i försöksdokumentationen.

### 3.3 Mätdata från fullskaleförsöken

All mätdata från försöken har samlats in och sparats i digital form, se [14]. Mätdata utgörs av dataserier som insamlas i centralutrustningen EBL512 och referensmätningar på temperatur och röktäthet. Den data som centralutrustningen samlat in består av alla samplingar, det vill säga den aktuella nivån som en viss sensor har vid en viss tidpunkt. Efter bearbetning av dessa dataserier blir resultatet diagram där sensorsnivå, röktäthet eller temperatur är en funktion av tiden.

Referensmätningarna kräver en del matematiska beräkningar då termoelementens och linjerökdetektorernas utdata har enheten V. Temperaturomräkningen (från V till °C) görs med (ekv. 3.1) och omräkning till aktuell siktnedsättning görs med (ekv. 3.2) [1]. Denna mätdata har samlats in med en frekvens på 10 Hz, det vill säga en sampel per 0,1 sekunder.



$$T = T_0 + \frac{(U - U_0)}{K}, \quad (\text{ekv. 3.1})$$

där

T = Temperatur vid tiden t	(°C)
T <sub>0</sub> = Temperatur vid tiden t = 0 s	(°C)
U = Spänning vid tiden t	(mV)
U <sub>0</sub> = Spänning vid tiden t = 0 s	(mV)
K = 0,0407 [1]	(mV/°C)

I det aktuella fallet var T<sub>0</sub> = 13°C.

$$D = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{I_0}{I} \right] \cdot \frac{1}{L}, \quad (\text{ekv. 3.2})$$

där

D = Sikttnedsättning	(dB/m)
I <sub>0</sub> = Intensitet vid tiden t = 0 s	(V)
I = Intensitet vid tiden t	(V)
L = Längd	(m)

I det aktuella fallet är avståndet mellan sändaren och mottagaren hos de två linjerökdetektorerna 0,75 meter, se kapitel 2.1. Enheten för D är som nämnts ovan dB/m. Matsushita använder sig av enheten %/m och omräkningen från dB/m till %/m kräver vissa räkneoperationer. Dessa beräkningar och kommentarer till dessa redovisas i kapitel 4.

De värden som sensorerna mäter är inte sikttnedsättning i enheten %/m eller temperaturen i enheten °C direkt utan de använder sig av enheten bit. De optiska sensorn kan mäta värden mellan 1-251 bitar, (sidan 21 i [15]). För den optiska sensorn motsvarar *absolutvärdet* 1 bit en sikttnedsättningen på 0 %/m. Värmesensorn kan mäta värden mellan 0-200 bitar. För att räkna om antalet bitar till %/m respektive °C används följande:

- Optisk sensorfunktion: Differensen 1 bit motsvarar 0,1 %/m
- Värmesensorfunktion: Differensen 1 bit motsvarar 0,5°C

En optisk sensor kan således detektera ett maximalt värde på 25 %/m. Det motsvarar vid omräkning ett värde på 1,2 dB/m, som kan tolkas som en siktbarhet på ungefär åtta meter, (sidan 357 i [16]). På motsvarande sätt är en värmesensors maximala värde 100°C. Detta innebär att vid vissa bränder vid fullskaleförsöken når sensorerna sina maximala värden.

All mätdata från försöken fanns inledningsvis lagrade som textfiler men har transformerats till Excel-format för att lättare kunna bearbetas. För varje störkälla och brandkälla har centralapparaten samplat värden från var och en av de tolv sensorerna (se tabell 3.1). För att kunna bearbeta de tre sensorerna 3304, 3308 och 3316 har en sortering gjorts så att röktätheten respektive temperaturen är en funktion av tiden. Arbetet att sortera mätdata har utgjort en stor del av detta projekt.



## 4 Undersökning av en enkel optisk sensor

### 4.1 Problembeskrivning

Undersökningen av en enkel optisk sensor syftar till att analysera ett annorlunda angreppssätt än det som skall förverkligas i den nya versionen (V2.0) av brandlarmsystemet EBL512. Konkret menas med detta att olika typer av filter, det vill säga olika algoritmer, skall tas fram och användas på de olika stör- och brandkällorna. För att kunna jämföra resultaten kommer även algoritmen för V2.0 att läggas in hos de olika stör- och brandkällorna. På så sätt ses vilka algoritmer som är mest effektiva. Slutligen görs ett försök med att jämföra sensorernas signaler med referensmätningarna.

### 4.2 Avgränsning och metodik

Totalt utfördes 25 försök i brandövningshuset. En analys av alla signalerna från dessa försök har gjorts och efter diskussion har fem av störkällorna valts att studeras närmare. Störkällorna är:

- Gassvetsmitt
- Rökmitt
- Ugnmitt
- Ugnmitt2
- Ugnvägg

Anledningen till att dessa störkällor är extra intressanta är att de har signaler som kan filtreras bort med relativt enkla algoritmer. Alla andra störkällor (se tabell 3.4 ovan) ger antingen ett för kraftigt utslag på sensorn (omöjligt att filtrera bort) eller så reagerar inte sensorn över huvud taget eller också blir det signaler men inte så pass stora att larm kan aktiveras.

För de olika brandkällorna (se tabell 3.3 ovan) kommer följande försök att studeras närmare:

- TF4mitt
- TF4vägg
- TF5mitt
- TF5vägg
- TF5vägg2

Att bara dessa brandkällor analyseras motiveras med att spritbranden TF6 inte avger någon brandgas (som kan detekteras av den optiska sensorn) och således finns inga signaler att analysera. Se appendix A2.

I appendix A1 finns diagram för alla störkällor och i appendix A2 finns diagram för alla brandkällor. I dessa diagram har rökvärdet avsatts som funktion av tiden. Med rökvärde menas det värde som den optiska sensorn känner av och registrerar. Enheten är bit, (se kapitel 3.3).

Den *metodik* som har använts i detta kapitel bygger på användandet av relativt enkla filter.Handledning och vägledning har under arbetets gång erhållits från Mikael Ahlström och Mikael Östergren på Matsushita samt Maria Hansson på Institutionen för tillämpad elektronik. Dessa personer har bidragit med förslag och tips på hur dessa filter kan se ut vilket har varit till stor hjälp.

Då det var svårt att anpassa ett filter till de olika störkällorna, har flera stycken undersökts för att se hur effekten blir, det vill säga se om det blir något onödigt larm. Alla filter har sedan jämförts med hur påverkan blir på brandkällorna (för att se hur stor larmfördröjningen blir) och med algoritmen i V2.0.

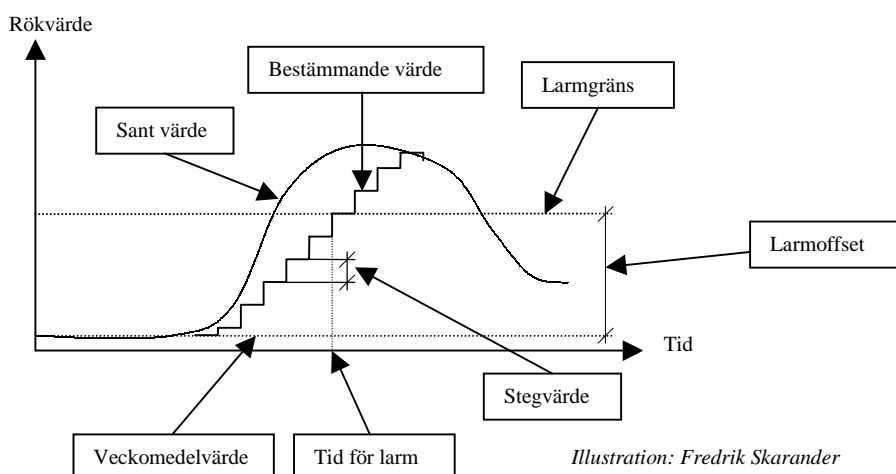
För tre av filtren har en djupare analys gjorts. Denna studie omfattar viss frekvensanalys och resultatet kan användas till att klassificera filtret och se varför filtret är bra eller dåligt. Beräkningarna redovisas i appendix B.

### 4.3 Algoritm i V2.0

För att kunna förklara hur algoritmen fungerar bör några begrepp definieras. Vissa har förekommit tidigare i rapporten men återges här för tydlighetens skull.

Veckomedelvärde:	Sensorn tar en sampel per timme varje dag och sparar dessa värden under en vecka. När en vecka har förflutit beräknas ett medelvärde på dessa värden. Detta värde fungerar som en bas för bestämning av larm och larmgränser. (Sid 6 i [17].)
Larmoffset:	Detta värde kan lättast beskrivas som en skillnad mellan två tal. Låt säga att veckomedelvärdet är 1 bit. En larmoffset för en optisk sensor kan vara 30 bitar. Det innebär att larmgränsen ligger på 31 bitar. (Sid 23 i [15].)
Sant värde:	De värden som sensorn känner av. Exempel på sanna värden finns i appendix A, C och D. (Eng. <i>true value</i> .)
Bestämmande värde:	Detta värde är beroende på vilken algoritm som för närvarande finns inlagd i centralapparaten och är ett värde som algoritmen har beräknat utifrån ett sant värde. (Eng. <i>decision value</i> .)
Stegvärde:	En form av offsetvärde som används vid jämförelsen mellan den sanna värdet och det bestämmande värdet.

Begreppen åskådliggörs med hjälp av figur 4.1 nedan.



Figur 4.1 Principskiss för att kunna förklara vissa begrepp för algoritmen i V2.0. Studeras enklast tillsammans med ordförklaringarna ovan.

Hur fungerar då den algoritm som skall implementeras i V2.0? Låt oss studera ett enkelt sifferexempel. Om veckomedelvärdet ligger på 1 bit så kommer larmgränsen ligga på 31 bitar, det vill säga att larmoffsetvärdet är på 30 bitar. (Larmoffsetvärdet kan ha andra värden.) Centralapparaten kommer att fråga en sensor med 2,5 sekunders mellanrum och vid varje sådan här så kallad pollning jämför centralapparaten sitt aktuella bestämmande värde med det nya sanna värdet. Om skillnaden är mindre än stegvärdet höjs det bestämmande värdet med just denna skillnad. Men om skillnaden skulle vara större höjs det bestämmande värdet med stegvärdet. Detta kommer innebära att det blir av fördröjning av larmet, det vill säga i figur 4.1 ovan passerar det sanna värdet larmgränsen före det bestämmande värdet.

De nya filter som tas fram i denna rapport kommer att jämföras med V2.0-algoritmen. En justering har gjorts för att göra det möjligt. Innebörden av justeringen är att istället för att jämföra de två olika värdena vid varje 2,5:e sekund (vilket är det normala tiden) och använda ett stegvärde på 5 (sid 7 [17]) kommer ett tidsintervall på 5 sekunder att användas samtidigt som ett antaget stegvärde på 10 används. Motiveringen till att denna justering fått göras är att vid fullskaleförsöken har mätvärden hämtats in vid varje hel sekund. Om halvsekunder skulle läggas in så skulle det innebära ett extraarbete som inte står i proportion till det slutliga resultatet.

## 4.4 Jämförelse med referensmätningar

För vissa av stör- och brandkällorna finns det referensmätningar att tillgå. Den optiska sensorn signaler jämförs med linjerökdetektorernas värden då det är röktätheten som studeras. Det uppstår dock problem med att jämföra signalerna rakt av. Det beror på, och det har även beskrivits i kapitel 2.2, att optiska detektorer använder sig av ljusspridningsprincipen medan en linjerökdetektor förlitar sig på fördunklingsprincipen. Vid analys av signalerna i diagram (se appendix A) ses att skillnaden mellan sensorns signal och linjerökdetektorerna är väldigt stor. Det går inte att få ut något vettigt om jämförelsen syftar till att undersöka vilka värden som linjerökdetektorerna och sensorn har vid en viss tidpunkt, till exempel vid de maximala värdena, och det beror på att det är två typer av detekteringsprinciper inblandade. I diagram 4.1 och 4.2 nedan visas två exempel, TF4vägg och rökmitt, på hur skillnaden är mellan linjerökdetektorerna och sensorerna.

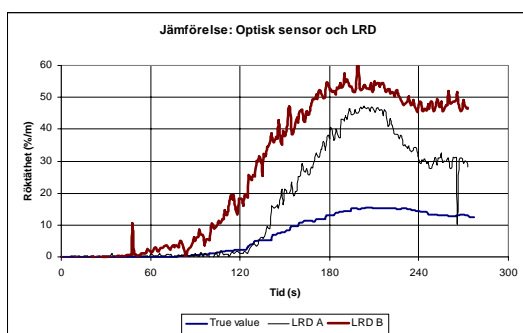


Diagram 4.1 Skillnaden mellan linjerökdetektorernas utslag och sensorns utslag på brandgaserna vid försöket TF4vägg.

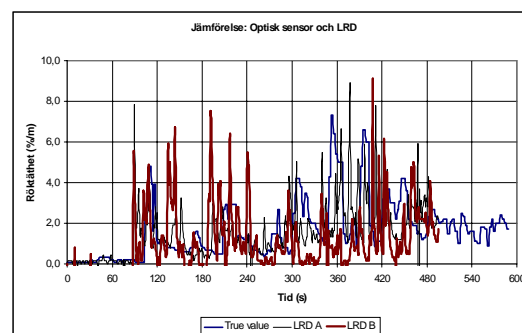


Diagram 4.2 Skillnaden mellan linjerökdetektorernas utslag och sensorns utslag på röken vid försöket rökmitt.

Graferna i diagram 4.1 och 4.2 samt de som redovisas (jämförelsen mellan linjerökdetektorer och sensorn) i appendix A4, A7 och A9 till A12 har beräknats fram enligt beräkningsgång beskriven nedan. För vissa stör- och brandkällor (TF4mitt, ugnmitt, ugnmitt2, mattsvetsmitt, mattsvetsvägg, gassvetsmitt och gassvetsvägg) fanns inga referensmätningar tillgängliga och således har inga jämförelser kunnat göras.

Då Matsushita i sina beräkningar använder sig av %/m istället för dB/m i sina optiska sensorer måste en omräkning göras eftersom referensmätningarna för siktbarheten har enheten dB/m. I försöksrummet var avståndet mellan sändare och mottagare på linjerökdetektorerna 0,75 meter. Följande beteckningar kommer att användas:

D = Siktbarhet	(dB/m)
D <sub>%</sub> = Siktbarhet	(%/m)
I <sub>0</sub> = Intensitet vid tiden t = 0 s	(V)
I = Intensitet vid tiden t	(V)
L = Längd	(m)

Vid mätningarna gavs resultaten för intensiteten som en spänning i enheten V. För att räkna om från aktuella ljusintensiteter till siktbarhet i dB/m användes (ekv. 3.2), det vill säga

$$D = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{I_0}{I} \right] \cdot \frac{1}{0.75} \quad (\text{ekv. 3.2})$$

Med denna formel har hänsyn tagits till längden L (0,75 m). För att kunna räkna om till siktbarheten i %/m måste en längd på en meter användas. Då D är beräknad kommer kvoten mellan I<sub>0</sub> och I att variera. Omräkningen görs nedan med L = 1 m. (Det visas genom att på vissa ställen i ekvationerna finns en etta med. Denna etta skulle kunna tas bort men är med för att visa att beräkningarna görs just med L = 1 m)

$$D = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{I_0}{I} \right] \cdot \frac{1}{1} \Rightarrow \frac{I_0}{I} = 10^{\left[ \frac{D-1}{10} \right]}, \quad (\text{ekv. 4.1})$$

där D i (ekv. 4.1) är har det värde som beräknades i (ekv. 3.2).

Fördunklingen i enheten [%/m] beräknas med följande formel.

$$D_{\%} = \frac{100}{1} \cdot \left[ \frac{(I_0 - I)}{I_0} \right] = \frac{100}{1} \cdot \left[ 1 - \frac{I}{I_0} \right] \quad (\text{ekv. 4.2})$$

Insättning av (ekv. 4.1) i (ekv. 4.2) ger

$$D_{\%} = \frac{100}{1} \cdot [1 - (10^{\left[ \frac{-D-1}{10} \right]})] = 100 \cdot \left[ 1 - (10^{\left[ \frac{-D}{10} \right]}) \right] \quad (\text{ekv. 4.3})$$

Det är (ekv. 4.3) som har använts för att kunna beräkna och redovisa graferna som återfinns i exempelvis diagram 4.1 och 4.2.

För fullständighetens skull redovisas även formeln om där D är en funktion av  $D_{\%}$ .

$$D = -10 \cdot \log_{10} \left[ 1 - \frac{D_{\%} \cdot 1}{100} \right] \quad (\text{ekv. 4.4})$$

Denna beräkning är korrekt för de två linjerökdetektorerna men när en jämförelse skall göras med sensorn blir det fel vilket kan ses på den stora skillnaden mellan det sanna värdet (true value) och linjerökdetektorernas värden. Det syns speciellt tydligt i diagram 4.1.

Eftersom de olika brandkällorna som användes vid fullskaleförsöken är bränder med öppna flammor kommer den optiska sensorn att ge svaga signaler. Detta beror på att vid flambränder är sot- och rökpartiklarna mindre än vad som produceras vid exempelvis någon form av glödbrand. Om en glödbrand skulle analyseras på samma sätt som de tre undersökta brandkällorna skulle kurvan för sensorns signal vara kraftigare, speciellt i inledningen. Det blir alltså inte en helt rättvis bild då den optiska sensorn är mer känslig för stora partiklar än för små sådana. Linjerökdetektorns signaler är i sin tur oberoende av rökpartiklarnas åldrande och därmed också dess storlek.

Information som dock kan tas fram vid en jämförelse är hur stor fördröjningen är. Med fördröjning menas den tid det tar för brandgaserna att transporteras in i sensorn. Linjerökdetektorerna är öppna på så sätt att brandgaserna träffar avläsningsinstrumentet (ljusstrålen) direkt. I en sensor måste brandgaserna övervinna det tryck som råder i kapseln och först därefter transporteras in. I tabell 4.1 nedan redovisas vissa fördröjningstider. I försöket rökmitt och ugnvägg är signalerna osäkra och det är svårt att få fram någon vettig fördröjningstid.

Tabell 4.1 Fördröjningstider vid vissa försök för den optiska sensorn.

Namn	Kommentar
Gassvetsmitt	Finns inga referensmätningar att tillgå.
Rökmitt	Signalerna har en väldigt stor spridning
Ugnmitt	Finns inga referensmätningar att tillgå.
Ugnmitt2	Finns inga referensmätningar att tillgå.
Ugnvägg	Signalerna har en väldigt stor spridning
TF4mitt	Finns inga referensmätningar att tillgå.
TF4vägg	Sensorn börjar att ge utslag efter 82 s. LRD <sup>1</sup> B börjar redan efter 47 s medan LRD A följer utseendet på sensorn. Fördröjningen i sensorn är således ungefär 35 s.
TF5mitt	Sensorn börjar att ge utslag efter 109 s. LRD B börjar redan efter 92 s medan LRD A har en signal som är osäker. Fördröjningen i sensorn är således ungefär 17 s.
TF5vägg	Sensorn börjar att ge utslag efter 52 s. LRD A och B börjar redan efter c:a 37 s. Fördröjningen i sensorn är således ungefär 15 s.
TF5vägg2	Sensorn börjar att ge utslag efter 84 s. LRD A och B börjar redan efter c:a 72 s. Fördröjningen i sensorn är således ungefär 12 s.

<sup>1</sup>LRD = Linjerökdetektor

## 4.5 Förslag på nya algoritmer

För att kunna ta bort oönskade signaler måste någon form av filtrering göras. I kapitel 4.3 har redan den algoritm eller filter som ska användas i V2.0 av brandlarmsystemet EBL512 beskrivits. I detta kapitel kommer sju stycken filter, det vill säga nya algoritmer, att presenteras. En jämförelse kommer att göras mellan de sju föreslagna filtren och den algoritm som skall implementeras i V2.0.

De sju nya filtren kan delas in i två grupper. Den ena gruppen baseras på medelvärdesbildning (filter 1, 2 och 3) och den andra på medianbildning (filter 4, 5, 6 och 7). Medelvärdesgruppen använder sig av, som namnet antyder, metoden ett ta medelvärden av ett visst antal tal (de sanna värdena). Mediangruppen kan behöva förklaras lite mer. Vad är median av en serie av tal? Medianen av en samling tal är det tal som är i mitten av talserien, det vill säga medianen av talserien {2, 4, 5, 89 och 456} är 5. Om det skulle vara ett jämnt antal tal i serien blir det medelvärdet av de två mittersta, det vill säga medianen av talserien {4, 7, 8 och 56} är 7,5.

Nedan redovisas ekvationerna för de sju föreslagna filtren. I dessa filter står de olika beteckningarna för följande:

- $x[n]$  = Värdet som sensorn känner av och ger till centralapparaten. (Jfr med den sanna värdet i V2.0.)
- $y[n]$  = Värdet som används till att bestämma om larm skall aktiveras eller inte. (Jfr med det bestämmande värdet i V2.0.)
- $n$  = sampel nummer  $n$ .

Att hakparenteser används beror på att all mätdata utgörs av tidsdiskreta signaler. En tidsdiskret variabel,  $x[n]$ , har värden endast på vissa bestämda värden på  $n$ , där  $n$  kan vara en tidsvariabel som i vårt fall. Motsatsen är en tidskontinuerlig variabel och då brukar vanliga parenteser användas, det vill säga  $x(n)$  [18]. Diagrammen i appendix ser ut att vara kontinuerliga men är egentligen tidsdiskreta då samplingspunkterna ligger väldigt tätt.

De sju filtren är:

$$\text{Filter 1: } y[n] = \frac{1}{4} \cdot (x[n-15] + x[n-10] + x[n-5] + x[n])$$

$$\text{Filter 2: } y[n] = \frac{1}{4} \cdot (x[n-30] + x[n-20] + x[n-10] + x[n])$$

$$\text{Filter 3: } y[n] = y[n-1] + \frac{1}{40} \cdot (x[n] - x[n-40])$$

$$\text{Filter 4: } y[n] = \text{Median}(x[n]; x[n-5]; x[n-10]; x[n-15])$$

$$\text{Filter 5: } y[n] = \text{Median}(x[n]; x[n-5]; x[n-10]; x[n-15]; x[n-20])$$

$$\text{Filter 6: } y[n] = \text{Median}(x[n]; x[n-6]; x[n-12]; x[n-18]; x[n-24])$$

$$\text{Filter 7: } y[n] = \text{Median}(x[n]; x[n-10]; x[n-20]; x[n-30]; x[n-40])$$

Alla filter är framtagna av författaren själv förutom filter 3 där hjälp har erhållits från Matsushita.

*Kommentarer till de sju föreslagna filtren:*

**Filter 1** fungerar på följande sätt. Filtret beräknar ett medelvärde på fyra samplingar som sensorn har samplat in. Intervallet är 15 s, det vill säga värdena var femte sekund sparas och de övriga kastas av centralapparaten. Att de kastas innebär att inga beräkningar på dessa värden görs. Den främsta anledningen till att värden kastas är centralapparats begränsade minneskapacitet samt att få en spridning på medelvärdesberäkningen.

**Filter 2** fungerar som filter 1 men beräknar medelvärdet för fyra samplingar över ett tidsintervall på 30 sekunder.

**Filter 3** är ett mer avancerat filter som medelvärdesbildar över 40 sampels. Filtret är av typen rekursivt medelvärdesbildande filter. Att den är rekursiv beror på att filtret använder sig av det föregående utgående värdet  $y[n-1]$ . Det innebär att det endast behövs två minnesregister oberoende av hur många sampels som används. Nedan redovisas en liten härledning för detta filter.

Utgångspunkten är denna ekvation:

$$y[n] = y[n-1] + \frac{1}{40} \cdot (x[n] - x[n-40]) \quad (\text{ekv. 4.5})$$

Denna ekvation är densamma som:

$$y[n] = \frac{1}{40} \cdot (x[n-39] + x[n-38] + \dots + x[n-1] + x[n]) \quad (\text{ekv. 4.6})$$

Detta därför att en utveckling av (ekv. 4.6) ger att:

$$y[n-1] = \frac{1}{40} \cdot (x[n-40] + x[n-39] + \dots + x[n-2] + x[n-1]) \quad (\text{ekv. 4.7})$$

Insättning av (ekv. 4.7) i (ekv. 4.2) ger följande ekvation:

$$y[n] = \frac{1}{40} \cdot (x[n-40] + x[n-39] + \dots + x[n-2] + x[n-1]) + \frac{1}{40} \cdot (x[n] - x[n-40]) \quad (\text{ekv. 4.8})$$

Om (ekv. 4.8) förenklas, talet  $x[n-40]$  försvinner, kommer denna ekvation bli densamma som (ekv. 4.6).

Filter 3:s *generella* utseende är  $y[n] = y[n-1] + \frac{1}{N} \cdot (x[n] - x[n-N])$  där  $N$  anger hur många samplingar som filtret skall medelvärdesbildar över. I filter 3 är  $N = 40$ .



**Filter4** tar medianen på fyra samplings över en tidsperiod på 15 sekunder.

**Filter 5, 6 och 7** tar också medianen men på fem samplings över tidsperioderna 20, 24 respektive 40 sekunder.

I appendix B redovisas en djupare analys av filter 1, 2 och 3, det vill säga de medelvärdesbildande filtren. Analysen syftar till att se vad det är för typer av filter och vad för slags egenskaper de besitter. Resultaten presenteras som frekvenssvaret ( $H[\Omega]$ ) som funktion av en vinkel ( $\Omega$ ). Genom att sedan studera dess grafer kan vissa slutsatser dras. Inga beräkningar redovisas i rapporten men slutsatserna presenteras i kapitel 4.7 nedan.

Nu när alla filter är presenterade fattas det bara att nämna vilka förutsättningarna är för att larm skall kunna aktiveras. För de nya filtren används också begreppen veckomedelvärde, larmoffset, etc.. Följande värden har använts:

- Veckomedelvärde = 1 bit
- Larmoffset = 30 bitar (sidan 23 i [15])
- Larmgränsen kommer då att ligga på 31 bitar ( $30 + 1 = 31$ )

Enligt uppgift från Mikael Ahlström och Mikael Östergren på Matsushita låg veckomedelvärdet mellan noll och två bitar. Således har ett medelvärde använts för de olika stör- och brandkällorna.

## 4.6 Resultat och diskussion

Resultatet från filtren åskådliggörs dels i tabell 4.2- 4.5 och dels i appendix A3-A12. Att alla diagram återfinns i ett appendix motiveras med att de är så pass många. Varje störkälla (5 st) och varje brandkälla (5 st) åskådliggörs med åtta diagram vardera (sju nya filter och ett för V2.0). Men för att kunna läsa dessa korrekt kommer några exempel att ges i detta kapitel. Se diagram 4.1-4.4 längre fram i detta delkapitel.

I tabell 4.2 och 4.4 redovisas den absoluta larmtiden. Förkortningen **IA** innebär att det inte blir någon aktivering av larmet. I tabell 4.3 och 4.5 redovisas skillnaden i tid, vid larmnivån, mellan de undersökta filtren och algoritmen i V2.0. **En positiv tid innebär att det blir en fördröjning av larmet.** I tabell 4.3 och 4.5 har följande formel använts:

$$\text{Larmtid}_{\text{filter } i} - \text{Larmtid}_{\text{V2.0}}, \quad (\text{ekv. 4.9})$$

där  $i = 1, 2, \dots, 7$ .

Tabell 4.2 Tid i till larm för de olika filtren för störkällorna.

Namn	Appendix	Filter 1 (s)	Filter 2 (s)	Filter 3 (s)	Filter 4 (s)	Filter 5 (s)	Filter 6 (s)	Filter 7 (s)	V2.0 (s)
Gassvetmitt	A3	330	525	529	330	335	156	IA	160
Rökmitt	A4	320	360	365	314	320	318	350	320
Ugnmitt	A5	1052	1060	IA	1055	1060	1062	IA	1055
Ugnmitt2	A6	496	499	510	496	501	503	509	480
Ugnvägg	A7	815	818	824	813	816	818	826	810

IA = Ingen Aktivering

Tabell 4.3 Skillnad i tid mellan nya filter och den algoritm som implementeras i V2.0 beräknade med (ekv. 4.9).

Namn	Filter 1 (s)	Filter 2 (s)	Filter 3 (s)	Filter 4 (s)	Filter 5 (s)	Filter 6 (s)	Filter 7 (s)
Gassvetmitt	170	365	369	170	175	-4	FB
Rökmitt	0	40	45	-6	0	-2	30
Ugnmitt	-3	5	FB	0	5	7	FB
Ugnmitt2	16	19	30	16	21	23	29
Ugnvägg	5	8	14	3	6	8	16

FB = Filtret filtrerade bort störkällan

Tabell 4.4 Tid till larm för de olika filtren för brandkällorna.

Namn	Appendix	Filter 1 (s)	Filter 2 (s)	Filter 3 (s)	Filter 4 (s)	Filter 5 (s)	Filter 6 (s)	Filter 7 (s)	V2.0 (s)
TF4mitt	A8	99	107	112	99	101	103	111	95
TF4vägg	A9	130	137	143	132	135	137	145	125
TF5mitt	A10	114	119	124	114	119	121	129	120
TF5vägg	A11	65	72	77	65	65	67	75	56
TF5vägg2	A12	98	107	111	98	98	100	108	95

Tabell 4.5 Skillnad i tid mellan nya filter och den algoritm som implementeras i V2.0 beräknade med (ekv. 4.9).

Namn	Filter 1 (s)	Filter 2 (s)	Filter 3 (s)	Filter 4 (s)	Filter 5 (s)	Filter 6 (s)	Filter 7 (s)
TF4mitt	4	12	17	4	6	8	16
TF4vägg	5	12	18	7	10	12	20
TF5mitt	-6	-1	4	-6	-1	1	9
TF5vägg	9	16	21	9	9	11	19
TF5vägg2	3	12	16	3	3	5	13

Kommentarer till tabell 4.2-4.4:

**Gassvetsmitt:** De nya algoritmerna fördröjer larmet med 170 -369 s. Detta gäller inte filter 6 som ger ett snabbare larm. Filter 7 filtrerar helt bort denna störkälla, vilket kan ses i diagram 4.3 nedan. Algoritmen i V2.0 klarar inte de första två röktopparna, se diagram 4.4 nedan. För övriga filter hänvisas läsaren till appendix A3.

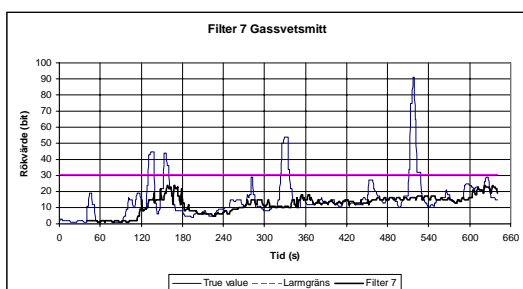


Diagram 4.3 Filter 7 för försöket gassvetsmitt.

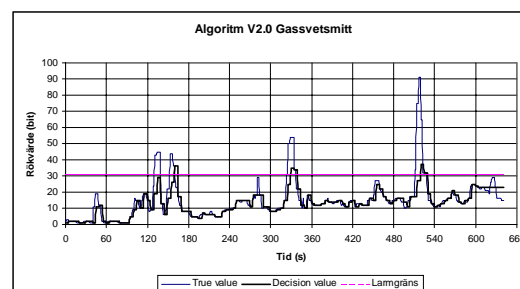


Diagram 4.4 Algoritm i V2.0 för försöket gassvetsmitt.

**Rökmitt:** Denna störkälla är svår att filtrera bort med dessa relativt enkla algoritmer. Alla algoritmer kan ta bort röktoppar om de kommer en och en. Att det är svårt filtrera bort signalerna är att det kommer två relativt höga röktoppar efter varandra vid c:a sex minuter. I appendix A4 finns diagram för alla filter.

**Ugnmitt:** Även denna är svår att filtrera bort. Filter 3 tar bort denna och det beror på störkällans korta varande och filtrets breda samplingsintervall. I appendix A5 finns diagram för alla filter.

**Ugnmitt2/**

**Ugnvägg:** Filtren ger ingen nämnvärd skillnad mot den som implementeras i V2.0. I appendix A6 och A7 finns diagram för alla filter.

Nästan alla filter ger en fördröjning hos brandkällorna. Fördröjningstiden kommer upp till maximalt c:a 20 sekunder jämfört mot algoritmen i V2.0. Ett medelvärde på fördröjningstiden för alla brandkällor och filter är c:a 7 s.

Diagrammen för TF4mitt redovisas i appendix A8, TF4vägg i appendix A9, TF5mitt i appendix A10, TF5vägg i appendix A11 och TF5vägg2 i appendix A12.

Diagram 4.5 visar effekten av filter 3 på brandkällan TF5mitt. Larmtiden är 124 s. I diagram 4.6 visas samma brandkälla men med algoritmen för V2.0 inlagd. Larmtiden ligger på 120 s. I diagram 4.6 syns även trappstegsformen som beror på stegvärdet. Stegvärdet beskrevs i kapitel tidigare denna rapport.

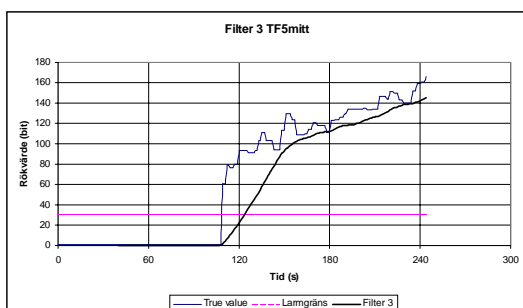


Diagram 4.5 Filter 3 för försöket TF5mitt.

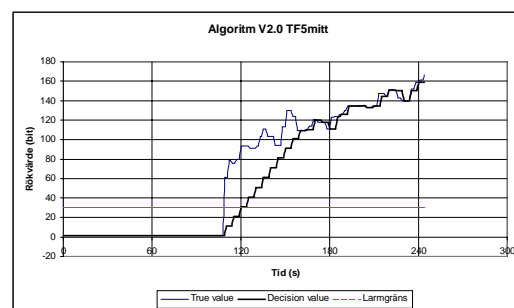


Diagram 4.6 Algoritm i V2.0 för försöket TF5mitt.

## 4.7 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras efter det att en enkel optisk sensor har studerats:

- Vid jämförelsen mellan tiden för att linjerökdetektorerna och tiden för att sensorn skall reagera på den rökmängd som bildades vid försöken så ligger sensorns fördröjning, i runda tal, någonstans mellan 10 och 40 sekunder. Dessa värden gäller för brandkällorna då störkällornas värden blev alltför osäkra för att kunna avläsa någon fördröjningstid.
- Det går inte att dra några slutsatser mellan den siktnedsättning som linjerökdetektorerna visar och den som sensorn visar. Det beror på att linjerökdetektorerna använder sig av fördunklingsprincipen och sensorn av ljuspridningsprincipen. En optisk sensor ger olika signaler beroende på rök- och sotpartiklarnas storlek. En flambrand ger mindre partiklar om en jämförelse görs med exempelvis en glödbland.
- För att kunna jämföra den optiska sensorn med linjerökdetektorerna bör någon form av glödbland testas. Detta för att se hur dess signaler då kommer att se ut med större sot- och rökpartiklar.
- Filter 3 (rekursivt medelvärdesbildande filter) och filter 7 (medianbildande filter) ger mest effekt på störkällornas signaler. Filter 3 tar helt bort signalerna för försöket ugnmitt och filter 7 tar bort signalerna för gassvetsmitt och ugnmitt. Jämförelsen i larmtider sker mellan tiden som filtret larmar vid och tiden som algoritmen i V2.0 larmar vid. För de övriga störkällorna visar de upp den sammantagna största fördröjningen av larmtiden, mellan 15 till 45 sekunder. Dessa två filter ger mest fördröjning av larmtiden vid studien av brandkällorna. Larmtidsfördröjningen ligger mellan 9 till 20 sekunder men tiderna bedöms inte vara så pass stora så att det blir kritisk i sammanhanget.
- Övriga filter uppvisar en något mindre fördröjning vid studien av störkällorna. Fördröjningen för brandkällorna ligger mellan -6 till 16 sekunder, där minustecknet betyder att filtret larmar före den algoritm som används i V2.0.
- Filtren har svårt att filtrera bort signaler som åstadkoms av ugnmitt2 och ugnvägg. Detta därför att signalerna ligger över larmgränsen en lång tid och det klarar inte filter baserade på medelvärdesbildning och medianbildning.

- Det finns ett undantag och det är vid försöket gassvetsmitt. Där sker en fördröjning (förutom filter 7 och 6) på mellan 170 till 369 sekunder. Försöken gassvetsmitt och rökmitt är snarlika. Att skillnaden i larmtider skiljer sig så beror på att rökmitt har högre röktoppar i inledningen av försöket. Det kunde ha varit ha varit precis tvärtom, det vill säga att rökmitt var det försök som gav stora fördröjningstider istället för gassvetsmitt.

Vid den djupare studien av de tre medelvärdesbildande filtren kan följande slutsatser dras.

- Först och främst är diagrammen likartade för filter 1 och 2. Filter 1 har åtta stycken nollställen och filter 2 har femton stycken nollställen. Denna form på frekvenssvaret brukar kallas *kamfilter*. Den slutsats som kan dras för dessa två filter är filtret släpper igenom periodiska signaler med en viss period. Då vissa av storkällorna producerar signaler som eventuellt kan vara periodiska inom ett visst intervall så blir dessa filter inte speciellt effektiva.
- Filter 3 är ett typiskt *lågpassfilter*. Lågpassfilter släpper igenom låga frekvenser (det kan ses då frekvenssvaret är ett vid vinkeln noll) och tar bort höga frekvenser. Det är en av anledningarna till att detta filter klarar av att filtrera bort en del av storkällorna.
- Filter 3 ligger precis över larmgränsen vid försöken gassvetsmitt och rökmitt. för att aktivera ett larm, se diagram för det filtret i appendix A3 och A4. Vid försöket gassvetsmitt är filter 3:s maximala värde 31 bitar och vid försöket rökmitt blev det maximala värdet 33 bitar. Detta innebär att filter 3 har den troligtvis största potentialen att kunna filtrera bort oönskade larm. Men för att åstadkomma detta krävs en förfining av filter 3.

Det filter som rekommenderas av författaren är filter 3, det rekursiva medelvärdesbildande filtret. Det beror på att filtret uppvisar den största potentialen för att filtrera bort storkällor. Det stöds också av frekvensvarsanalysen.

## 5 Undersökning av en enkel värmesensor

### 5.1 Problembeskrivning

Analysen av värmesensorn kommer endast ske i form av kommentarer till sensorns signaler, jämförelse med referensmätningar (termoelement) samt en diskussion om algoritmen i V2.0. Detta beror till stor del på att det inte finns några signaler från störkällorna att studera (se appendix C1) då ingen av dessa höjer temperaturen till mer än till 26,5°C (se tabell 5.1 nedan).

I denna rapport innebär det att problemet endast är att göra en jämförelse mellan olika signaler.

### 5.2 Avgränsning och metodik

Analysen omfattar endast brandkällorna. Detta därför att det inte blir speciellt varmt i lokalen vid dessa försök. En sammanställning av dessa temperaturer, initial- och maximaltemperaturerna, visas i tabell 5.1 nedan. Störkällornas signaler redovisas även i diagramform i appendix C1.

Tabell 5.1 Sammanställning av de olika störkällorna.

Namn	Initialtemperatur (°C)	Maximaltemperatur (°C)
Brödmitt	15	26,5
Brödvägg	15	16,5
Diskmitt	15	21,5
Diskmitt2	15	18
Diskvägg	15	15,5
Diskvägg2	15,5	15,5
Gassvetsmitt	14	21,5
Gassvetsvägg	13	16
Mattsvetsmitt	13	14
Mattsvetsvägg	13	15
Rökmitt	13,5	15,5
Rökvägg	14	15,5
Sågmitt	15	15,5
Ugnmitt	13	23
Ugnmitt2	15,5	25
Ugnvägg	15	16
Vinkelslipmitt	15	16
Vinkelslipvägg	14	16

Det kommer inte att ges några förslag på nya algoritmer i detta kapitel. Motivet är främst det som beskrivits tidigare.

All analys som sker för brandkällorna kommer endast att ske i tidsplanet.

Analysen av värmesensor 3308 inleddes med en studie av all mätdata som fanns tillgänglig. Relativt snabbt begränsades detta kapitel till att endast undersöka brandkällornas signaler och att endast rita upp diagrammen för störkällorna. Undersökningen omfattar en studie av brandkällornas absoluta värden, gradienter beräknade på fyra olika sätt samt studie och jämförelse av referensmätningar gjorda med hjälp av termoelement.

### 5.3 Algoritm i V2.0

Värmesensorer kan bli uppdelade i tre stycken klasser (*eng. response grade*). Dessa är numrerade 1, 2 och 3 där nummer 1 är den klass som skall ha den snabbaste detekteringen. Det dokument som styr detta heter EN54-5 och är en form av europeisk norm för värmekänsliga detektorer och sensorer.[19]

I EN54-5 finns bestämmelser för hur snabb och hur långsam en detektor får vara. Detta anges i tider för när detektorn skall aktiveras. Den kortaste tiden, det vill säga hur snabb detektorn är, är densamma för alla tre klasser, men för den längsta tiden, det vill säga hur långsam detektorn är, skiljer sig klasserna åt.

Tiderna för de olika klasserna beror på hur temperaturökningen är i detektorns omgivning. En högre temperaturökning sänker tiden för aktivering (både den kortare och den längre tiden), vilket i sig är logiskt. I tabell 5.2 nedan visas de olika tiderna för aktivering av en värmedetektor. Tiderna används vid klassificeringen av värmedetektorer vid ett speciellt test för värmedetektorer. Detta test går ut på att detektorn placeras i en vindtunnel där parametrar som lufthastighet, initialtemperatur och temperaturökning skall ha vissa förbestämda värden. Initialtemperaturen för de tider i tabell 5.2 skall vara 25°C. Detta förfarande beskrivs i EN54-5 [19]. (Jfr med förfarandet då RTI-värdet för en sprinkler skall bestämmas med ett så kallat Plungetest.)

Tabell 5.2 Tider för detektering av värmedetektorer enligt EN54-5 [19]. Initialtemperatur är 25°C.

Temperaturökning (°C/min)	Kortaste tid för aktivering (min:s)	Längsta tid för aktivering (min:s)		
		Klass 1	Klass 2	Klass 3
	<b>Klass 1 - 3</b>	<b>Klass 1</b>	<b>Klass 2</b>	<b>Klass 3</b>
1	29:00	37:20	45:40	54:00
3	7:13	12:40	15:40	18:40
5	4:09	7:44	9:40	11:36
10	0:30	4:02	5:10	6:18
20	0:22,5	2:11	2:55	3:37
30	0:15	1:34	2:08	2:42

En värmesensor 3308 kan programmeras i någon av de tre klasserna. Det som skiljer är den fasta larmtemperaturen. För klass 1, klass 2 och klass 3 är larmtemperaturen för en värmesensor 58°C, 66°C respektive 74°C.

För grad 1 läggs följande in i programmeringen av algoritmen: Om temperaturökningen är mer än 4°C/min i två minuter så sänkts larmgränsen till 48°C. Det måste vara två minuter i en följd, om temperaturökningen någon gång under dessa två minuter sjunker under 4°C/min så börjar tidräkningen om igen. Denna algoritm är i skrivande stund inte riktigt klar så vissa justeringar kanske kommer att göras. Det är heller inte klart hur temperaturgradienten skall beräknas. Det senast beskedet (1999-11-16) är dock att gradienten skall beräknas c:a en gång i minuten.

I tabell 5.3 nedan redovisas tiderna för när temperaturen kommer upp i ett värde av 58°C. I detta kapitel har det antagits att larmtemperaturen ligger just på detta värde. Svårigheten vid en jämförelse mellan tiderna i tabell 5.2 och de larmtider som redovisas i tabell 5.3 är att den initiala temperaturen inte är 25°C under försöken men också att sensorns övriga omgivning inte är likartad. Det är också svårt att jämföra då testet har en kontrollerad temperaturökning vilken också kan hållas konstant. I försöken som denna rapport grundar sig på finns ingen sådan konstant temperaturökning.

Tabell 5.3 Larmtider för de olika brandkällorna då endast den fasta larmtemperaturen på 58°C betraktas.

Brandkälla	Initialtemperatur (°C)	Larmtid (s)
TF4mitt	12,5	200
TF4vägg	13,5	IA
TF5mitt	23	130
TF5vägg	13	170
TF5vägg2	11	200
TF6mitt	16	50
TF6vägg	15	180

IA = Ingen aktivering av för denna brandkälla.

Vid gradientberäkningarna har fyra angreppssätt använts. Det som skiljer dem åt är tidsintervallen mellan de olika y-värdena (temperaturaxeln). Dessa tidsintervall är 5 s, 10 s, 60 s och ett anpassat intervall. Gradienterna har beräknats genom att dividera temperaturskillnaden med tidsintervallet. Hos den anpassade gradienten har kurvorna i appendix C2 anpassats till rätta linjer (manuellt på utskrivna diagram). Det är ett, i och för sig, rätt onaturligt sätt att beräkna gradienten, därför att intervallen blir olika långa och att brandlarmsystemet inte kan beräkna på värden som ännu inte har samplats in. I appendix C3-C9 finns diagram på dessa gradienter. Men precis som för denna sensor skall två exempel ges här, se diagram 5.1 och 5.2 nedan. I kapitel 5.5 kommenteras alla gradienter och en jämförelse görs med larmtiderna.

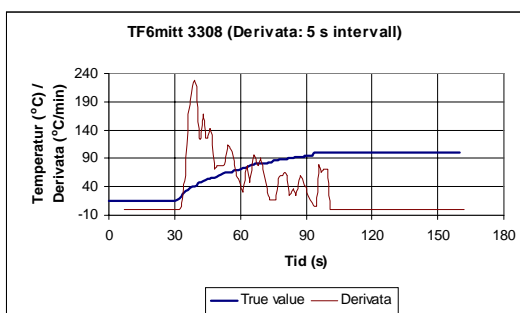


Diagram 5.1 Gradient beräknad för försöket TF6mitt med ett tidsintervall av 5 s. True value är detsamma som det sanna värdet, det vill säga signalen från sensorn.

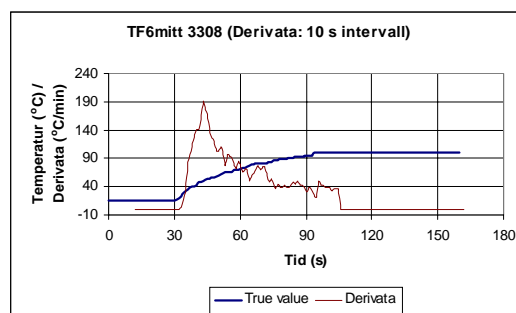


Diagram 5.2 Gradient beräknad för försöket TF6mitt med ett tidsintervall av 10 s. True value är detsamma som det sanna värdet, det vill säga signalen från sensorn.

## 5.4 Jämförelse med referensmätningar

Vid försöken i brandövningshuset gjordes referensmätningar på temperaturen. På plattan, se figur 3.1, fanns förutom de tolv sensorerna även elva stycken termoelement benämnda TC1-TC11 (eng. *thermocouple*). Dessa termoelement hade i förhållande till varandra olika grovlek. Grovlekarna var fin, medel och grov, se tabell 3.2. Skillnaden mellan dessa grovlekar kan ses, med lite vilja, i appendix för de brandkällor som har referensmätningar. De fina termoelementen har större känslighet och medför därmed mer flimmer i diagrammet. De grövre termoelementen uppvisar en mer stabil kurva. I diagram 5.4 lite längre fram visas ett exempel på detta. Där visas punkt 4 med TC3 (grov) och TC9 (medel). Då TC3 är grövre uppvisar denna ett mindre fladdrande beteende.

I appendix C4-C9 redovisas, för varje brandkälla, den temperatur som termoelementen har mätt på de fyra punkterna (P1-P4) på plattan. Detta gäller dock inte brandkällan TF4mitt då det saknas referensmätningar för denna. I tabell 5.4 nedan jämförs sensorns och termoelementens maximala temperatur. Sensorn begränsas av en temperatur på 100°C, det vill säga den stryps vid den temperaturen. I tabell 5.5 nedan jämförs tiderna mellan tiden vid sensorns maximala temperatur och tiden när termoelementen når samma temperatur. Slutligen jämförs i tabell 5.6 de tider när sensorn och termoelementen reagerar på den första temperaturökningen.

Tabell 5.4 Jämförelse mellan sensors och termoelementens maximala temperatur.

Brandkälla	Sensors maximala temperatur (°C)	Termoelementens maximala temperatur (°C)			
		Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4
TF4mitt	75	Referensdata finns inte tillgängligt.			
TF4vägg	35	45-50	40-45	40-50	45-50
TF5mitt	100	150-170	170	170	170
TF5vägg	95	120-130	110	120	130
TF5vägg2	100	130-140	130	130-140	150
TF6mitt	100	130-140	140	120-160	150
TF6vägg	90	100-120	110	110	110

Tabell 5.5 Jämförelse mellan tider då sensorn har sin maximala temperatur.

Brandkälla	Tid när sensorn når sin maximala temperatur (s)	Tid då termoelementen har samma temperatur som sensors maximala temperatur (s)			
		Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4
TF4mitt	250	Referensdata finns inte tillgängligt.			
TF4vägg	235	220	220	220	220
TF5mitt	190	190	150-170	140-170	155-175
TF5vägg	250	165-190	165-200	165-190	160-170
TF5vägg2	280	190-220	215-235	190-220	190-210
TF6mitt	90	75-100	70-90	70-90	70-90
TF6vägg	400	180-240	220-300	220-280	200-250

Tabell 5.6 Jämförelse mellan tider vid den första temperaturökningen.

Brandkälla	Tid när sensorn reagerar på en temperaturökning (s)	Tid när termoelementen reagerar på en temperaturökning (s)			
		Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4
TF4mitt	60	Referensdata finns inte tillgängligt.			
TF4vägg	140	120	120	120	120
TF5mitt	100	90	90	90	90
TF5vägg	50	40-45	40-45	40-45	40-45
TF5vägg2	80	75	75	75	75
TF6mitt	30	25	25	25	25
TF6vägg	40	30	30	30	30

Värdena i tabell 5.4-5.6 har tagits dels från temperaturen i punkt 1-4 (se figur 3.1) och dels från sensors temperatur vid olika tidpunkter i appendix C3-C9. I diagram 5.3 nedan visas exempel på termoelementens temperatur i punkt 4 under försöket TF6mitt. För jämförelsens skull redovisas även sensors temperatur i diagram 5.4. Som synes i diagram 5.3 är det väldigt svårt att avgöra hur hög temperaturen är för de olika termoelementen, se även i appendix C4-C9. Det är därför som vissa tider och temperaturer i de tre tabellerna ovan är presenterade i form av tidsintervall.



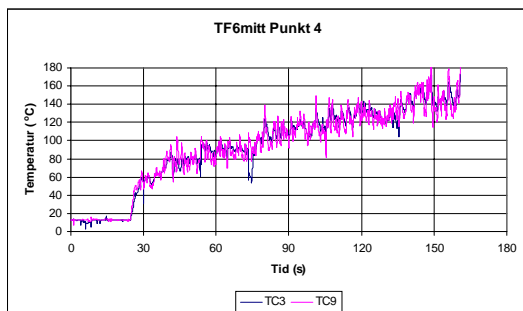


Diagram 5.3 Temperaturen hos TC3 och TC9 i punkt 4 under försöket TF6mitt. I diagrammet ses att TC9 är känsligare (större fluktuationer) än TC3. TC9 har grovheten medel och TC3 har grovheten grov.

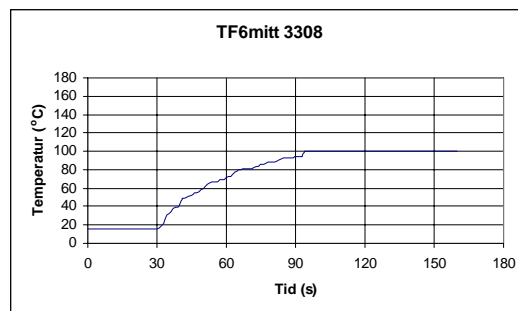


Diagram 5.4 Sensorns temperatur under försöket TF6mitt.

I en jämförelse mellan termoelementens och sensorns maximala temperaturer i tabell 5.4 kan följande betraktelser noteras.

- För TF4vägg är termoelementens maximala temperatur c:a 26 % högre än sensorns. Detta har beräknats genom ett medelvärde på termoelementens temperaturer jämförts med sensorns temperatur, det vill säga  $(47,5 - 35) / 47,5 = 0,26 = 26 \%$ . För TF5vägg blir värdet 22 % och för TF6vägg blir värdet 18 %
- För övriga, utom TF4mitt, bottnar sensorn vid 100°C och skillnaden kan inte beräknas korrekt.

I en jämförelse mellan när temperaturen börjar stiga för termoelementen och sensorn, se tabell 5.6, visar det sig att sensorn börjar känna av en temperaturökning mellan 5-20 sekunder efter termoelementen.

## 5.5 Resultat och diskussion

I detta delkapitel kommer en jämförelse mellan olika larmtider att göras. Larmtiderna är fem stycken för varje brandkälla, dels maximalfunktionen (1 st) och dels differentialfunktionen (4 st). Förutsättningarna för jämförelsen är att den fasta larmnivån ligger på 58°C och att gradienterna måste vara över 4°C/min i minst två minuter respektive en minut. Allt detta är enligt det som skall användas i V2.0 förutom kravet att gradienten skall vara i minst en minut. Detta krav är med enbart för att se hur effekter på larmtiden ter sig samt för jämförelsens skull. Larmtiderna i tabellerna nedan gäller enbart för den enskilda funktionen. Ingen kombination av fast larmgräns och differentialfunktion har studerats.

I tabell 5.7 redovisas larmtiderna mellan den fasta temperaturen och att gradienterna skall vara mer än två minuter.

Tabell 5.7 Jämförelse mellan fasta temperaturen 58 °C och gradienter med ett värde på minst 4°C/min i minst 2 minuter.

Brandkälla	Larmtid (s)	Gradient – 5 s (s)	Gradient - 10 s (s)	Gradient - 60 s (s)	Gradient – anpassad (s)
TF4mitt	200	IA	240	240	170
TF4vägg	IA	IA	IA	IA	IA
TF5mitt	130	IA	IA	240	IA
TF5vägg	170	IA	210	180	170
TF5vägg2	200	IA	240	240	200
TF6mitt	50	IA	IA	IA	IA
TF6vägg	180	IA	160	180	160

IA = Ingen Aktivering

I tabell 5.8 redovisas larmtiderna mellan den fasta temperaturen och då gradienterna skall vara större än  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  i mer än en minut.

Tabell 5.8 Jämförelse mellan fasta temperaturen  $58^{\circ}\text{C}$  och gradienter med ett värde på minst  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  i minst 1 minut.

Brandkälla	Larmtid (s)	Gradient – 5 s (s)	Gradient - 10 s (s)	Gradient - 60 s (s)	Gradient – anpassad (s)
TF4mitt	200	180	180	180	110
TF4vägg	IA	IA	200	240	200
TF5mitt	130	IA	IA	180	IA
TF5vägg	170	170	150	120	110
TF5vägg2	200	180	180	180	140
TF6mitt	50	90	90	120	90
TF6vägg	180	130	100	120	100

IA = Ingen Aktivering

Kommentarer till tabell 5.7 och 5.8:

- Om gradienten är större än  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  i minst två minuter kommer den fasta temperaturen att dominera när larmgränsen uppnås. Detta gäller inte alltid för den anpassade gradienten, men då är den också en derivata som är omöjlig att implementera i en centralapparat. Den anpassade derivatan finns med därför att den har den bästa anpassningen till de analyserade kurvorna.
- I tabell 5.7 ses att försöket TF4vägg aldrig detekteras.
- Om gradienten är över  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  i minst en minut kommer differentialfunktionen att utnyttjas bättre. De flesta får en larmgräns som beror på gradienten och inte på den fasta larmtemperaturen. Undantaget är TF5mitt vars gradienter i många fall inte håller i sig i en minut och TF6mitt som har en så pass snabb temperaturstegring att den fasta larmtemperaturen fortfarande blir dominerande.
- I tabell 5.8 ses att med denna tidsperiod kan en TF4vägg detekteras.

## 5.6 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras efter det att en enkel värmesensor har studerats:

- Sensorn visar en c:a 20 % lägre maximal temperatur än termoelementen. En trolig orsak till detta är att värme leds bort i sensorn genom ledning.
- Fördröjningen i sensorn, när en temperaturökning skall detekteras, ligger mellan 5 och 20 sekunder. Det beror på att den konvektiva strömmen bland annat måste övervinna det tryck som finns i sensorn. Det kan också bero på turbulens och värmeledning inne i sensorn.
- Om en differentialfunktion används och gradienten är över  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  i minst två minuter kommer den fasta larmtemperaturen att dominera.
- Om förutsättningarna är sådana att gradienten ligger över  $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$  i minst en minut kommer differentialfunktionen att utnyttjas bättre.

## 6 Undersökning av en enkel multisensor

### 6.1 Problembeskrivning

I detta kapitel skall en multisensor analyseras för att se om några av de störkällor som användes vid försöken kan filtreras bort. Eftersom en multisensor som 3316 kan detektera både förbränningsgaser och värme innebär det att det finns fler och större möjligheter att få bort oönskade larmsignaler. I detta kapitel har ett angreppssätt analyserats och det innebär att värmesensorn och den optiska sensorn samverkar. Det finns andra angreppssätt som till exempel att de två sensortyperna arbetar efter algoritmer var för sig.

### 6.2 Avgränsning och metodik

I detta kapitel studeras alla stör- och brandkällor, det vill säga totalt 25 stycken. Några av brandkällorna blir av sig själva ointressanta att analysera då de inte bildar speciellt mycket brandgaser tillsammans med att de inte bildar någon värme. Några störkällor har väldigt kraftig rökutveckling (brödmitt, brödvägg), vattenångsproduktion (diskmitt och diskmitt2) och inga större försök har gjorts för att filtrera bort dessa då det troligtvis kommer att få stor inverkan på när sensorn larmar för brandkällorna, det vill säga det blir en stor fördröjning. De störkällor som är av störst intresse är gassvetsmitt, rökmitt, ugnmitt och ugnvägg (jfr med den optiska sensorn 3304).

Analysen av multisensorn grundar sig på studier där temperaturen och rökvärdet är funktioner av tiden. Försök gjordes med att analysera gradienten hos temperaturen som funktion av tiden. Detta har lämnats utanför denna rapport då de signaler som finns på digital form inte har en tidsserie med jämna tidsintervall. I och med detta kommer de gradienter som beräknas bli alltför osäkra och svåra att använda praktiskt.

För multisensorn har inga jämförelser gjorts med referensmätningarna då dessa i princip redan har jämförts vid analysen av de andra två sensorerna.

*Metodiken* i detta avsnitt har varit att studera de olika försökskällornas mätvärdespar (rökvärde och temperatur) i en så kallad tidsserie. Genom att sedan studera denna har en kurva anpassats för att kunna sortera bort så många störkällor som möjligt. Med tidsserie menas att diagram har tagits fram med mätvärdespar för tidpunkterna 0 s, 30 s, osv. Tillvägagångssättet beskrivs även i kapitel 6.4 nedan. Där finns också en djupare förklaring till tidsseriebegreppet.

Kurvans ekvation har sedan används på de två multisensornas sanna värden. På detta sätt kan det avgöras när en multisensor ger larm. Slutligen har de nya algoritmernas larmtider jämförts med larmtiderna i V2.0.

### 6.3 Algoritm i V2.0

I V2.0 av brandlarmsystemet EBL512 går det att programmera en multisensor på två sätt (sid 17-18 i [20]). Antingen kan multisensorn programmeras som två skilda sensorer, det vill säga som en enkel värmesensor och en enkel optisk sensor (dock placerade i samma fysiska enhet), eller också kan den programmeras som en sensor, det vill säga den optiska sensorn och värmesensorn samarbetar med varandra. Detta betyder att i det första fallet betraktas sensorn som två adresser i brandlarmsystemet och i det andra fallet bara som en adress.

Fördelen med att programmera sensorn som två adresser är att de kan bli bortkopplade var för sig och att vid en aktivering kan det lätt avgöras om det var den optiska sensordelen eller värmesensordelen som utlöste larmet. Fördelen med att bara ha en adress är att då kan de olika sensordelarna samverka och dra nytta av sina respektive detekteringsområden.

I denna rapport koncentreras analysen på när multisensorn programmeras som en adress. Det därför att en enkel värmesensor och en optisk sensor har redan presenterats tidigare i rapporten och att det är ett mer

intressant problem att hitta en algoritm där två variabler kan användas och samverka. Med denna programmering kan till exempel multisensorn detektera en spritbrand (exempelvis TF6). En enkel optisk sensor klarar inte av detta då det inte bildas tillräckligt med brandgaser men en värmesensor kan aktiveras då det blir en relativt snabb temperaturstegring.

Om multisensorn programmeras som en adress finns i sin tur två möjligheter att programmera den i V2.0. Antingen så genereras larm om någon av sensorerna (värme och optisk) kommer upp till vissa förutbestämda nivåer eller också används en så kallad bestämningsalgoritm (*eng. decision algorithm*).

Bestämningsalgoritmen fungerar på följande sätt: Algoritmen använder sig av två parametrar, ett rökvärde  $m$  som anges i enheten bit (1 bit = 0,1 %/m) och en temperatur  $T$  som anges i enheten °C (1°C = 1 bitar). I kapitel 4 användes beteckningen  $D$  för siktbarhet i enheten %/m, men när Matsushita använder sig av beteckningen  $m$  kommer den att användas i detta kapitel. *Observera att i den nya versionen av multisensor 3316 motsvarar 1°C 1 bit*, (jfr för värmesensorn 3308). Larm kommer aktiveras om följande ekvation är uppfylld:

$$T + m \geq 58 \quad T \geq 0, m \geq 0 \quad (\text{ekv. 6.1})$$

I ett diagram kan algoritmen, vid likhet, åskådliggöras som en rät linje med temperaturen som funktion av rökvärdet,  $T(m) = 58 - m$ . Se diagram 6.1 nedan.



Diagram 6.1 Algoritmen som kan implementeras i V2.0.

Varje gång centralapparaten har samplat in två värden, ett rökvärde och en temperatur, utförs beräkningen av (ekv. 6.1). Detta kommer att resultera i en punkt i ett plan där temperaturen finns på den vertikala axeln och rökvärdet på den horisontella axeln, se diagram 6.1. Om punkten ligger mellan axlarna men under den räta linjen kommer inget larm att aktiveras men om ekvationen uppfylls, alltså minst likhet, aktiveras larmet.

## 6.4 Förslag på nya algoritmer

Fyra snarlika förslag på nya algoritmer ges i denna rapport för multisensor 3316. Dessa bygger på samma tema och princip som hos algoritmen för V2.0 ovan. Istället för en rät linje har en ellipsformad kurva anpassats så att flera av störkällorna hamnar under den anpassade kurvan och således inte aktiverar ett onödigt larm. Se appendix D.5 där dessa störkällor kan ses som en samling punkter i det nedre vänstra hörnet av grafen. Alla nya förslag på algoritmer har tagits fram av författaren.

I V2.0 genereras larm då (ekv. 6.1) uppfylls. I fallen med elliptiska kurvor aktiveras larm när (ekv. 6.2) ekvation uppfylls. Likhet innebär att punkten ligger på ellipskurvan.

$$\frac{T^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} \geq 1, \quad T \geq 0, m \geq 0 \quad (\text{ekv. 6.2})$$

där

T = Temperatur (°C)

m = Rökvärde (bit)

a = Skärningspunkt med T-axeln. (°C)

b = Skärningspunkt med m-axeln. (bit)

I diagram 6.2 nedan visas en elliptisk kurva i första kvadranten. Ekvationen (ekv. 6.3) används för att rita upp denna kurva. Respektive skärningspunkter är  $a = 30^\circ\text{C}$  och  $b = 70$  bitar. I detta läge är det bara ett exempel på hur en ellips ser ut i första kvadranten. Mer konkreta förslag ges längre fram i rapporten.

$$T = a \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2}{b^2}} = 30 \cdot \sqrt{1 - \frac{m^2}{70^2}} \quad m \geq 0 \quad (\text{ekv. 6.3})$$

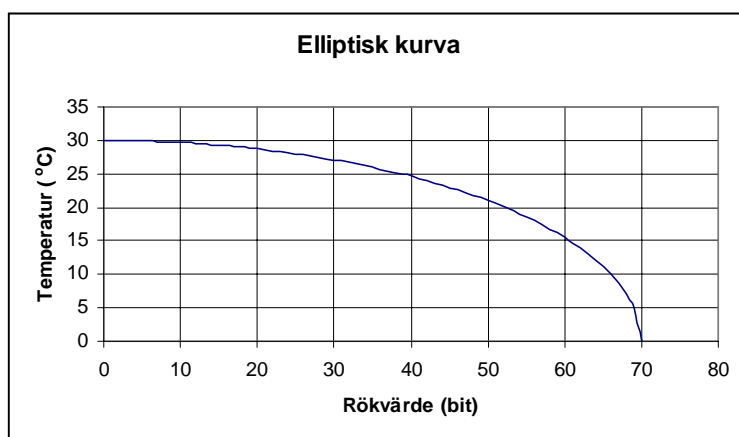


Diagram 6.2 Exempel på en elliptisk kurva i första kvadranten.

Två stycken multisensorer har analyserats från försöken i brandövningshuset, se tabell 3.4. Dels har en analys och genomgång av alla störkällor och brandkällor gjorts med avseende på den enskilda sensorns beteende och dels har en sammanställning gjorts för alla försöken. I sammanställningen har för de båda sensorerna värden antecknats, både rökvärdet och temperaturen, vid vissa bestämda tidpunkter. Dessa tidpunkter är 0 s, 30 s, ..., 1200 s och vissa speciella tidpunkter där några av störkällorna har toppvärden som annars skulle missas om enbart halvminutersintervallen skulle analyseras. Exempel på speciella tider är då en störkälla har relativt höga röktoppar vid tidpunkten 135 s. Det är viktigt att få med detta värde därför att det kommer tidigt i försöket och om den hade missats så kanske de nya algoritmerna inte har någon effekt på denna störkälla. Slutligen har i sammanställningen medelvärden beräknats för de två sensorerna vid varje tidpunkt.

Med all denna data som grund kan det enkelt ses var någonstans i ett temperatur-rökvärdeplan stör- eller brandkällan befinner sig vid en viss tidpunkt, se appendix D.5 och D.6. Eftersom det blir punkter för varje stör- eller brandkälla vid varje analyserad tidpunkt kan det avgöras om larm aktiverats eller inte. En punkt mellan axlarna och ellipskurvan aktiverar inte larmet, det vill säga samma som för algoritmen i V2.0.

Dessa beräkningar har gjorts för både störkällorna och brandkällorna. I appendix D5 visas en sådan så kallad tidsserie för störkällorna och i appendix D6 finns en liknande tidsserie för brandkällorna. Vissa tider i tidsserien för störkällorna har lämnats utanför denna rapport därför att de inte ger någon intressant information, det vill säga ingen störkälla ligger i närheten av larmgränsen.

Varför använda sig av en ellipsformad kurva och hur togs denna kurvform fram? Med den data som finns tillgänglig för multisensorerna kan det enkelt ses att ingen störkälla höjer temperaturen till mer än drygt  $25^\circ\text{C}$ . Dessa störkällor kan trots det bilda mer eller mindre med förbränningsgaser. Brandkällorna

däremot ger en relativt snabb temperaturökning, speciellt snabb är spritbranden TF6. Vid en närmare analys av dessa tidsserier anpassades en elliptisk kurva så att så många störkällor som möjligt skulle hamna under denna kurva. En elliptisk kurvform i första kvadranten är ett mellanting mellan en rät linje och en cirkelsektor (kvartscirkel). Eftersom de intressantaste störkällorna har rökvärden i området 50-70 bitar och temperaturen är c:a 20-25°C kan dessa punkter fångas in av en elliptisk kurva. En rät linje skulle inte göra det och en kvartscirkel skulle få för stor inverkan på larmtiderna hos brandkällorna.

I försöken att få bort vissa av störkällorna har *fyra* ellipsformade kurvor anpassats till tidsserien i appendix D5. Det som skiljer dem åt är deras respektive skärning med x- och y-axeln. Vissa störkällor har så pass starka utslag att det är väldigt svårt om inte omöjligt att filtrera bort dessa med så relativt enkla algoritmer som det är frågan om här. De fyra ellipskurvorna har följande utseende (M står för Multisensor).

$$\text{Algoritm M}_1: \frac{T^2}{30^2} + \frac{m^2}{70^2} = \frac{T^2}{900} + \frac{m^2}{4900} \geq 1$$

$$\text{Algoritm M}_2: \frac{T^2}{30^2} + \frac{m^2}{75^2} = \frac{T^2}{900} + \frac{m^2}{5625} \geq 1$$

$$\text{Algoritm M}_3: \frac{T^2}{40^2} + \frac{m^2}{70^2} = \frac{T^2}{1600} + \frac{m^2}{4900} \geq 1$$

$$\text{Algoritm M}_4: \frac{T^2}{40^2} + \frac{m^2}{75^2} = \frac{T^2}{1600} + \frac{m^2}{5625} \geq 1$$

Dessa kan delas in i två grupper där grupperna har olika temperaturkrav. Det vill säga för algoritm M<sub>1</sub> och M<sub>2</sub> är skärningen med y-axeln 30°C och x-axeln skärs vid 70 bitar respektive 75 bitar. M<sub>3</sub> och M<sub>4</sub> skär y-axeln vid 40°C och x-axeln vid 70 respektive 75 bitar. Dessa ellipsformer visas i diagram 6.3 och diagram 6.4 nedan.

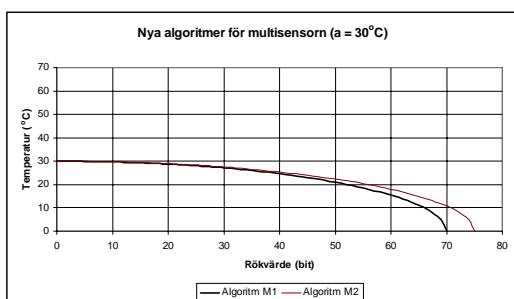


Diagram 6.3 Algoritmerna M<sub>1</sub> och M<sub>2</sub> vid analys av en multisensor. a = 30°C.

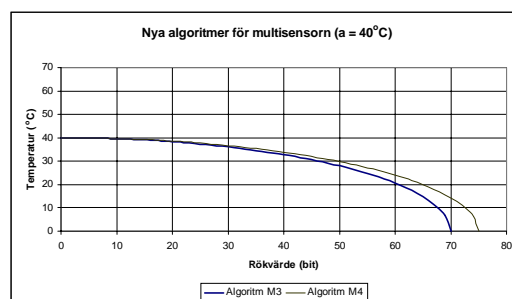


Diagram 6.4 Algoritmerna M<sub>3</sub> och M<sub>4</sub> vid analys av en multisensor. a = 40°C.

## 6.5 Resultat och diskussion

I appendix D1 och D2 redovisas diagrammen för störkällor respektive brandkällor för den multisensor som satt på plats 3 (se figur 3.1). På samma sätt redovisas störkällornas och brandkällornas diagram i appendix D3 och D4 för den sensor som satt på plats 4. Dessa diagram visar enbart sensorns egna signaler. Anledningen till att alla diagram inte finns med inne i rapporten beror på att det är många, men exempel på hur signalerna ser ut visas i diagram 6.5-6.8. I diagram 6.5 visas temperaturen vid försöket rökmitt och i diagram 6.6 visas rökvärdet för samma försök. I diagram 6.7 visas temperaturen vid försöket TF4mitt och i diagram 6.8 rökvärdet för samma brandkälla. Alla fyra diagram avser multisensorn som satt på plats 3 på försöksplattan. (V betyder värmesensordel, O betyder optisk sensordel och 3 betyder att sensorn satt på plats 3.)

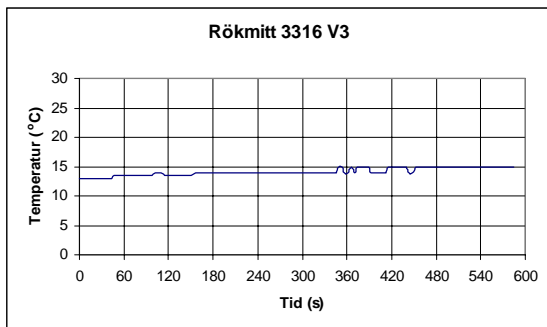


Diagram 6.5 Temperaturen som funktion av tiden vid försöket rökmitt.

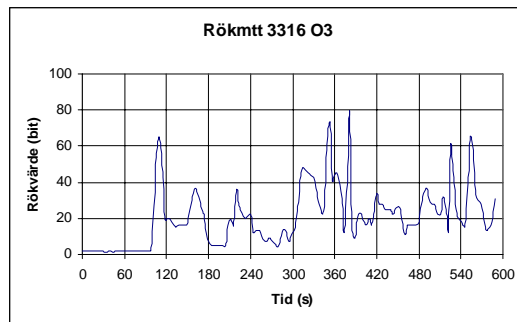


Diagram 6.6 Rökvärdet som funktion av tiden vid försöket rökmitt.

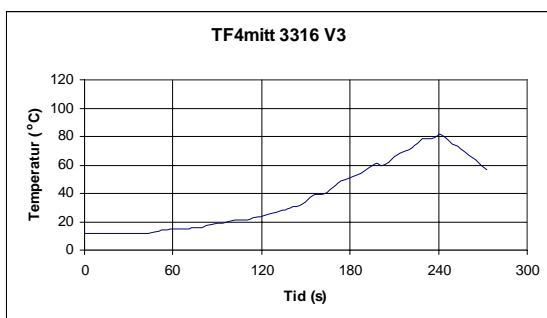


Diagram 6.7 Temperaturen som funktion av tiden vid försöket TF4mitt

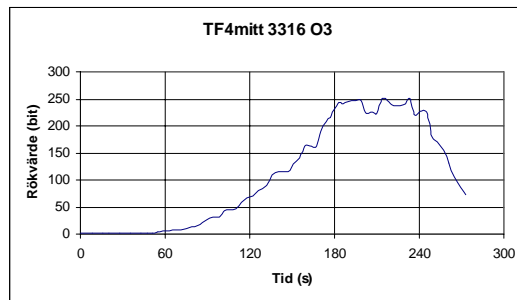


Diagram 6.8 Rökvärdet som funktion av tiden vid försöket TF4mitt.

För att avgöra när de två multisensorerna genererar larm har (ekv.6.2) använts på de olika försökskällorna. I detta fall har inga medelvärden används utan de nya algoritmerna har testats på de två multisensorerna var för sig. Resultaten av dessa beräkningar redovisas på så sätt att M1 och M2 studeras först och därefter kommenteras resultaten från algoritmerna M3 och M4. Slutligen görs en jämförelse mellan de två grupperna för att se hur stor inverkan höjningen av temperaturen från 30°C till 40°C fick.

I tabell 6.1 nedan redovisas de olika larmtiderna. Att tiderna skiljer sig åt för en och samma storkälla eller brandkälla beror på att de två multisensorernas signaler inte är exakt lika. För att kunna göra någon form av jämförelse har en beräkning också gjorts med hjälp av (ekv. 6.1), det vill säga den algoritm som kan användas i V2.0 av EBL512.

Tabell 6.1 Larmtider för de olika störkällorna.

Försök	Multisensor på adress 3			Multisensor på adress 4		
	V2.0 (s)	M <sub>1</sub> (s)	M <sub>2</sub> (s)	V2.0 (s)	M <sub>1</sub> (s)	M <sub>2</sub> (s)
Brödmitt	387	391	391	391	391	391
Brödvägg	402	406	406	410	410	410
Diskmitt	137	141	141	145	145	145
Diskmitt2	141	141	141	141	141	141
Diskvägg	S	S	S	S	S	S
Diskvägg2	S	S	S	S	S	S
Gassvetsmitt	134	IA	IA	130	IA	IA
Gassvetsvägg	S	S	S	S	S	S
Mattsvetsmitt	S	S	S	S	S	S
Mattsvetsvägg	S	S	S	S	S	S
Rökmitt	106	110	353	106	IA	IA
Rökvägg	S	S	S	S	S	S
Sågmitt	S	S	S	S	S	S
Ugnmitt	1049	1049	1049	1054	IA	IA
Ugnmitt2	S	S	S	S	S	S
Ugnvägg	828	832	832	832	IA	IA
Vinkelslipmitt	S	S	S	S	S	S
Vinkelslipvägg	S	S	S	S	S	S

S betyder att de ursprungliga signalerna inte kan generera larm.

IA (Ingen Aktivering) betyder att algoritmen filtrerar bort eventuellt larm.

#### Kommentarer till tabell 6.1:

- Brödmitt, brödvägg, diskmitt och diskmitt2 har alltför kraftiga rökutvecklingar för att kunna filtreras bort med dessa typer av algoritmer.
- Diskvägg, diskvägg2, gassvetsvägg, mattsvetsmitt, mattsvetsvägg, rökvägg, sågmitt, ugnmitt2, vinkelslipmitt och vinkelslipvägg ger inga signaler som kan aktivera ett larm. (Markerat med S.)
- I försöket gassvetsmitt filtreras larmet effektivt bort av de två nya algoritmerna vilket den algoritmen som kan användas i V2.0 inte kan i detta fall.
- I försöket rökmitt filtreras enbart de oönskade larmen från multisensorn på adress 4 bort. Skillnaden mellan sensorerna beror på att de har olika placering på försöksplattan. När det gäller sensorer på adress nummer 3 blir det en fördröjning av larmet med ungefär fyra minuter. Det beror på att M<sub>2</sub> har större tålighet mot höga toppar på signalerna, det vill säga skärningspunkten på x-axeln ligger fem bitar högre än för algoritmen M<sub>1</sub>.
- I ugnmitt och ugnvägg tas enbart larmen bort hos multisensorn på adress 4. Det beror på olika höga toppar på signalerna.

I tabell 6.2 visas vid vilka tider som larm aktiveras för de olika brandkällorna och i tabell 6.3 redovisas skillnaden i larmtid mellan algoritmerna M<sub>1</sub> och M<sub>2</sub> och den som skall implementeras i V2.0. Vid beräkningarna användes (ekv. 6.4). En närmare granskning av tabell 6.2 och 6.3 ger att skillnaden i larmtid inte är speciellt stor. Ett undantag är dock TF6vägg där de nya algoritmerna larmar drygt 1,5 minuter före den algoritmen som skall användas i V2.0. Medelvärdena är beräknade för försöken var för sig.

$Larmtid_{\text{algoritm } M_i} - Larmtid_{V2.0}$ ,  
där  $i = 1, 2, 3, 4$ .

(ekv. 6.4)



Tabell 6.2 Larmtider för de olika brandkällorna.

Försök	Multisensor på adress 3			Multisensor på adress 4		
	V2.0 (s)	M <sub>1</sub> (s)	M <sub>2</sub> (s)	V2.0 (s)	M <sub>1</sub> (s)	M <sub>2</sub> (s)
TF4mitt	102	114	114	114	118	122
TF4vägg	131	143	143	138	146	146
TF5mitt	110	106	106	106	106	106
TF5vägg	59	63	66	59	70	70
TF5vägg2	101	105	105	105	109	109
TF6mitt	50	38	38	50	34	34
TF6vägg	153	74	74	142	63	63

Tabell 6.3 Skillnad mellan larmtider. Beräkning enligt (ekv. 6.4). En positiv tid anger att de nya algoritmerna larmar *efter* V2.0-algoritmen.

Försök	Multisensor på adress 3		Multisensor på adress 4		Medelvärde (s)
	M <sub>1</sub> (s)	M <sub>2</sub> (s)	M <sub>1</sub> (s)	M <sub>2</sub> (s)	
TF4mitt	12	12	4	8	9
TF4vägg	12	12	8	8	10
TF5mitt	-4	-4	0	0	-2
TF5vägg	4	7	11	11	8
TF5vägg2	4	4	4	4	4
TF6mitt	-12	-12	-16	-16	-14
TF6vägg	-79	-79	-79	-79	-79

Resultaten från M3 och M4, på störkällorna, redovisas i tabell 6.4 nedan.

Tabell 6.4 Larmtider för de olika störkällorna.

Försök	Multisensor på adress 3			Multisensor på adress 4		
	V2.0 (s)	M <sub>3</sub> (s)	M <sub>4</sub> (s)	V2.0 (s)	M <sub>3</sub> (s)	M <sub>4</sub> (s)
Brödmitt	387	391	391	391	391	395
Brödvägg	402	406	402	410	410	410
Diskmitt	137	141	137	145	145	141
Diskmitt2	141	141	141	141	141	141
Diskvägg		S	S	S	S	S
Diskvägg2		S	S	S	S	S
Gassvetsmitt	134	IA	IA	130	IA	IA
Gassvetsvägg		S	S	S	S	S
Mattsvetsmitt		S	S	S	S	S
Mattsvetsvägg		S	S	S	S	S
Rökmitt	106	353	353	106	IA	IA
Rökvägg		S	S	S	S	S
Sågmitt		S	S	S	S	S
Ugnmitt	1049	1054	1054	1054	IA	IA
Ugnmitt2		S	S	S	S	S
Ugnvägg	828	832	832	832	IA	IA
Vinkelslipmitt		S	S	S	S	S
Vinkelslipvägg		S	S	S	S	S

S betyder att de ursprungliga signalerna inte kan generera larm.

IA (Ingen Aktivering)betyder att algoritmen filtrerar bort eventuellt larm.

Kommentarer till tabell 6.4:

- Larmtiderna för de olika störkällorna är i samma storleksordning förutom med algoritmen M<sub>3</sub> på försöket rökmitt. Där blir det en fördröjning med drygt fyra minuter jämfört med algoritmen i V2.0. (Jfr med algoritmen M<sub>1</sub> som larmar samtidigt som algoritmen för V2.0.)

I tabell 6.5 visas vid vilka tider som larm aktiveras för de olika brandkällorna och i tabell 6.6 redovisas skillnaden i larmtid mellan algoritmerna  $M_3$  och  $M_4$  och den som kan implementeras i V2.0. Vid beräkningarna användes (ekv. 6.4). Tendensen att de nya algoritmerna larmar mycket tidigare än algoritmen i V2.0 för försöket TF6vägg håller i sig. Här är skillnaden c:a en minut.

Tabell 6.5 Larmtider för de olika brandkällorna.

Försök	Multisensor på adress 3			Multisensor på adress 4		
	V2.0 (s)	$M_3$ (s)	$M_4$ (s)	V2.0 (s)	$M_3$ (s)	$M_4$ (s)
TF4mitt	102	114	118	114	126	130
TF4vägg	131	143	151	138	146	146
TF5mitt	110	110	110	106	110	110
TF5vägg	59	70	70	59	70	79
TF5vägg2	101	113	117	105	126	126
TF6mitt	50	42	42	50	42	42
TF6vägg	153	98	98	142	98	98

Tabell 6.6 Skillnad mellan larmtider. Beräkning enligt (ekv. 6.4). En positiv tid anger att de nya algoritmerna larmar **efter** den V2.0-algoritmen.

Försök	Multisensor på adress 3		Multisensor på adress 4		Medelvärde (s)
	$M_3$ (s)	$M_4$ (s)	$M_3$ (s)	$M_4$ (s)	
TF4mitt	12	16	12	16	14
TF4vägg	12	20	8	8	12
TF5mitt	0	0	4	4	2
TF5vägg	11	11	11	20	13
TF5vägg2	12	16	21	21	18
TF6mitt	-8	-8	-8	-8	-8
TF6vägg	-55	-55	-44	-44	-50

Vid en jämförelse mellan de två grupperna, det vill säga  $M_1$  och  $M_2$  samt  $M_3$  och  $M_4$  visar det sig att skillnaden på storkällorna inte alls är stor. Den största skillnaden är larmtiden för försöket rökmitt då skärningen med m-axeln är 70 bitar. För brandkällorna blir larmfördröjningen något större då  $a = 40^\circ\text{C}$ . Skillnaden mot då  $a = 30^\circ\text{C}$  ligger någonstans mellan 2 till 29 sekunder.

Något som bör kommenteras är temperaturkravet på  $30^\circ\text{C}$  hos algoritmerna  $M_1$  och  $M_2$ . Detta värde ligger farligt nära de temperaturer som kan uppkomma inomhus under exempelvis en varm sommardag. Det kan då bli så att larmet går utan bara för att det är varmt i lokalen. Då är det inte speciellt normalt att temperaturen inomhus stiger till  $40^\circ\text{C}$ . Eftersom larmtiderna, då temperaturkravet ändras från  $30^\circ\text{C}$  till  $40^\circ\text{C}$ , inte ändras speciellt mycket är algoritmerna  $M_3$  och  $M_4$  att föredra.

En fråga som är intressant är hur höga röktoppar en storkälla får ha utan att det blir ett onödigt larm. Bra exempel på så kallade röktoppar kan ses i diagram 6.9 nedan.

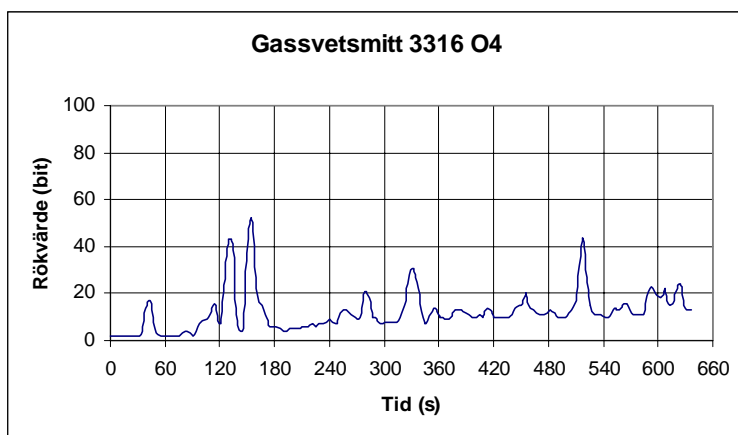


Diagram 6.9 Exempel från försöket gassvetsmitt med så kallade röktoppar. O4 anger att multisensorn har mätt med sin optiska sensor del och att sensorn satt på plats 4.

I tabell 6.7 redovisas hur den maximala höjden får vara vid vissa bestämda temperaturer. Låt oss säga att en analys av diagram 6.9 ovan skall göras. Om den maximala temperaturen under hela förloppet inte överstiger 20°C så kan de nya algoritmerna filtrera bort störkällan men algoritmen V2.0 klarar det inte då maximalt rökvärde får vara 38 bitar. Se tabell 6.4 nedan.

Tabell 6.4 Maximala röktoppar vid vissa temperaturer för att undvika onödiga larm.

Temperatur (°C)	Rökvärde (bit)				
	Algoritm M <sub>1</sub>	Algoritm M <sub>2</sub>	Algoritm M <sub>3</sub>	Algoritm M <sub>4</sub>	Algoritm i V2.0
13	63	68	66	71	45
14	62	66	66	70	44
15	61	65	65	70	43
16	59	63	64	69	42
17	58	62	63	68	41
18	56	60	63	67	40
19	54	58	62	66	39
<b>20</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>61</b>	<b>65</b>	<b>38</b>
21	50	54	60	64	37
22	48	51	58	63	36
23	45	48	57	61	35
24	42	45	56	60	34
25	39	41	55	59	33

## 6.6 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras efter det att en enkel multisensor har studerats:

- Med de nya algoritmerna kan störkällorna gassvetsmitt, rökmitt, ugnmitt och ugnvägg filtreras bort helt för den multisensor som satt på plats nummer 4. Det klarar inte den algoritmen kan användas i V2.0.
- För den multisensor som satt på plats 3 kan bara gassvetsmitt filtreras bort. Vid försöket rökmitt blir det en kraftig fördröjning för alla de nya algoritmerna förutom M<sub>1</sub>.
- Skillnaden på signalerna mellan den multisensorn beror på att de satt på olika ställen på försöksplattan. Rök och andra förbränningsgaser blev inte jämt fördelade vid fullskaleförsöken, det vill säga multisensorn på plats 3 fick mer rök och förbränningsgaser på sig.

- En höjning av temperaturkravet från 30°C till 40°C innebär ingen större skillnad i de slutliga larmtiderna. Detta är bra då en temperatur på 30°C kan uppkomma inomhus under vissa tidpunkter på året.
- För  $M_1$  och  $M_2$  ligger fördröjningen av larmtiden för brandkällorna på drygt två sekunder snabbare till tio sekunder långsammare än den algoritm som kan användas i V2.0. Detta gäller inte för spritbranden TF6. Speciellt vid försöket TF6vägg som larmar drygt 60-90 sekunder före den algoritm som kan användas i V2.0. Det beror på den kraftiga temperaturutvecklingen vid spritbranden och att algoritmen i V2.0 kan tåla högre temperaturer innan den aktiverar larm.
- Eftersom temperaturen för storkällorna ligger runt rumstemperatur kommer algoritmerna mest bero på vilken rökmängd de producerar. En analys av alla optiska sensorsignaler (3304 och 3316) visar att röktopparna för gassvetsmitt ligger på 30-55 bitar medan rökmitts röktoppar ligger mellan 30-80 bitar. Med dessa värden innebär det att de fyra nya algoritmerna för det mesta kan filtrera bort gassvetsmitt men cigarettrök skulle kunna ge onödiga larm i flera fall.
- Ingen glödbrand har studerats. En glödbrand liknar en storkälla på så sätt att det bildas förbränningsgaser men det bildas ingen värme i någon större utsträckning. Detta kommer att få konsekvenser om de två nya algoritmerna används. Dessa bygger just på att storkällor inte bildar någon värme. Risk finns för att en glödbrand inte kommer att detekteras med dessa algoritmer. Å andra sidan kan det vara svårt för en optisk sensor att larma för en glödbrand över huvud taget då en sådan kan få sin brandgas utspädd till den grad att den inte blir detekterbar.

## 7 Förslag till fortsatt forskning och utveckling

Under arbetet med detta projekt har tankar och idéer kommit fram vars syfte är att utveckla systemet EBL512. De projekt eller undersökningar som förelås kan antingen utföras av personal från Matsushita eller också kan de bli någon i form av examensarbeten eller sommarprojekt för exempelvis studenter från tekniska högskolor. Mina förslag på projekt är följande:

- Första projektförslaget går ut på att sammanställa de objekt där ett EBL512-system finns installerat. Eventuell statistik kan tas fram avseende onödiga larm, brandincidenter etc. Med denna information kan systemet utvecklas, speciellt på de områden där statistiken eventuellt visar att det finns brister.
- I denna rapport har de olika sensorerna studerats var för sig. Det andra projektförslaget går ut på att försöka kombinera sensorerna på olika sätt och se om onödiga larm kan undvikas. Detta projekt kan utföras antingen rent teoretiskt, med hjälp av den mätdata som finns, eller också kan praktiska försök utföras.
- Nya algoritmer kan förfinas genom att gå djupare in i signalernas form. Detta kan göras genom frekvensanalys och med detta hjälpmedel försöka få fram effektiva algoritmer.
- För att komplettera testerna från Barbara bör testbränderna TF1-TF3 utföras. Det beror på att dessa testbränder bland annat tar upp glödbranden som fenomen. En jämförelse mellan den optiska sensorn och linjerökdetektorerna kan då göras. Givetvis sker det tillsammans med de fullskaleförsök som utfördes 1998.
- Med dagens utformning av EBL512 är att det är svårt att ta till vara den information som användes vid referensmätningarna, där mätvärden samplades in med en frekvens på 10 Hz. Den information som finns i dessa mätningar kan analyseras med bland annat Fouriertransformer. För att kunna dra nytta av denna kunskap måste EBL512 utvecklas på så sätt att den klarar av denna samplingsfrekvens som är högre än dagens. Det som kan vinnas genom denna utveckling är att olika former av röktyper kan kännas igen beroende på dess frekvensinnehåll.



## Referenser

- [1] Brandteknik (1998): *Försöksdokumentation Detektorförsök genomförda under perioden 981005-981016*, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund.
- [2] Svensson, Per (1995): *Specifikation EBL512*, Systemspecifikation U 00060, revision 7, Securitas Larm.
- [3] Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB (1997): *Fire alarm Analouge sensor base 3312*, Produktblad 61 P1 3312.
- [4] Alexandrie Reklam Media AB (1998): *Svensk säkerhet 98/99 Standardverket om säkerhetsmarknaden, dess aktörer, produkter och tjänster*, upplaga 2:2, ISSN 1401-8314.
- [5] Holmstedt, Göran, Magnusson, Sven-Erik & Thomas, Philip H. (1987): *Detector environment and detector response. A syrvey*, report LUTVDG/(TVBB-3039), Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund, ISSN 0282-3756.
- [6] Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB (1997): *Fire alarm Analouge optical smoke sensor 3304*, Produktblad 61 P1 3304.
- [7] How stuff works (1999): *Smoke detector*, [www]. Bild på funktionen hos en optisk röksensor. Tillgängligt på <<http://www.howstuffworks.com/smoke.htm>>. Hämtat 1999-11-11.
- [8] Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB (1997): *Fire alarm Analouge heat smoke sensor 3308*, Produktblad 61 P1 3308.
- [9] Sikberger, Lars-Göran (1999): "Brandlarm för alla – eller enbart för freak på teknik?", artikel i tidningen *Brand och räddning*, sidorna 26-29, nr 6/99.
- [10] Sikberger, Lars-Göran & Adolfsson, Kristian (1999): "Rätt detektionsteknik ger tidig upptäckt och små brandskador", artikel i tidningen *Brand och räddning*, sidorna 30-34, nr 7/99.
- [11] Spectrex Inc (1999): *UV/IR-detector*, [www]. Bild på en UV/IR-detector. Tillgängligt på <<http://www.spectrex-inc.com/sharpeye/uvirdetectors.htm>>. Hämtat 1999-11-11.
- [12] Efsec (1999): *Linjerökdetektor*, [www]. Bild på en linjerökdetektor. Tillgängligt på <<http://www.efsec.se/pressve/produkter/detektorer/rok/mainpage.html>>. Hämtat 1999-11-11.
- [13] SIS - Standardiseringskommissionen i Sverige (1986): *Automatiska brandlarmsanläggningar – Brandkänslighetsprov*, Svensk standard SS – EN 54-9, utgåva 1, engelsk version, SMS reg 615.29, Stockholm, SMS-03-54/9-01-L.
- [14] Brandteknik (1998): *Försöksdokumentation Detektorförsök genomförda under perioden 981005-981016 – mätresultat på CD-ROM skiva*, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund.
- [15] Schrewelius, Christina (1999): *Win512 v2.0 (Draft)*, Specification U00918, revision 1, Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB.
- [16] Drysdale, Dougal (1987): *An introduction to fire dynamics*, A Wiley-Interscience Publication, St Edmundsbury Press Ltd, Bury St Edmunds, Suffolk, Storbritannien, ISBN 0 471 90613 1.
- [17] Östergren, Mikael (1999): *EL512 2.0*, Specification U00913, revision 1, Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB.
- [18] Söderkvist, Sune & Ahnell, Lars-Erik (1990): *Tidsdiskreta signaler & system*, Linköping.

- [19] CEN – European Committee for Standardisation (1976): *EN54-5 Components of automatic fire detection systems Part 5: Heat sensitive detectors Point detectors containing a static element*, del 5, utgåva 1, CEN, Bryssel.
- [20] Östergren, Mikael (1999): *EL512 2.0*, Specification U00913, revision 2, sidorna 17- 19, Matsushita Electric Works Fire & Security Technology AB.



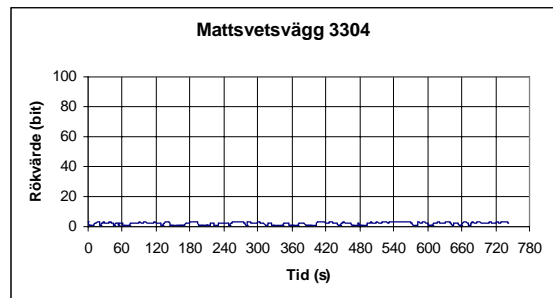
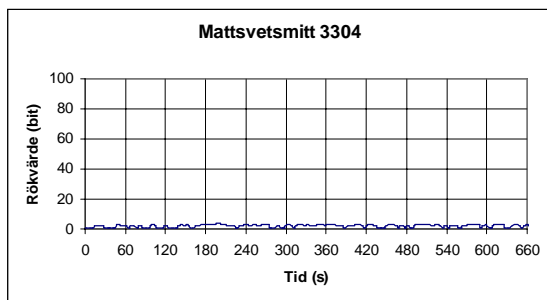
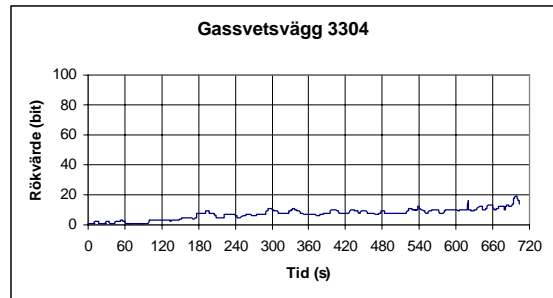
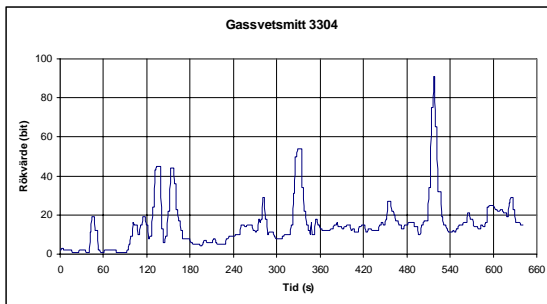
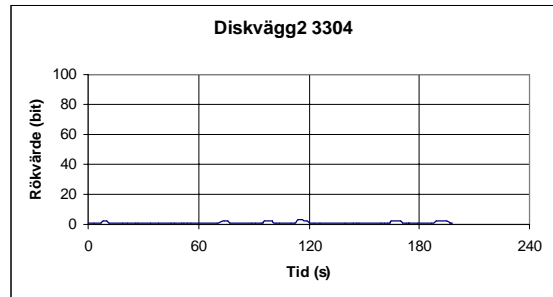
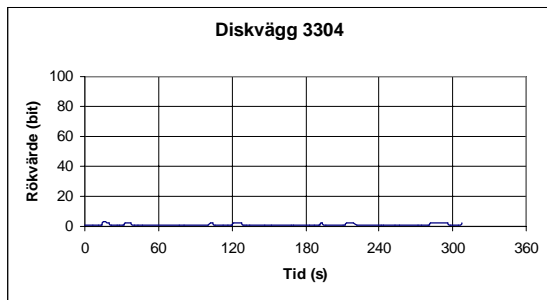
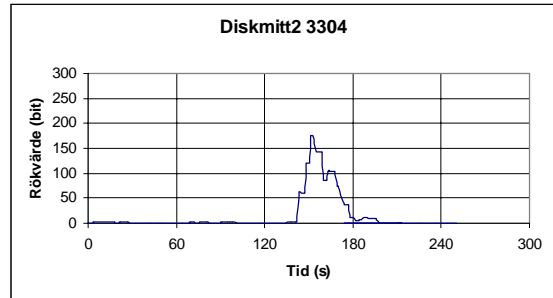
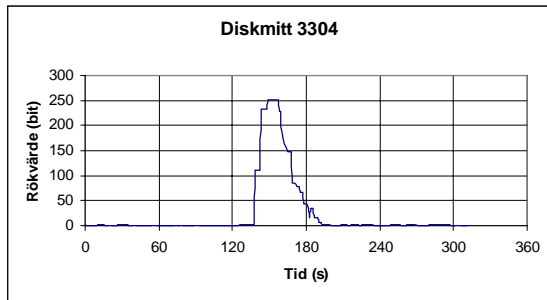
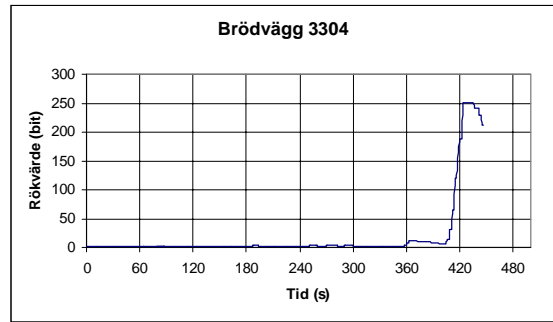
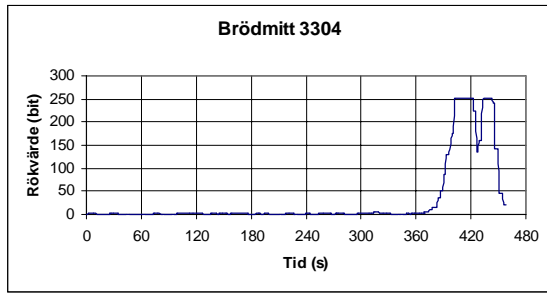
# Appendix

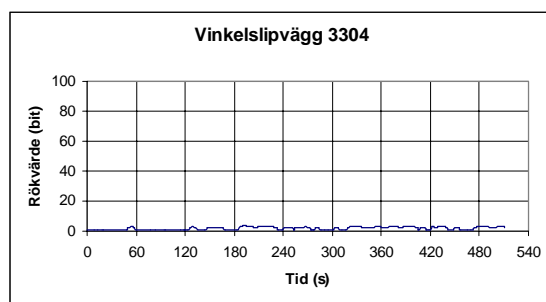
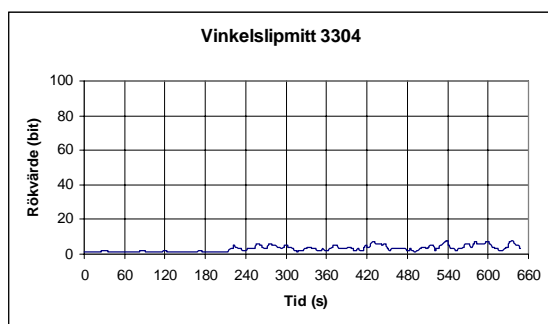
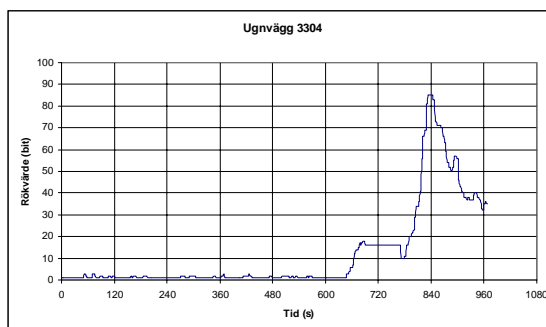
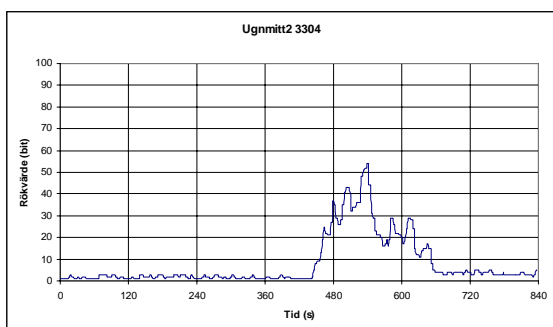
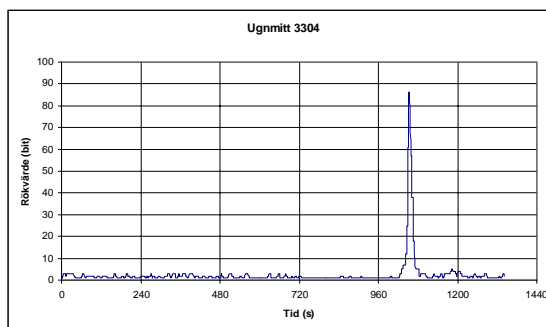
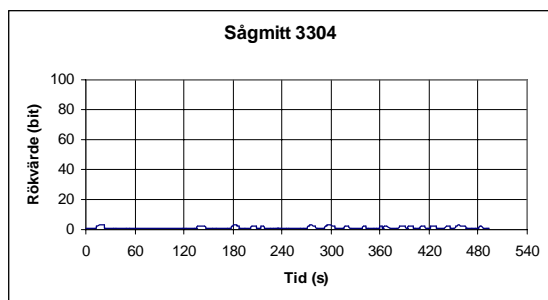
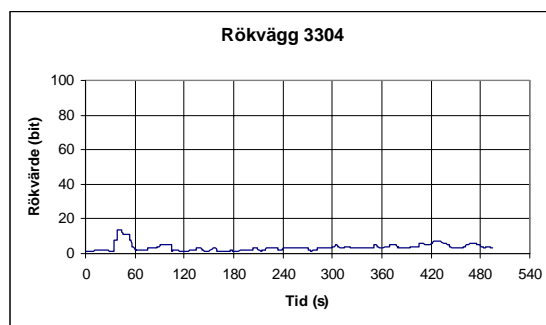
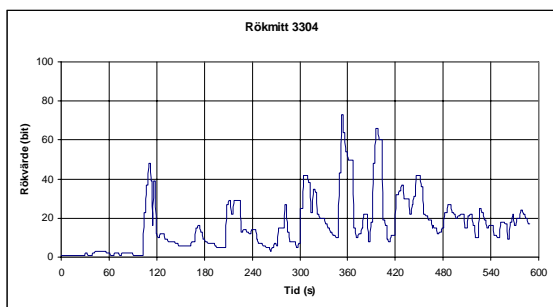
<b>APPENDIX A – DIAGRAM FÖR OPTISK SENSOR 3304 .....</b>	<b>A-1</b>
APPENDIX A1 ALLA STÖRKÄLLOR .....	A-2
APPENDIX A2 ALLA BRANDKÄLLOR .....	A-4
APPENDIX A3 ANALYS AV GASSVETSMITT .....	A-5
APPENDIX A4 ANALYS AV RÖKMITT .....	A-6
APPENDIX A5 ANALYS AV UGNMITT .....	A-7
APPENDIX A6 ANALYS AV UGNMITT2 .....	A-8
APPENDIX A7 ANALYS AV UGNVÄGG .....	A-9
APPENDIX A8 ANALYS AV TF4MITT .....	A-10
APPENDIX A9 ANALYS AV TF4VÄGG .....	A-11
APPENDIX A10 ANALYS AV TF5MITT .....	A-12
APPENDIX A11 ANALYS AV TF5VÄGG .....	A-13
APPENDIX A12 ANALYS AV TF5VÄGG2 .....	A-14
<b>APPENDIX B – FREKVENSSVARSBERÄKNINGAR FÖR FILTER 1, 2 OCH 3 .....</b>	<b>B-1</b>
APPENDIX B1 INLEDANDE BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR .....	B-2
APPENDIX B2 BERÄKNINGAR PÅ FILTER 1 OCH 2 .....	B-2
APPENDIX B3 BERÄKNINGAR PÅ FILTER 3 .....	B-4
APPENDIX B4 TOLKNING AV BERÄKNINGAR .....	B-5
APPENDIX B5 SLUTSATSER FRÅN FREKVENSSVARSANALYSEN .....	B-6
<b>APPENDIX C – DIAGRAM FÖR VÄRMESENSOR 3308 .....</b>	<b>C-1</b>
APPENDIX C1 ALLA STÖRKÄLLOR .....	C-2
APPENDIX C2 ALLA BRANDKÄLLOR .....	C-4
APPENDIX C3 ANALYS AV TF4MITT .....	C-5
APPENDIX C4 ANALYS AV TF4VÄGG .....	C-6
APPENDIX C5 ANALYS AV TF5MITT .....	C-7
APPENDIX C6 ANALYS AV TF5VÄGG .....	C-8
APPENDIX C7 ANALYS AV TF5VÄGG2 .....	C-9
APPENDIX C8 ANALYS AV TF6MITT .....	C-10
APPENDIX C9 ANALYS AV TF6VÄGG .....	C-11
<b>APPENDIX D – DIAGRAM FÖR MULTISENSOR 3316 .....</b>	<b>D-1</b>
APPENDIX D1 ALLA STÖRKÄLLOR FÖR MULTISENSOR PÅ PLATS 3. ....	D-2
APPENDIX D2 ALLA BRANDKÄLLOR FÖR MULTISENSOR PÅ PLATS 3. ....	D-6
APPENDIX D3 ALLA STÖRKÄLLOR FÖR MULTISENSOR PÅ PLATS 4. ....	D-8
APPENDIX D4 ALLA BRANDKÄLLOR FÖR MULTISENSOR PÅ PLATS 4. ....	D-12
APPENDIX D5 TIDSSERIE FÖR STÖRKÄLLORNA .....	D-14
APPENDIX D6 TIDSSERIE FÖR BRANDKÄLLORNA .....	D-17



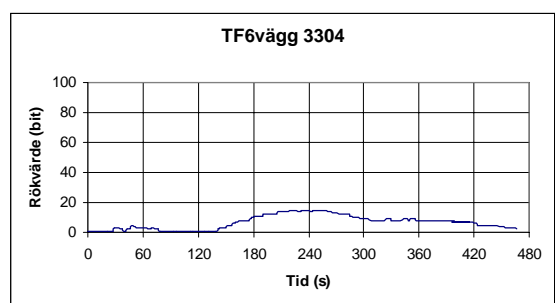
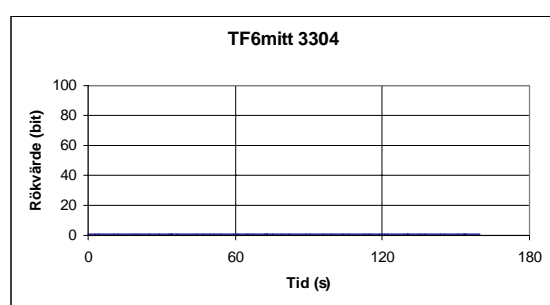
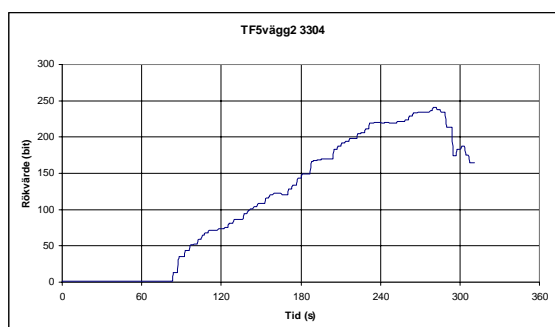
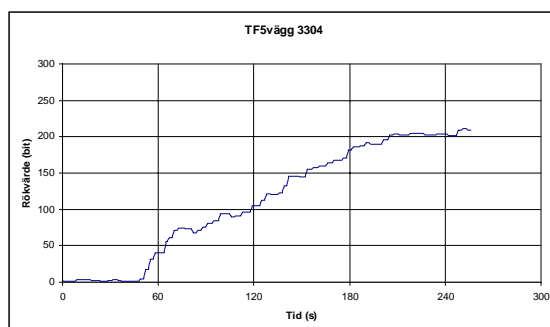
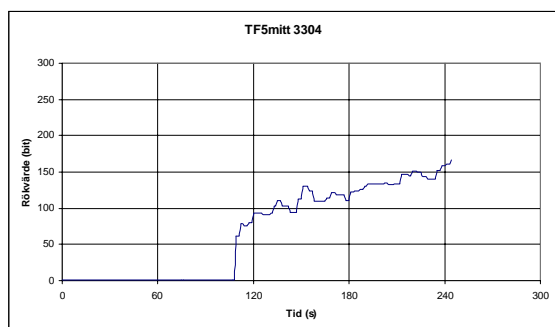
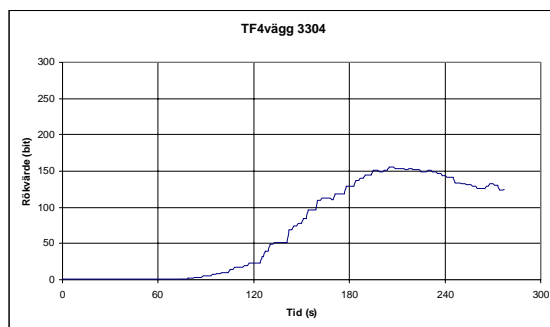
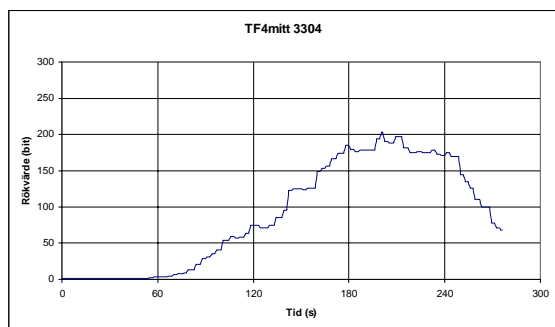
# **Appendix A – Diagram för optisk sensor 3304**

**Appendix A1 Alla storkällor**

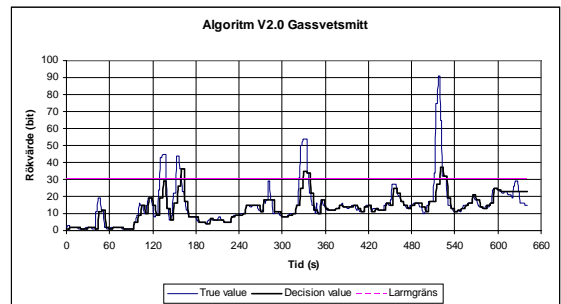
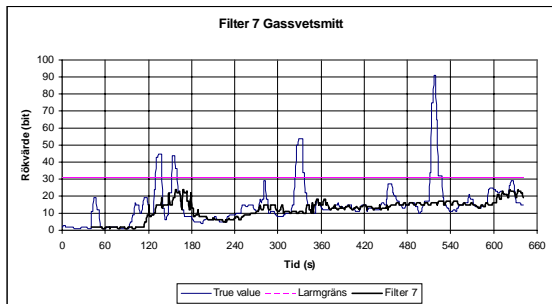
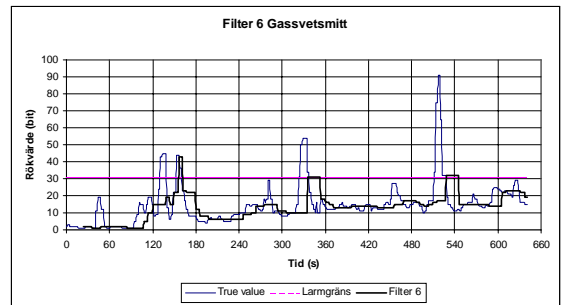
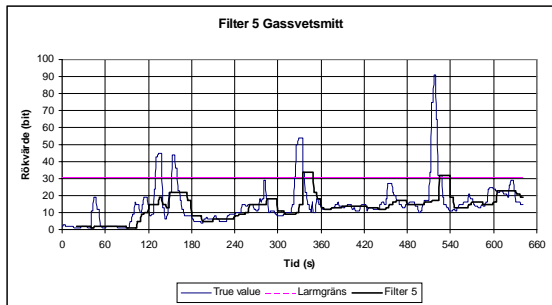
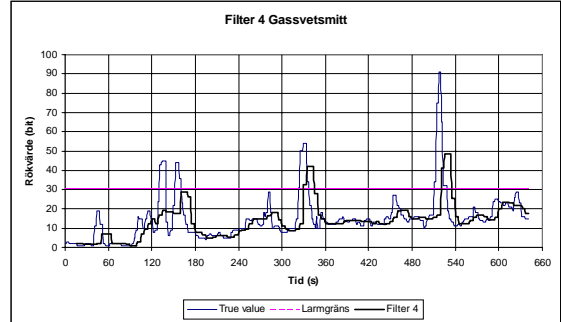
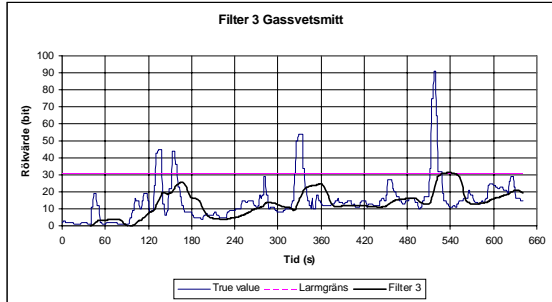
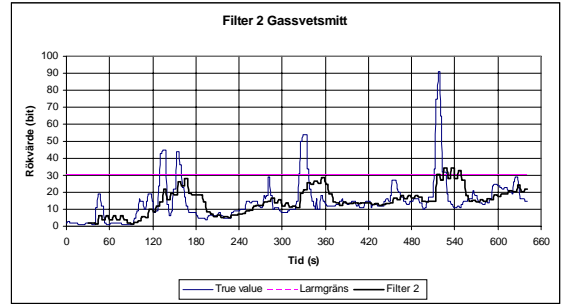
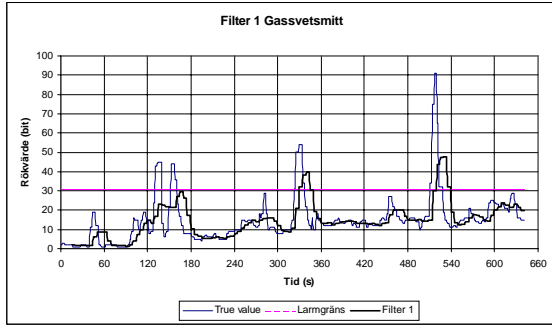




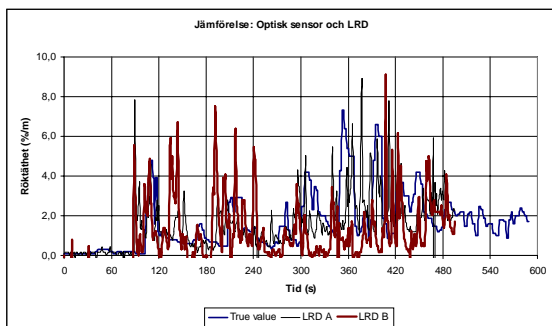
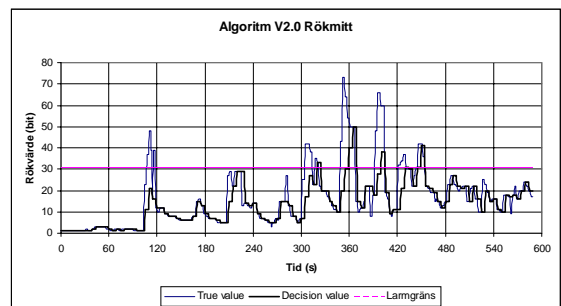
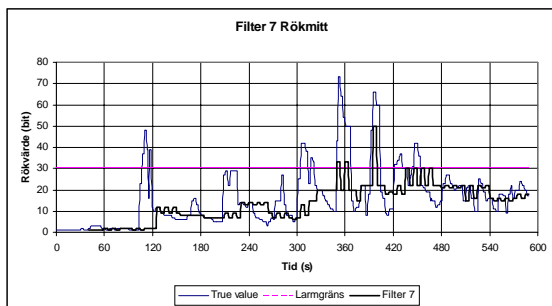
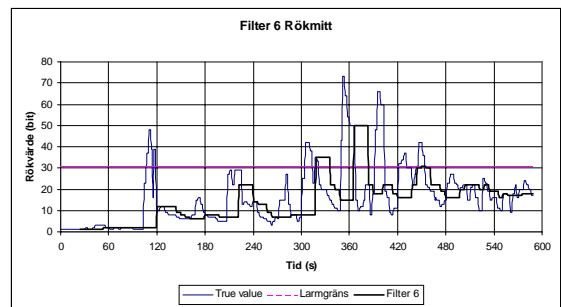
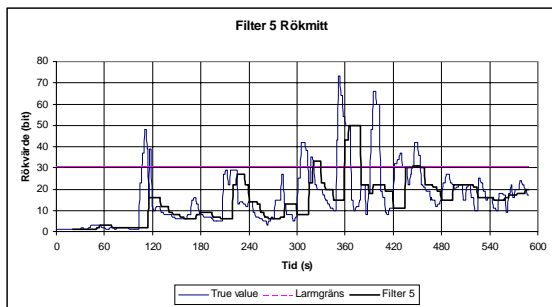
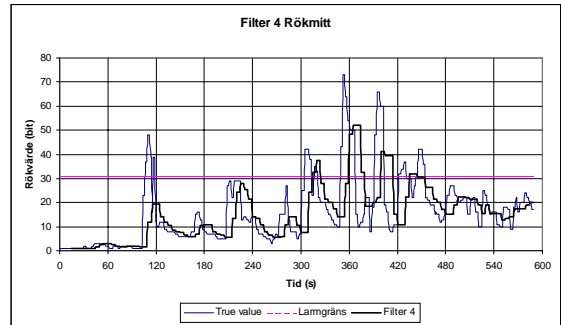
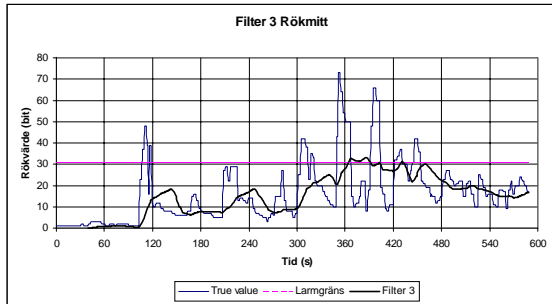
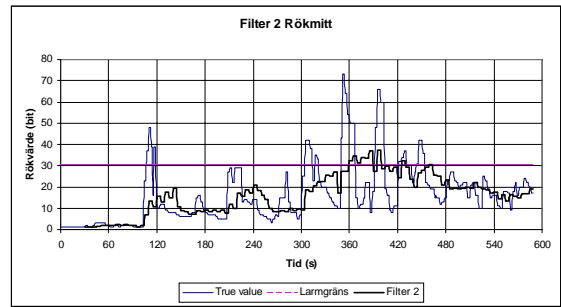
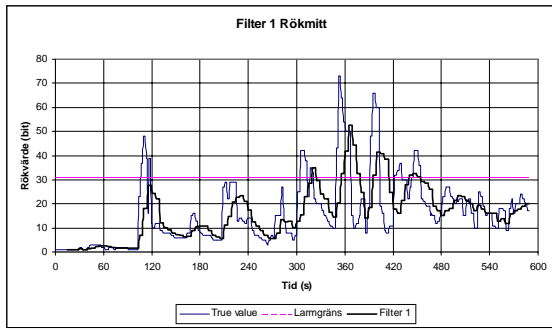
**Appendix A2 Alla brandkällor**



### Appendix A3 Analys av gassvetsmitt

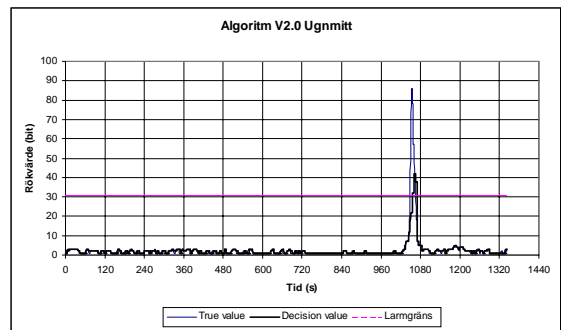
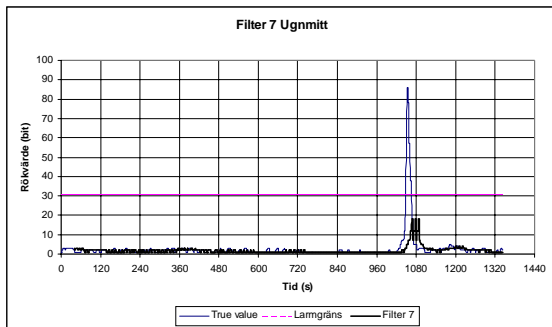
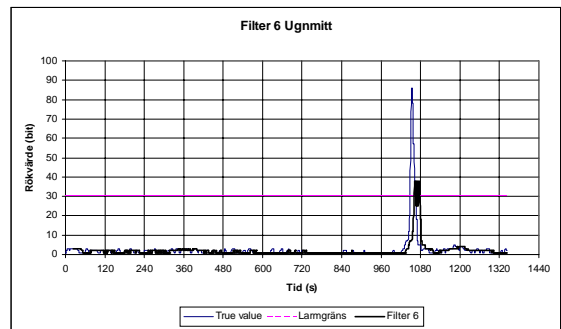
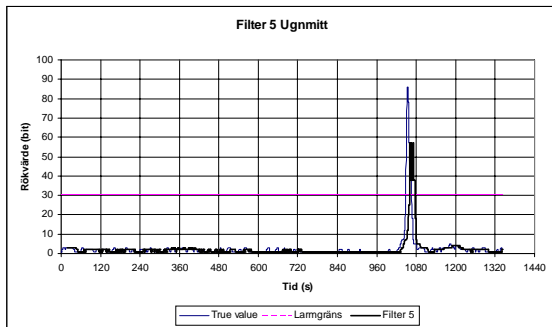
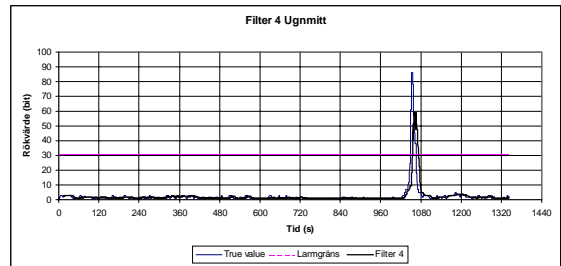
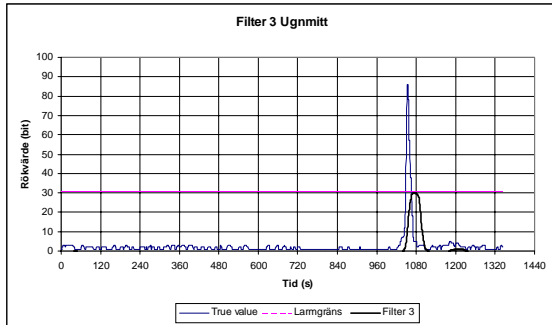
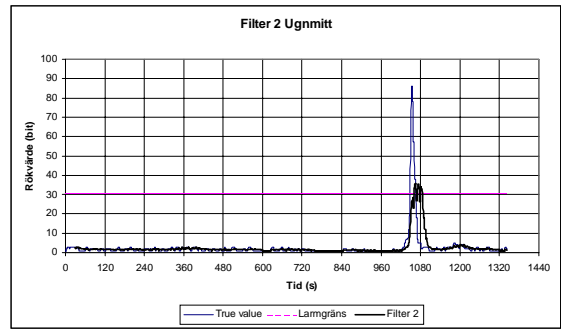
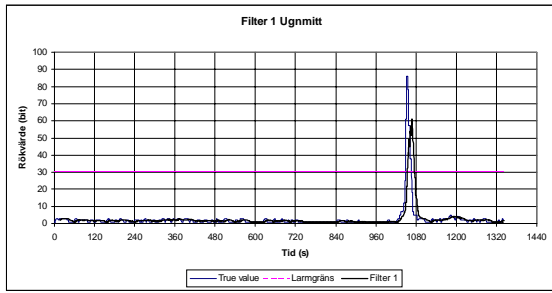


### Appendix A4 Analys av rökmitt

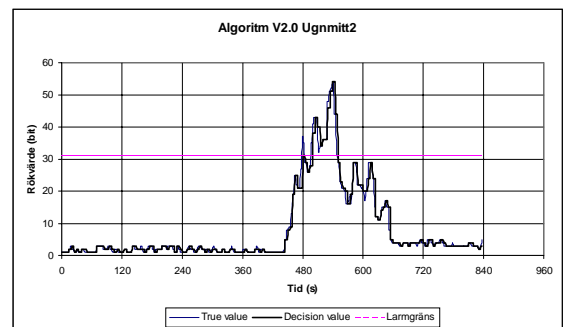
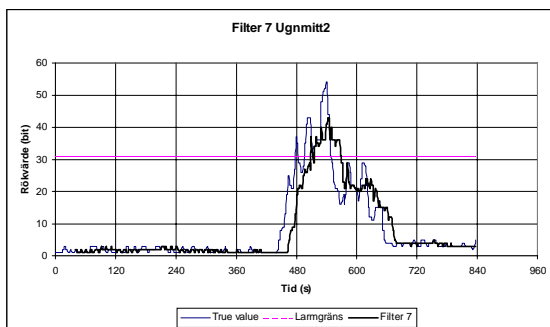
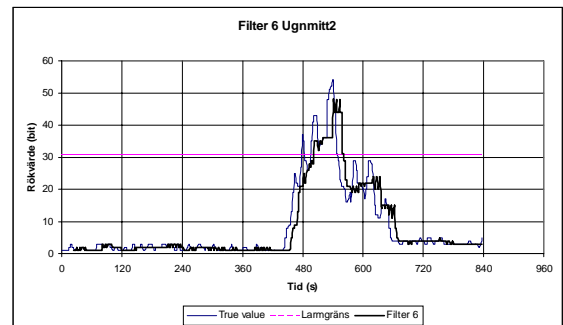
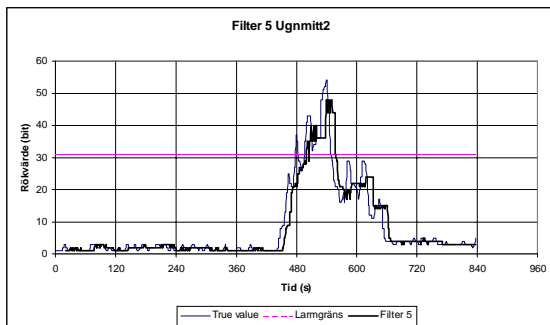
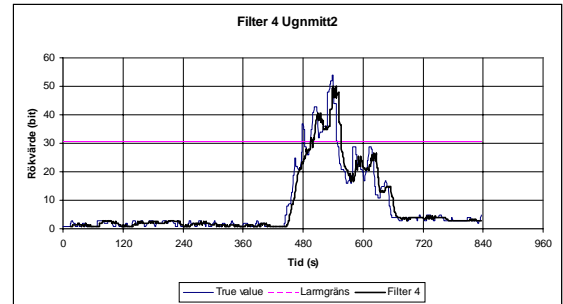
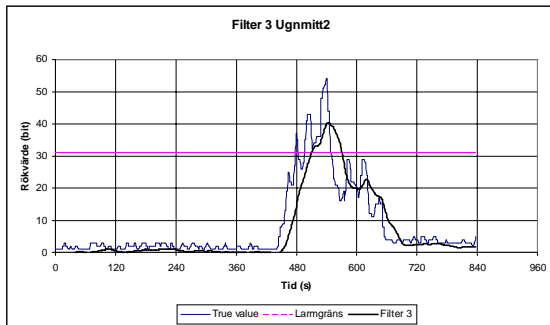
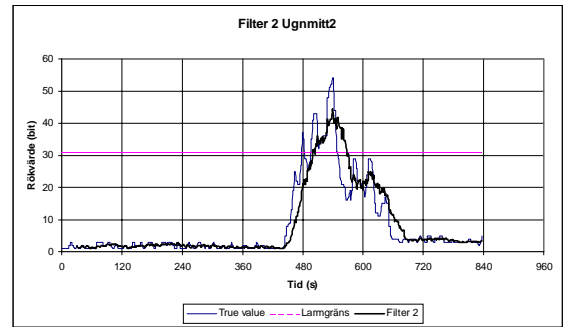
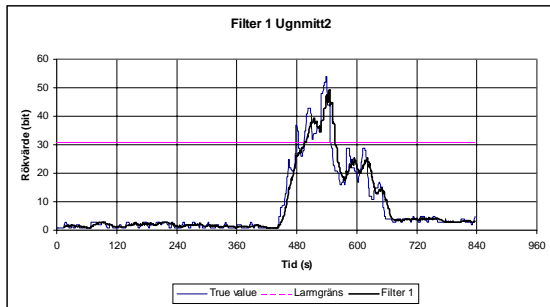




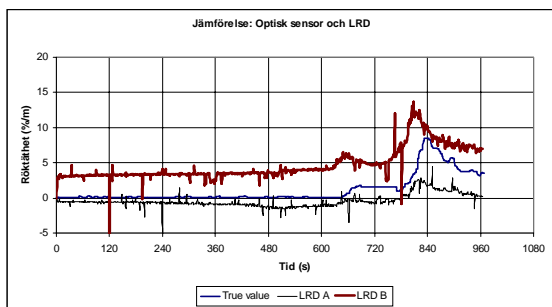
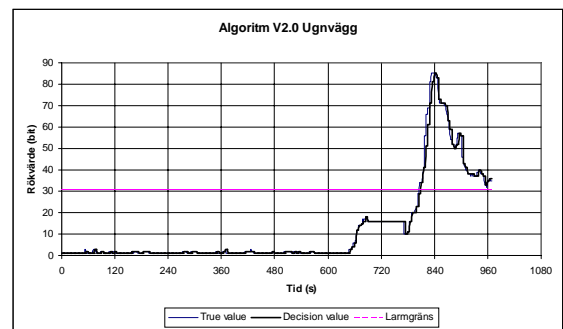
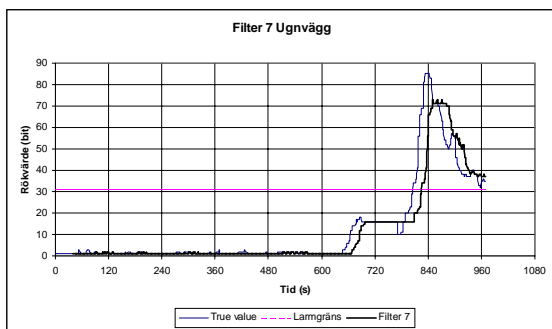
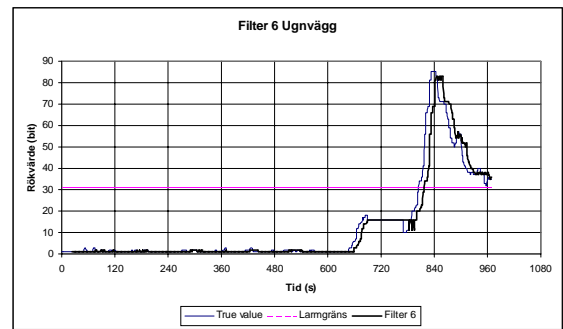
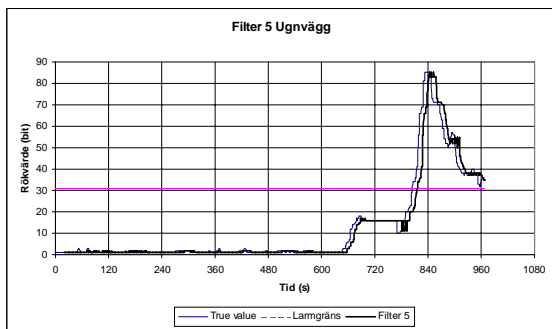
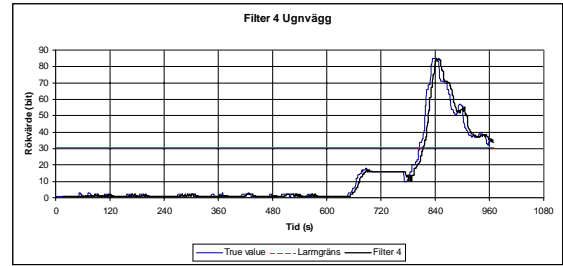
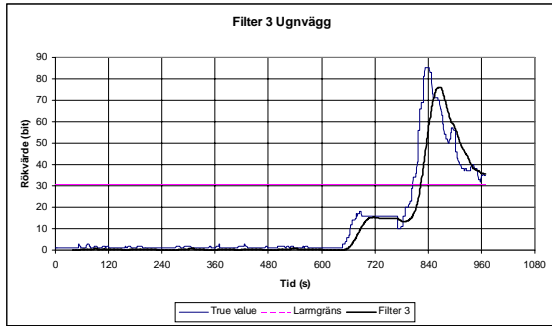
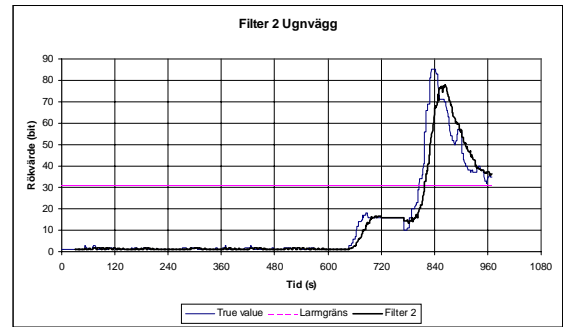
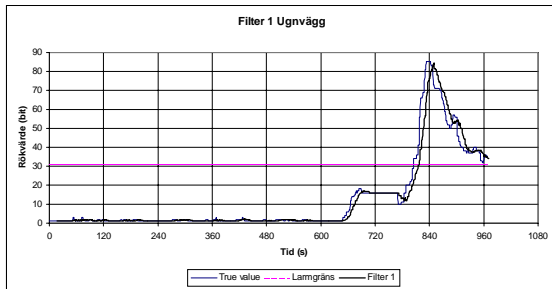
### Appendix A5 Analys av ugnmitt



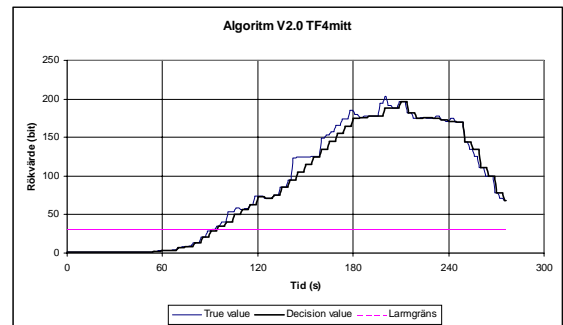
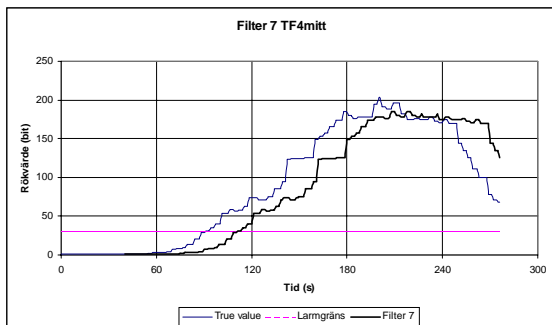
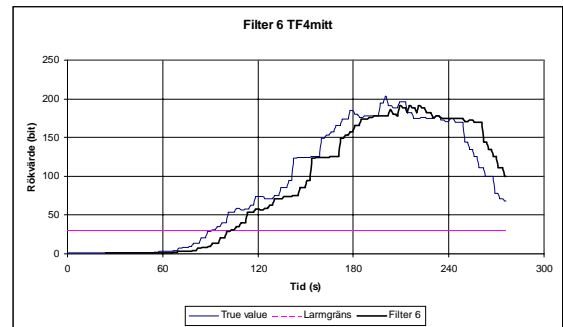
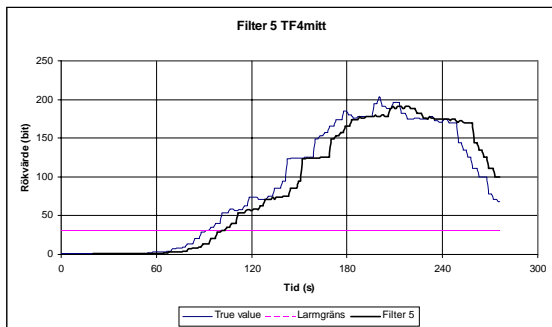
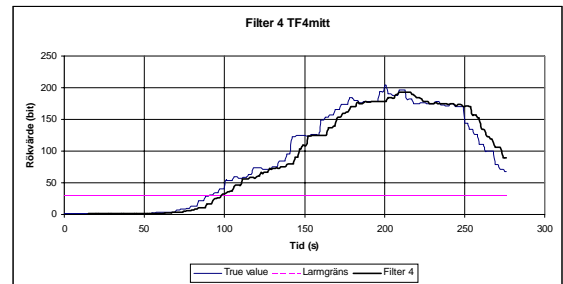
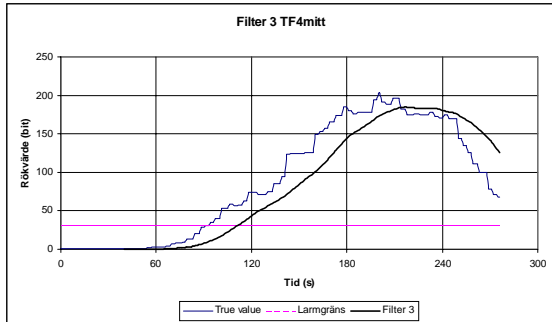
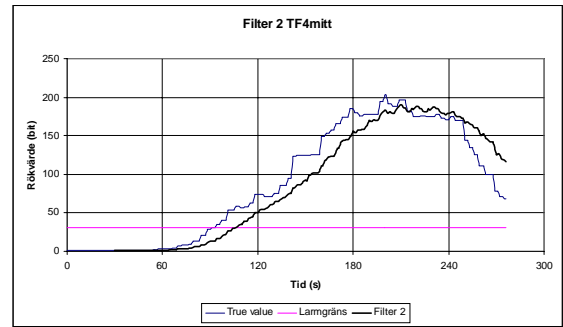
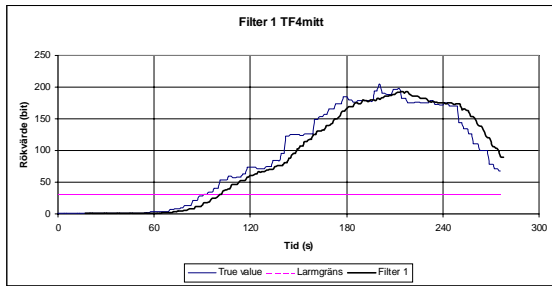
### Appendix A6 Analys av ugnmitt2



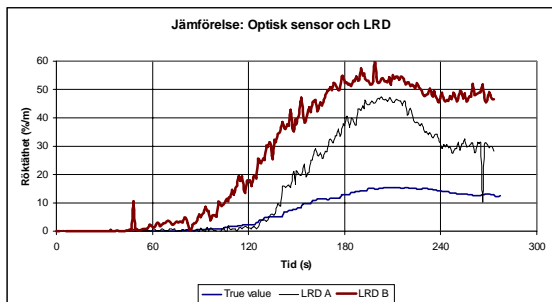
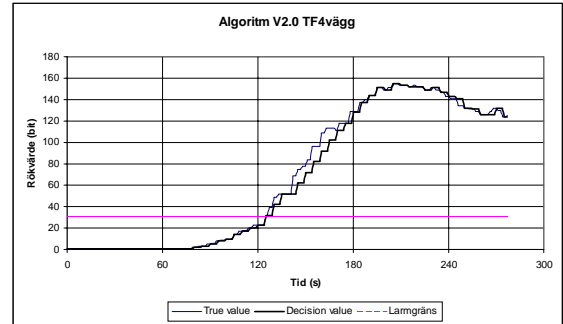
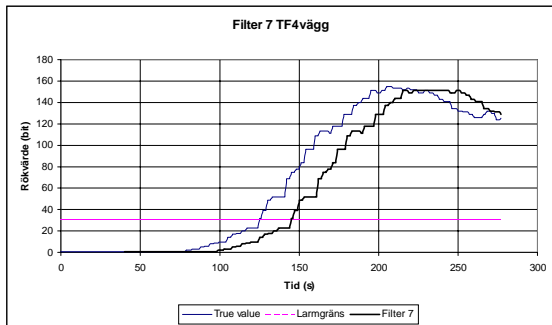
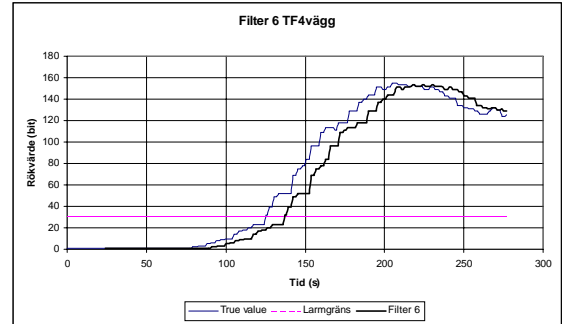
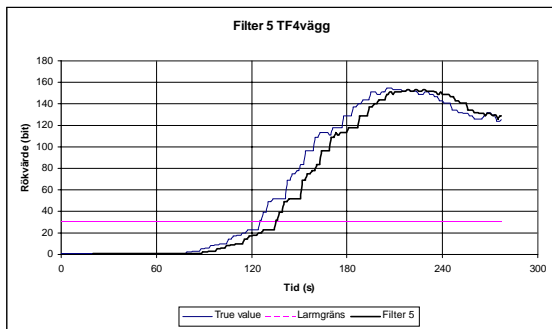
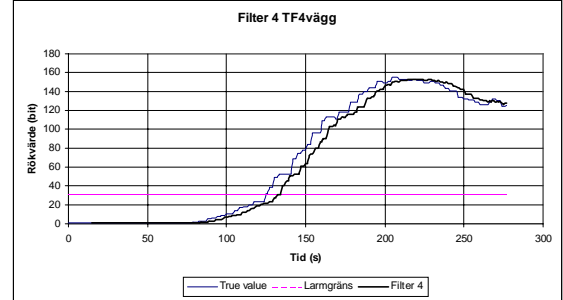
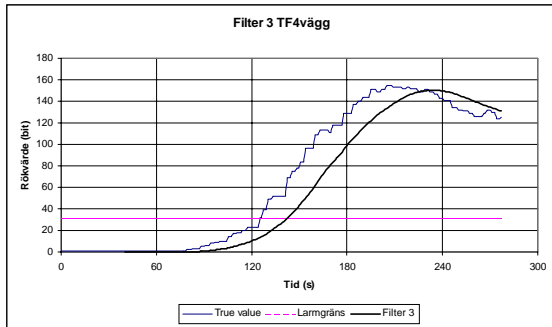
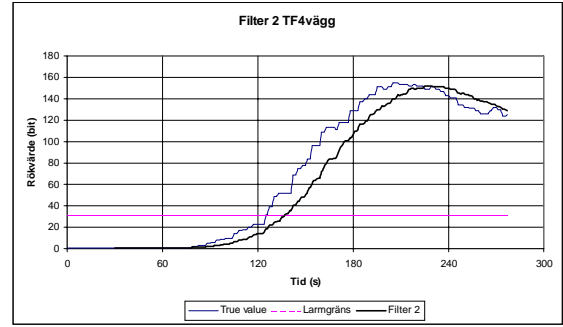
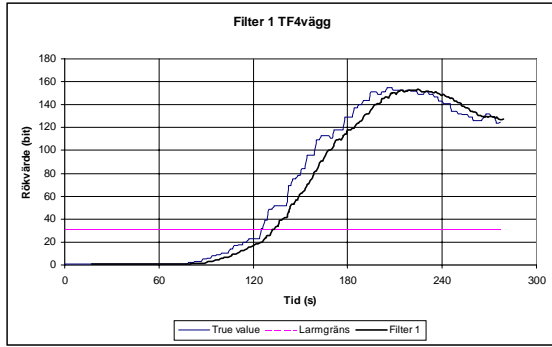
### Appendix A7 Analys av ugnvägg



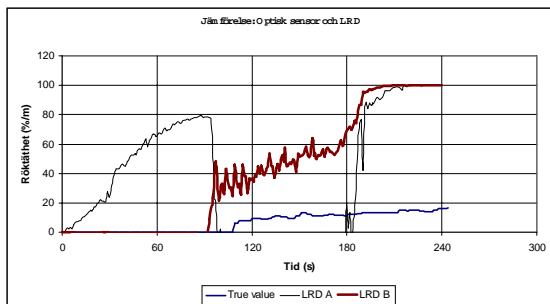
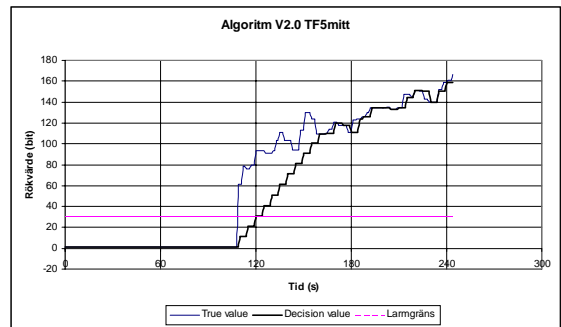
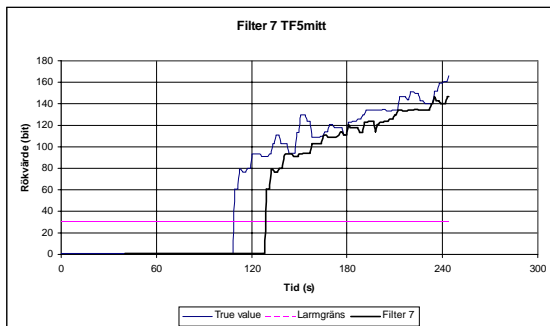
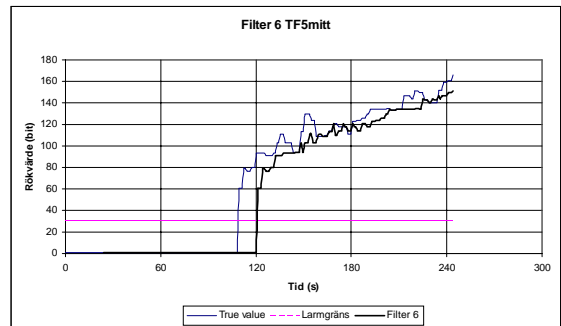
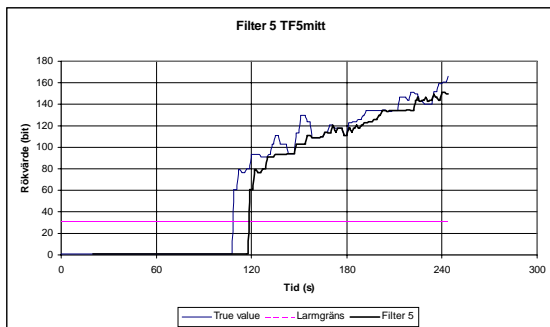
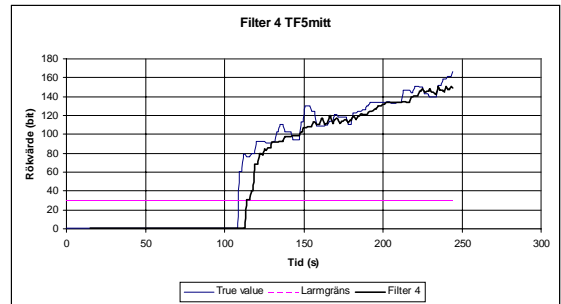
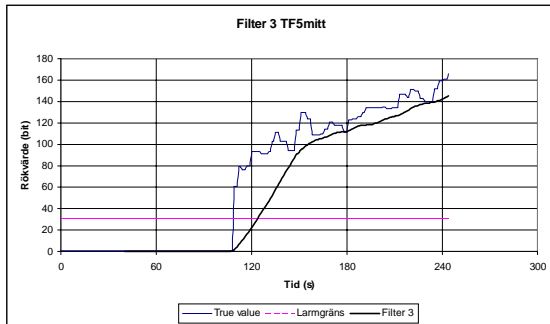
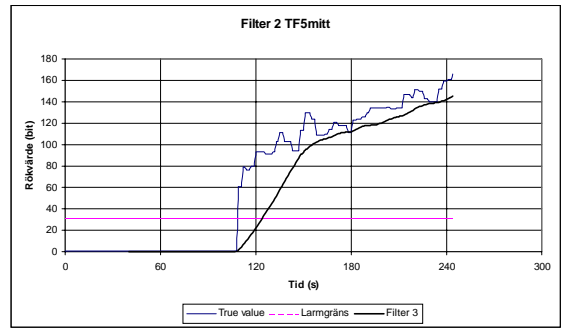
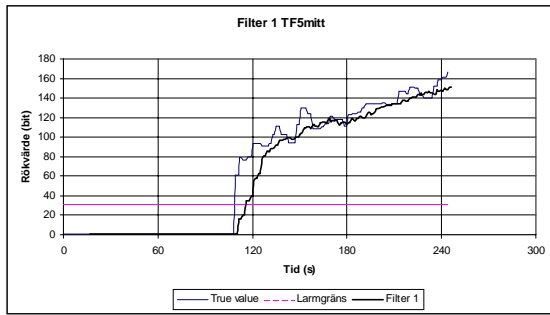
### Appendix A8 Analys av TF4mitt



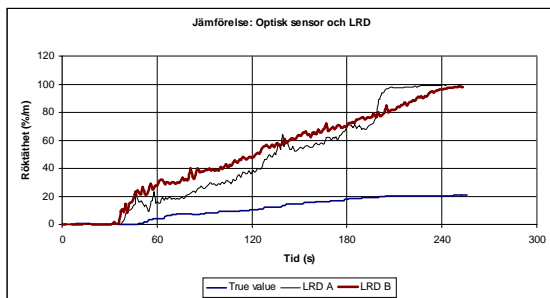
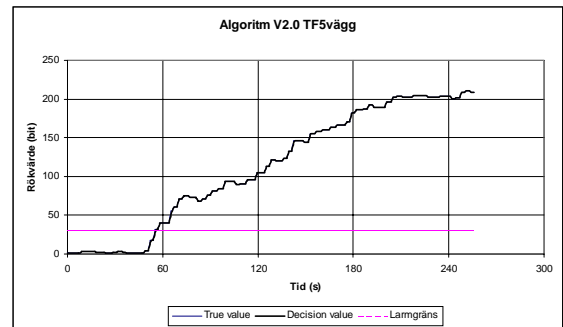
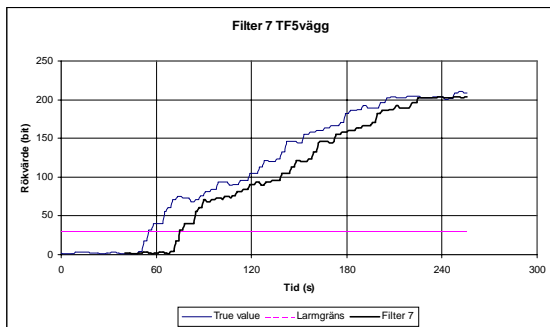
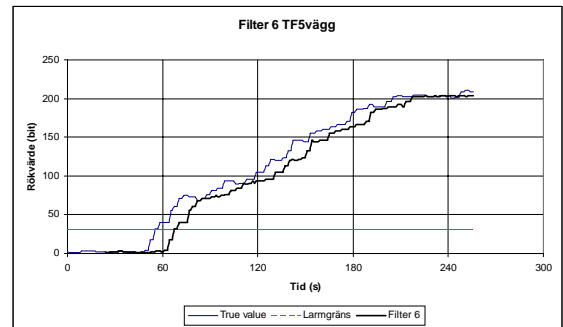
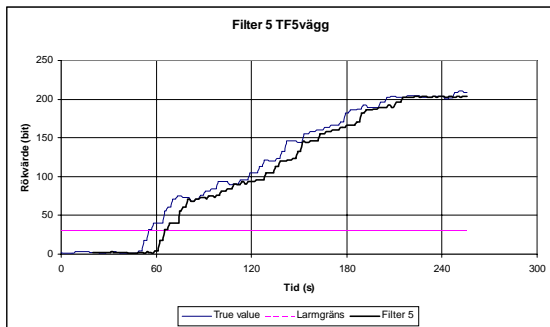
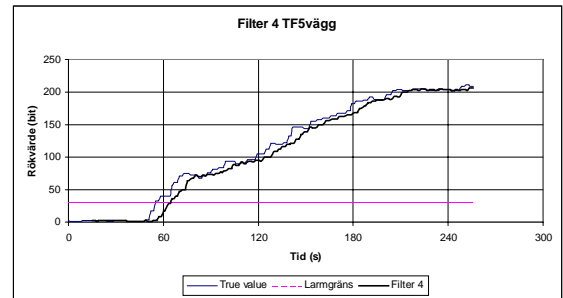
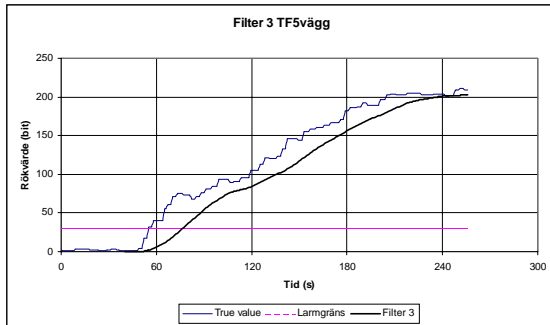
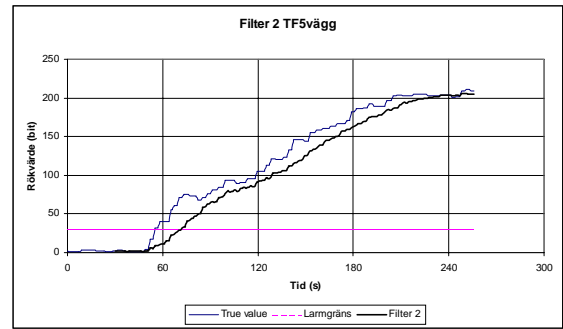
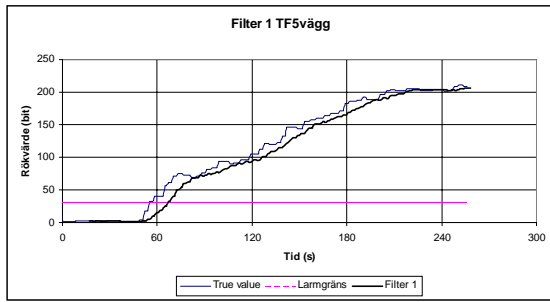
### Appendix A9 Analys av TF4vägg



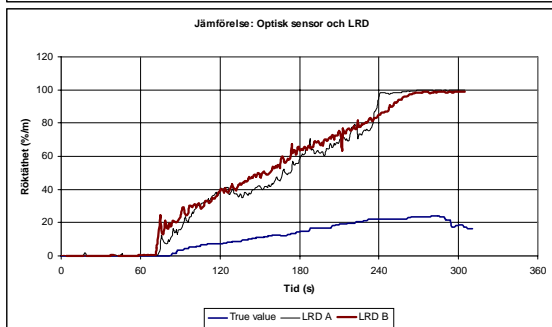
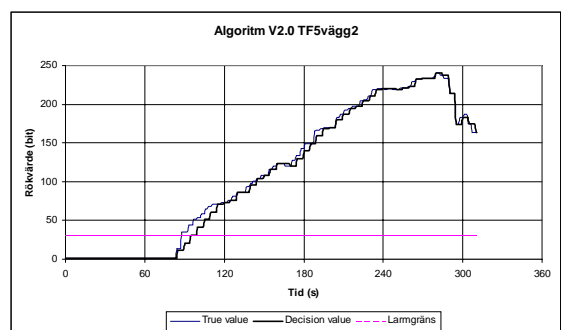
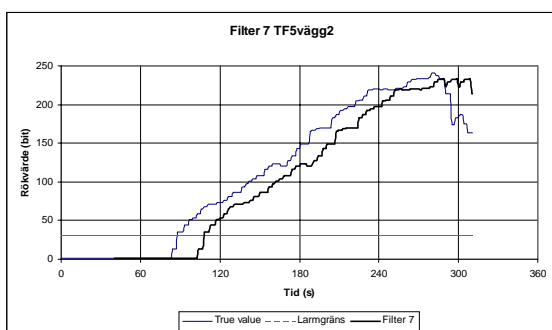
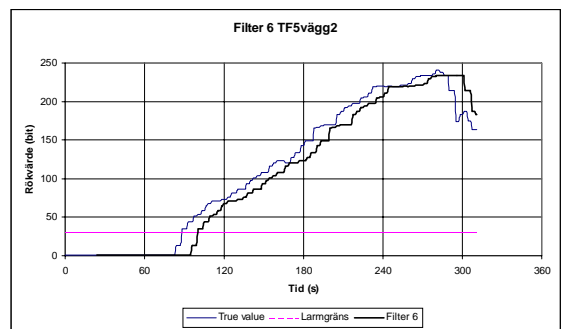
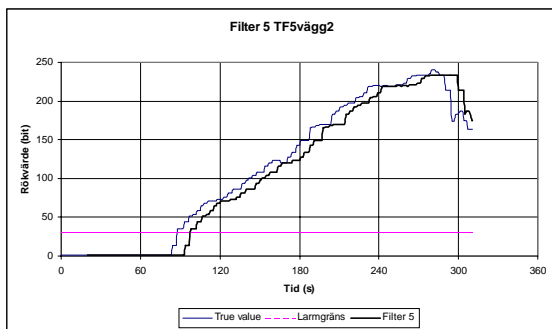
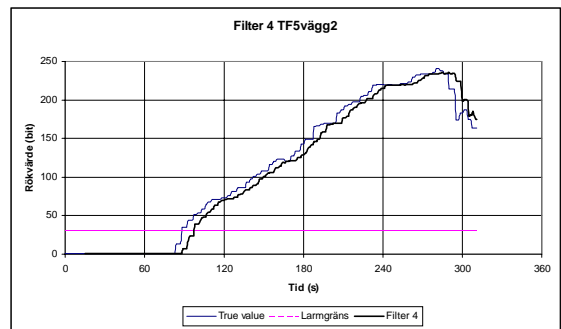
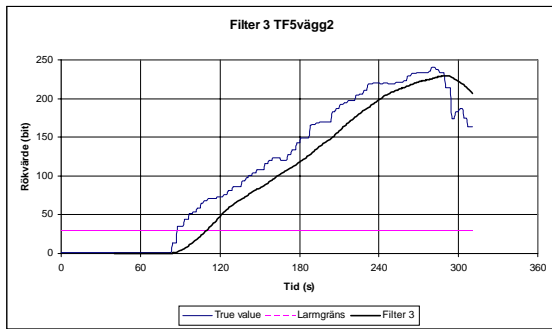
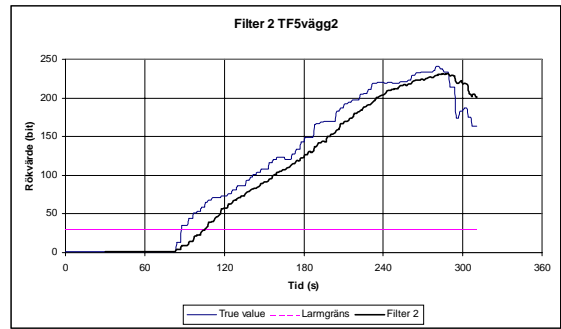
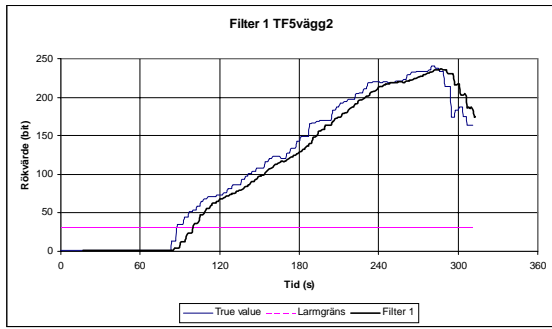
### Appendix A10 Analys av TF5mitt



### Appendix A11 Analys av TF5vägg



### Appendix A12 Analys av TF5vägg2

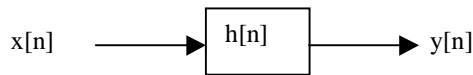




# **Appendix B – Frekvensvarsberäkningar för filter 1, 2 och 3**

### Appendix B1 Inledande beräkningsförutsättningar

I ett tidsdiskret LTI-system, det vill säga ett tidsinvariant och linjärt system, finns insignalen  $x[n]$ , utsignalen  $y[n]$  och impulssvaret  $h[n]$ , se figur B.1. Systemanalys kan antingen utföras i tidsplanet eller i något transformatorplan. I transformatorplanet är det vanligt med enkelsidig  $z$ -transform och fouriertransform. Beräkningsgången har hämtats från boken *Tidsdiskreta signaler & system* av Sune Söderkvist och Lars-Erik Ahnell [18].



Figur B.1 Insignal, utsignal och däremellan impulssvaret.

$$\text{I tidsplanet används följande ekvation, } y(n) = h(n) \cdot x(n) \quad (\text{ekv. B.1})$$

$$\text{och i transformplanet motsvaras detta av } Y[\Omega] = H[\Omega] \cdot X[\Omega] \quad (\text{ekv. B.2})$$

$$\text{eller som } Y[z] = H[z] \cdot X[z] \quad (\text{ekv. B.3})$$

$$\text{där förhållandet mellan } z \text{ och } \Omega \text{ beskrivs som } z = e^{i\Omega} \quad (\text{ekv. B.4})$$

Följande ekvation beskriver fouriertransformen till impulssvaret, det vill säga

$$H[\Omega] = |H[\Omega]| \cdot e^{i \arg H[\Omega]} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h[n] \cdot e^{-i\Omega n} \quad (\text{ekv. B.5})$$

där  $H[\Omega]$  kallas systemets frekvenssvar eller överföringsfunktion.  $\Omega$  är en vinkel i radianer mellan 0 och  $\pi$  och  $i$  (ekv. B.5) kallas  $|H[\Omega]|$  för systemets amplitudkaraktäristik (beloppskurva) och  $\arg H[\Omega]$  för systemets faskaraktäristik (faskurva).

Följande förhållande kommer att användas vid beräkningarna nedan

$$|H[\Omega]|^2 = H[z] \cdot H[z^{-1}] \quad (\text{ekv. B.6})$$

### Appendix B2 Beräkningar på filter 1 och 2.

$$\text{Filter 1:s utseende är } y[n] = \frac{1}{4} \cdot (x[n-15] + x[n-10] + x[n-5] + x[n]).$$

$$\text{Då kommer (ekv. B.3) ge att } Y[z] = \frac{1}{4} \cdot (z^{-15} + z^{-10} + z^{-5} + 1) \cdot X[z], \text{ det vill säga } H[z] \text{ blir en}$$

$$\text{funktion av } z \text{ och utseendet blir } H[z] = \frac{1}{4} \cdot (z^{-15} + z^{-10} + z^{-5} + 1).$$

Vidare används (ekv. B.6) och det ger för filter 1 att

$$|H[\Omega]|^2 = \frac{1}{16} \cdot (z^{-15} + z^{-10} + z^{-5} + 1) \cdot (z^{15} + z^{10} + z^5 + 1).$$

$$\text{Detta uttryck kan förenklas till } |H[\Omega]|^2 = \frac{1}{16} \cdot (4 + 3 \cdot (z^{-5} + z^5) + 2 \cdot (z^{-10} + z^{10}) + (z^{-15} + z^{15})).$$

Med (ekv. B.4), som även kan skrivas som  $z = \cos(\Omega) + i \cdot \sin(\Omega)$  fås följande uttryck för frekvenssvaret  $|H[\Omega]^2 = \frac{1}{8} \cdot (2 + 3 \cdot \cos(5 \cdot \Omega) + 2 \cdot \cos(10 \cdot \Omega) + \cos(15 \cdot \Omega))$ .

Om kvadratroten tas på denna ekvation får följande uttryck på absolutbeloppet på frekvenssvaret, det vill säga  $|H[\Omega] = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (2 + 3 \cdot \cos(5 \cdot \Omega) + 2 \cdot \cos(10 \cdot \Omega) + \cos(15 \cdot \Omega))}$ .

Denna ekvation är uppritad i diagram B.1 nedan, där  $\Omega$  varierar mellan 0 och  $\pi$ .

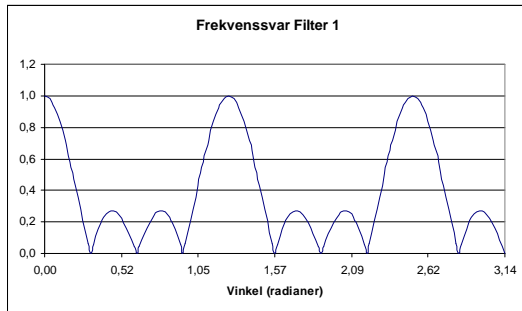


Diagram B.1 Frekvenssvar för filter 1. Filtret har åtta stycken nollställen. Filtret släpper igenom signaler vid vissa frekvenser, se de punkter där frekvenssvaret är lika med 1.

På samma sätt beräknas frekvenssvaret för filter 2. Filtrets utseende är

$$y[n] = \frac{1}{4} \cdot (x[n - 30] + x[n - 20] + x[n - 10] + x[n]).$$

Med samma beräkningsgång som för filter 1 fås följande ekvation,

$$|H[\Omega]^2 = \frac{1}{8} \cdot (2 + 3 \cdot \cos(10 \cdot \Omega) + 2 \cdot \cos(20 \cdot \Omega) + \cos(30 \cdot \Omega))$$

som i sin tur förenklas till ekvationen för frekvensvarets absolutbelopp, det vill säga

$$|H[\Omega] = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot (2 + 3 \cdot \cos(10 \cdot \Omega) + 2 \cdot \cos(20 \cdot \Omega) + \cos(30 \cdot \Omega))}.$$

Denna ekvation är uppritad i diagram B.2 nedan, där  $\Omega$  varierar mellan 0 och  $\pi$ .

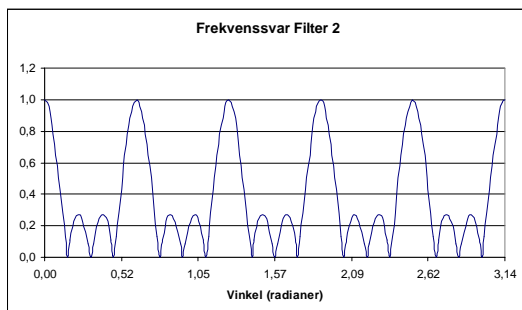


Diagram B.2 Frekvenssvar för filter 2. Filtret har femton stycken nollställen. Filtret släpper igenom signaler vid vissa frekvenser, se de punkter där frekvenssvaret är lika med 1.

### Appendix B3 Beräkningar på filter 3.

Filter 3:s beräkningar kräver en något noggrannare genomgång. Filtrets utseende är

$$y[n] = y[n-1] + \frac{1}{40} \cdot (x[n] - x[n-40]).$$

Då kommer (ekv. B.3) ge att  $Y[z] = \frac{1}{40} \cdot \frac{(1 - z^{-40})}{(1 - z^{-1})} \cdot X[z]$ , det vill säga  $H[z]$  blir en funktion av  $z$  och

dess utseende blir  $H[z] = \frac{1}{40} \cdot \frac{(1 - z^{-40})}{(1 - z^{-1})}$ .

Vidare ger (ekv. B.6) för filter 3 att  $|H[\Omega]^2 = \frac{1}{1600} \cdot \frac{(1 - z^{-40}) \cdot (1 - z^{40})}{(1 - z^{-1}) \cdot (1 - z)}$  och detta uttryck kan

förenklas till  $|H[\Omega]^2 = \frac{1}{1600} \cdot \frac{(2 - z^{40} - z^{-40})}{(2 - z - z^{-1})}$ .

Med (ekv. B.4), som även kan skrivas som  $z = \cos(\Omega) + i \cdot \sin(\Omega)$  fås följande uttryck för

frekvenssvaret  $|H[\Omega]^2 = \frac{1}{1600} \cdot \frac{(1 - \cos(40 \cdot \Omega))}{(1 - \cos(\Omega))}$ .

Om kvadratroten tas på denna ekvation får följande uttryck på absolutbeloppet på frekvenssvaret

$$|H[\Omega]| = \frac{1}{40} \cdot \sqrt{\frac{(1 - \cos(40 \cdot \Omega))}{(1 - \cos(\Omega))}}$$

Denna ekvation är uppritad i diagram B.3 nedan, där  $\Omega$  varierar mellan 0 och  $\pi$ .

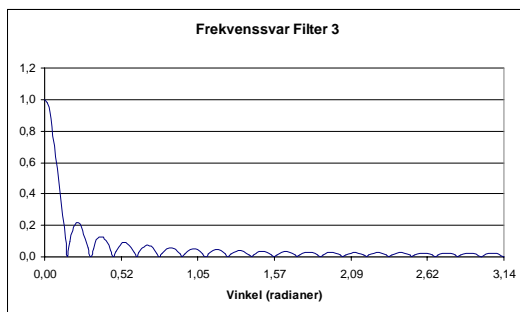
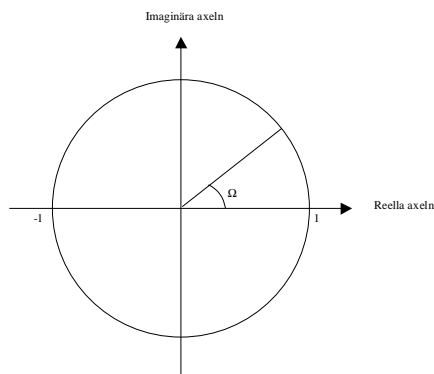


Diagram B.3 Frekvenssvar för filter 3. Filtret har tjugo stycken nollställen. Filtret släpper igenom låga frekvenser.

### Appendix B4 Tolkning av beräkningar

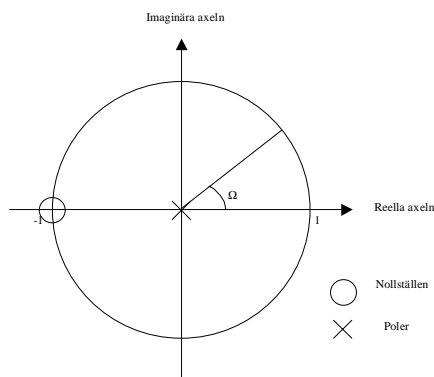
Först ritas det plan upp som används vid beräkningarna. Detta plan visas i figur B.2 nedan och är det komplexa talplanet.



Figur B.2 Det komplexa talplanet med vinkeln  $\Omega$  inritad. Observera att cirkeln har en radie på en längdenhet.

Nu skall två begrepp definieras och dessa är nollställen och poler. Nollställen är de ställen på cirkeln i figur 1 där *täljaren* blir noll. Poler är de ställen i det komplexa talplanet där *nämnamnaren* blir noll.

För filter 1, 2 och 3 kommer det att bli väldigt många sådana ställen. För att kunna förklara detta kommer ett enklare exempel att studeras. Säg att  $H[z] = 1 + z^{-1}$ . Denna ekvation är densamma som  $H[z] = \frac{z+1}{z}$ . Nollställena respektive polerna blir  $z = -1$  respektive  $z = 0$ . Dessa värden ritas in i ett komplext talplan och visas i figur B.3 nedan.



Figur B.3 Poler och nollställen för det enkla exemplet  $H[z] = \frac{z+1}{z}$ .

Hur kan då denna figur kopplas till de diagram som kan ritas upp för filter 1, 2 och 3 (det vill säga diagram B.1, B.2 och B.3). Låt oss föreställa oss att vi står på den reella axeln där värdet är 1, ( $\Omega = 0^\circ$ ). Sedan inleds en resa längs denna kurva. Avståndet till polen kommer hela tiden att vara densamma, då polen ligger i nollan, men hela tiden närmar vi oss nollstället. I nollstället kommer frekvenssvaret  $H[\Omega]$  att vara noll. Frekvenssvaret för detta exempel redovisas i diagram B.4 nedan. Det maximala värdet fås då vi befinner oss längst från nollstället och sjunker sedan då vi närmar oss densamma.

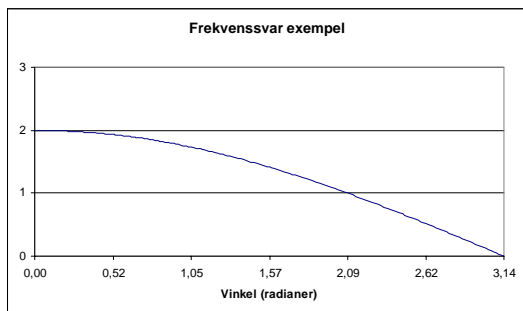


Diagram B.4 Frekvensvar för exemplet. Observera att det blir noll då  $\Omega = \pi$ , precis som i figur B.3.

### Appendix B5 Slutsatser från frekvensvarsanalysen

Först skall en koppling göras med de tre filtrens frekvenssvar och med det enkla exemplet ovan. Det enkla exemplet hade ett nollställe. I diagram 1, 2 och 3 ses nollställena där kurvan nuddar x-axeln. Nedan ges några kommentarer och slutsatser till diagram 1, 2 och 3.

**Filter 1 och 2:** Först och främst är diagrammen likartade för filter 1 och 2. Filter 1 har åtta stycken nollställen och filter 2 har femton stycken nollställen. Denna form på frekvenssvaret brukar kallas *kamfilter*. Den slutsats som kan dras för dessa två filter är filtret släpper igenom periodiska signaler. Då vissa av störkällorna producerar signaler som eventuellt kan vara periodiska inom ett visst intervall så blir dessa filter inte speciellt effektiva. Se diagram B.5 för ett exempel.

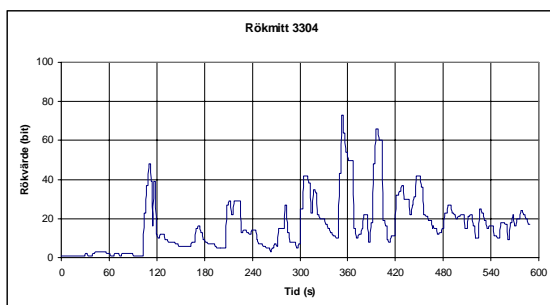
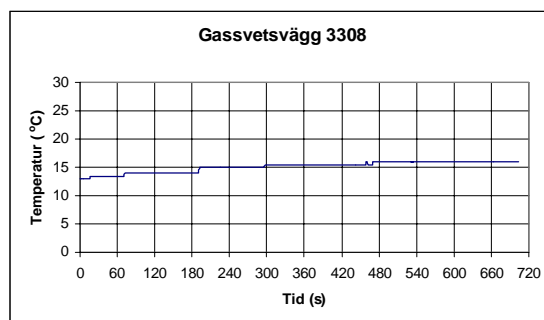
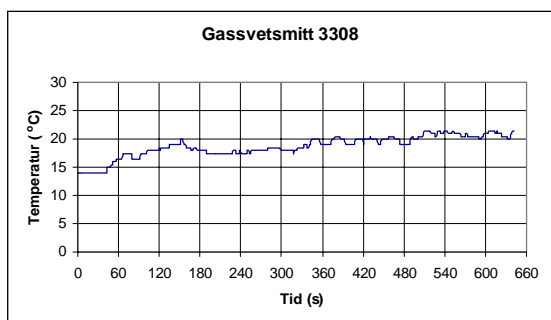
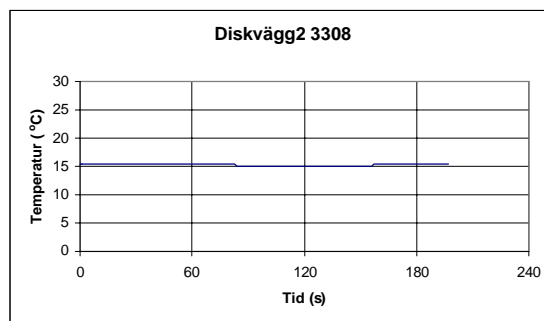
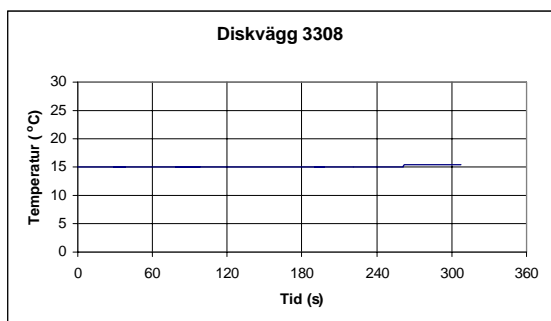
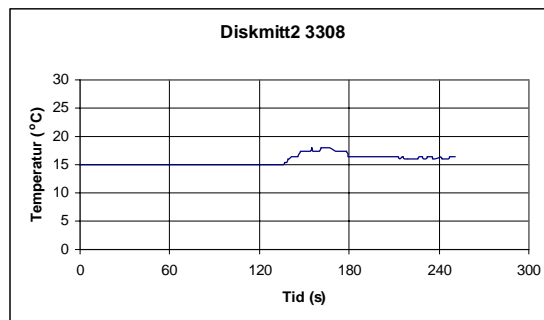
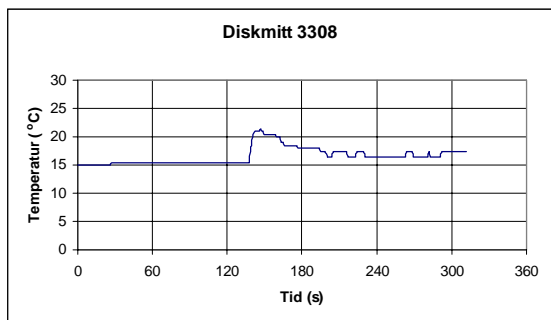
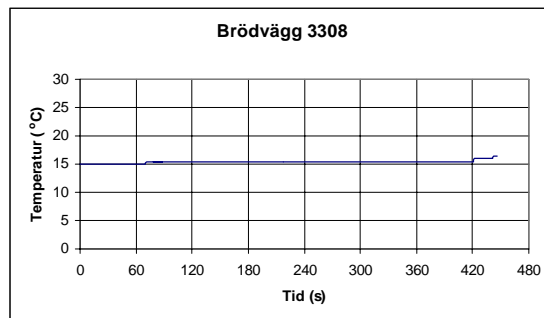
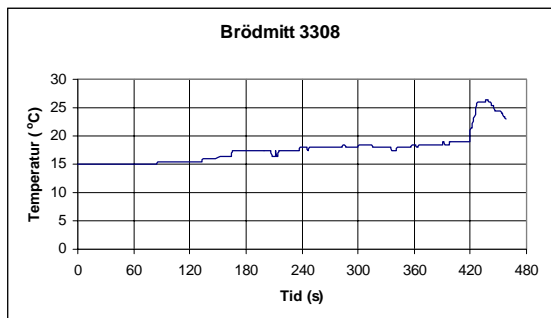


Diagram B.5 Exempel från försöket rökmitt där en viss tendens till periodiska signaler existerar.

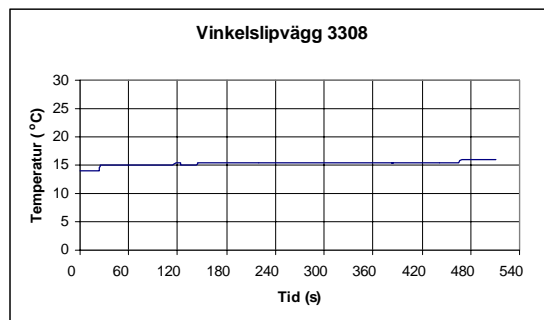
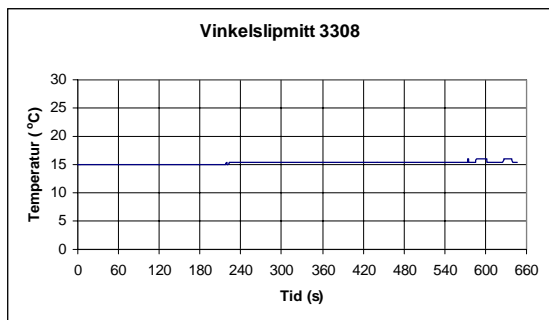
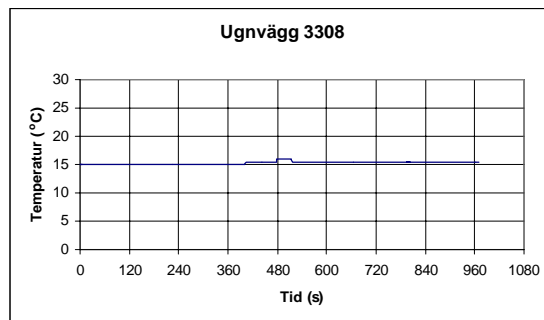
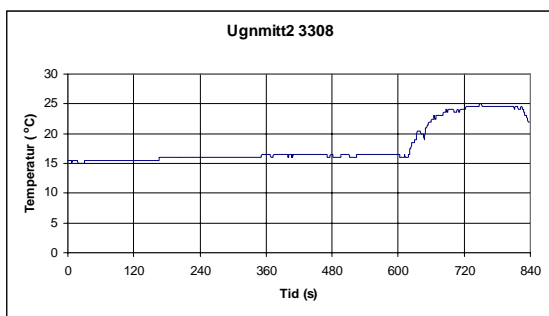
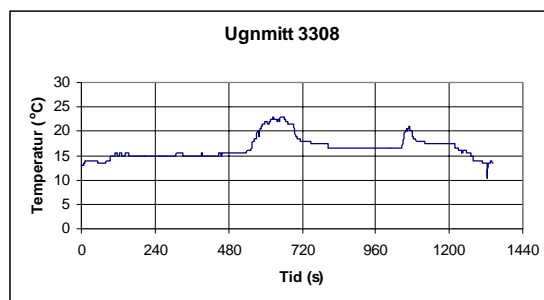
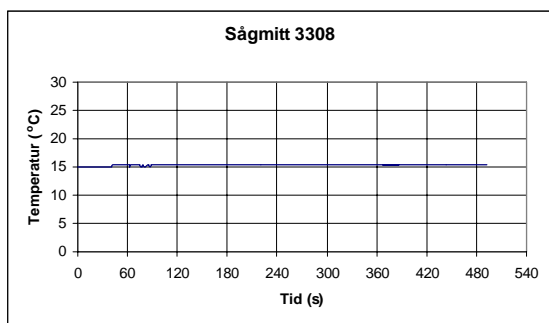
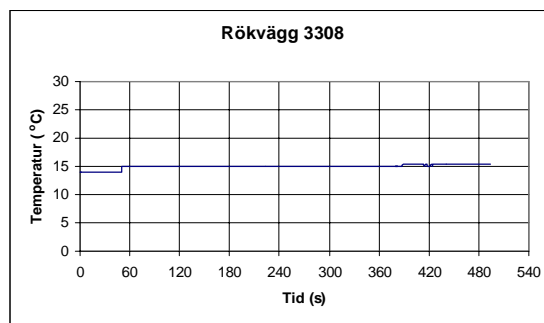
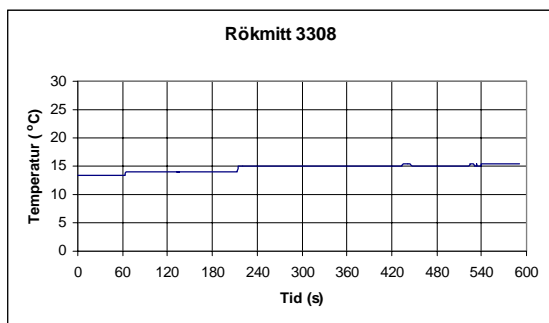
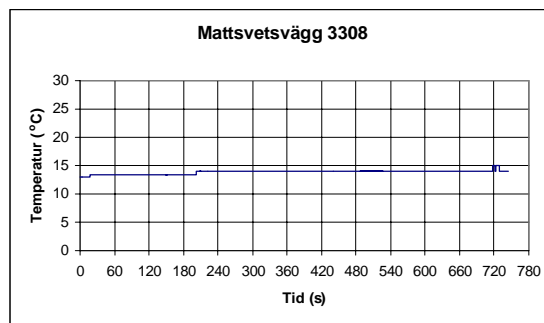
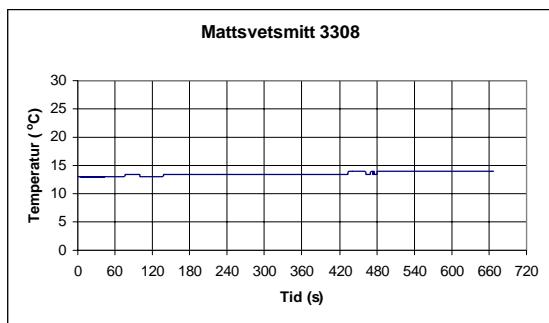
**Filter 3:** Detta filter är ett typiskt *lågpassfilter*. Lågpassfilter släpper igenom låga frekvenser (det kan ses då vid vinkeln noll är frekvenssvaret ett) och tar bort höga sådana. Det är en av anledningarna till att detta filter klarar av att filtrera bort en del av störkällorna.

# **Appendix C – Diagram för värmesensor 3308**

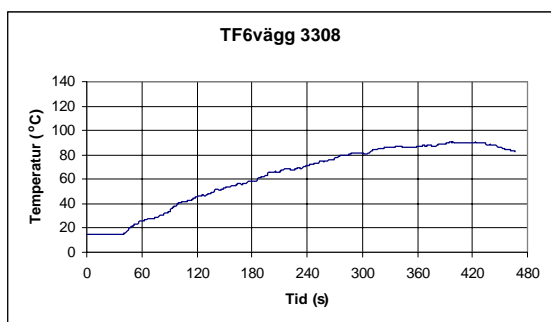
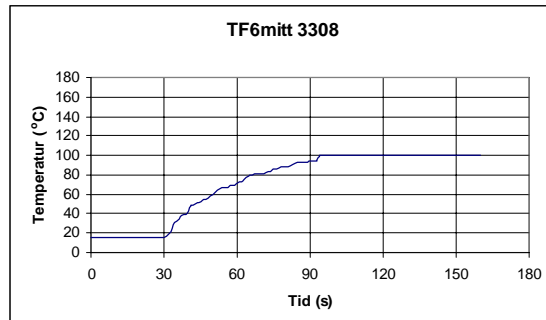
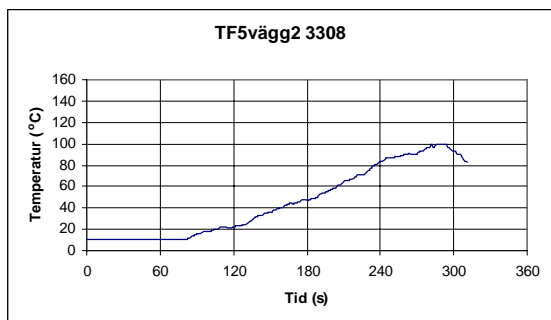
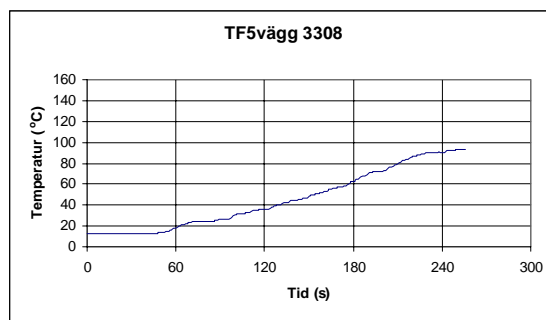
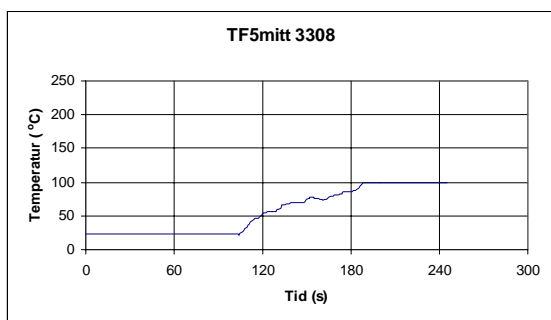
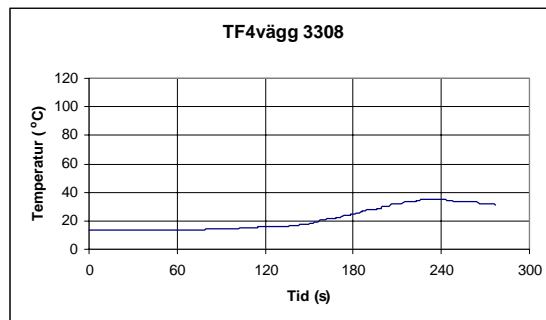
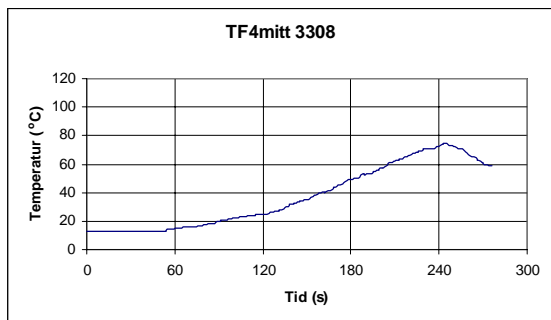
**Appendix C1 Alla storkällor**



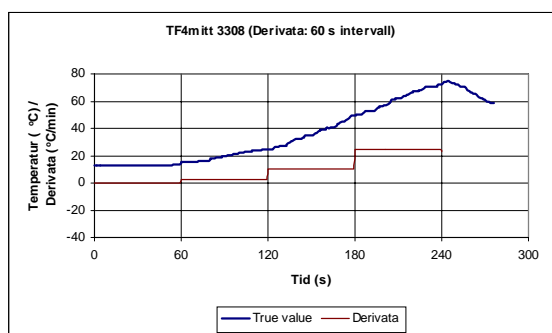
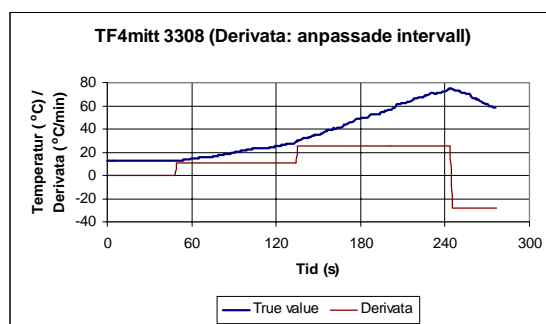
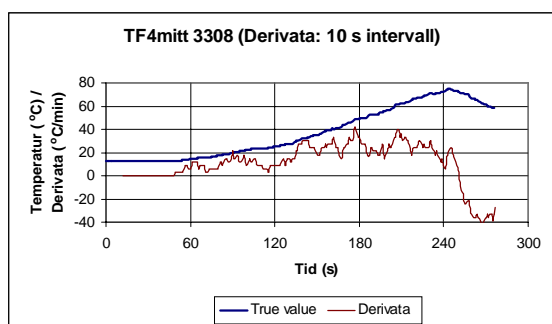
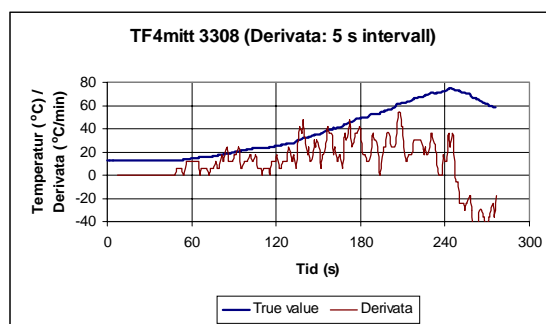
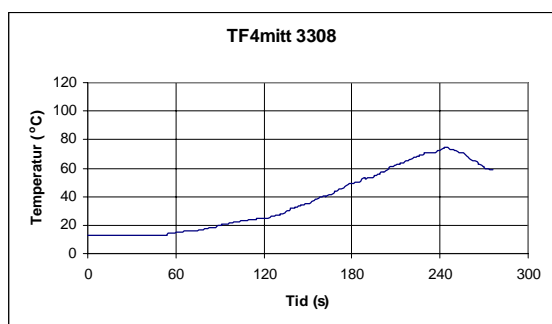




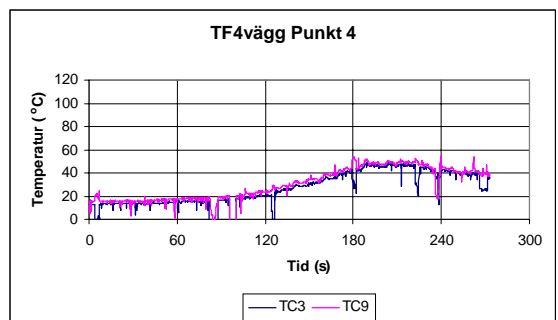
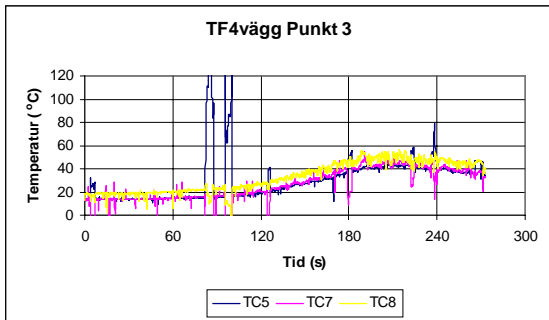
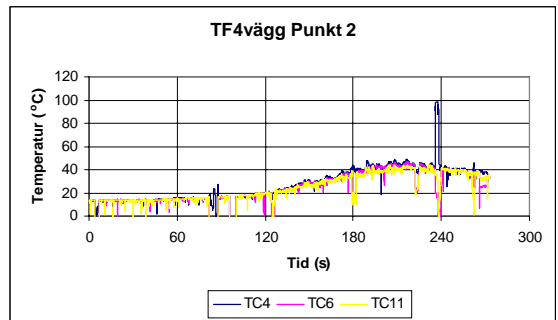
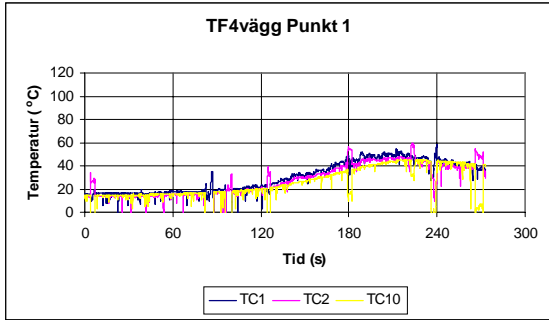
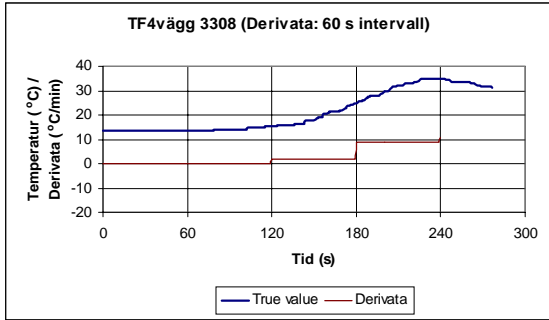
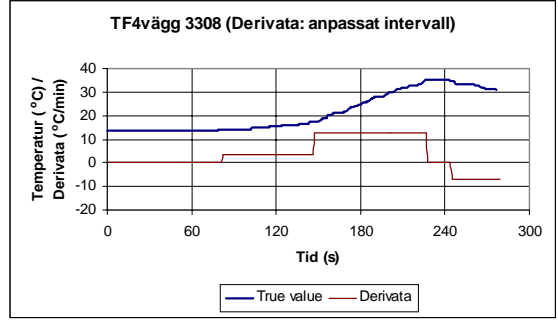
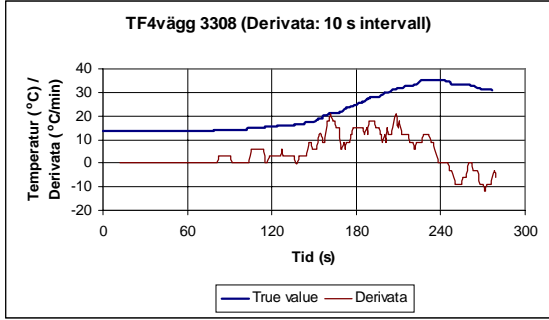
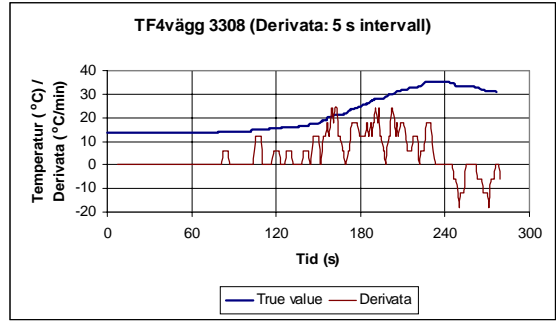
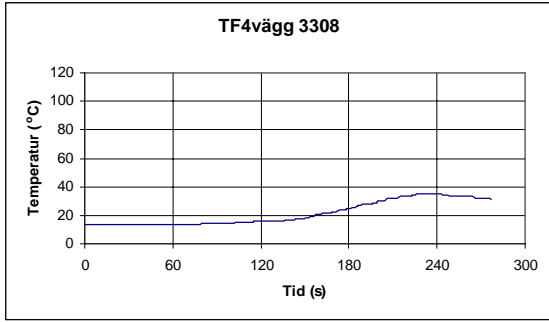
**Appendix C2 Alla brandkällor**



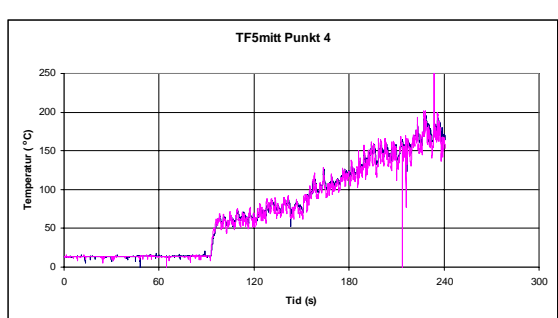
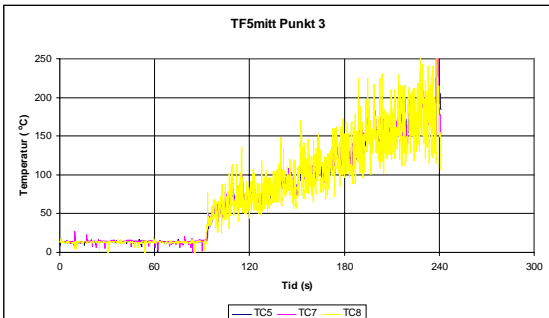
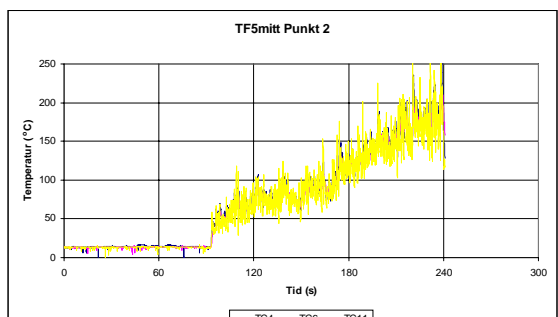
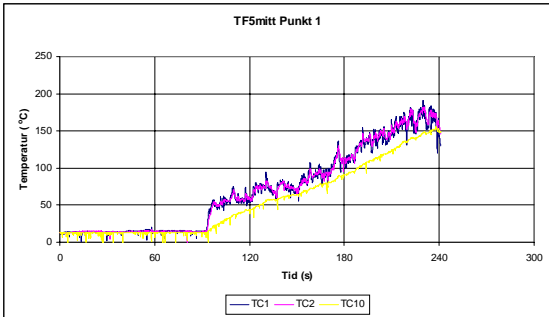
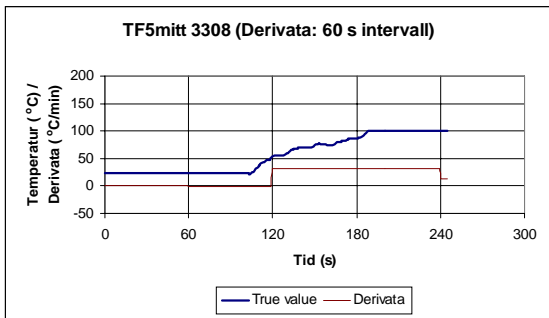
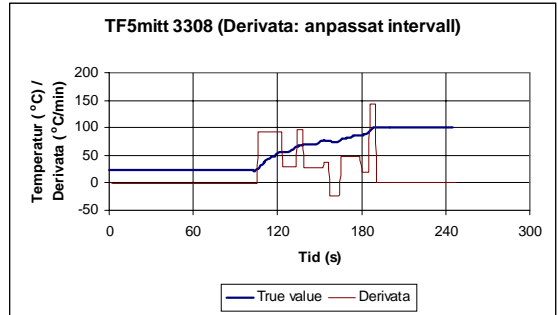
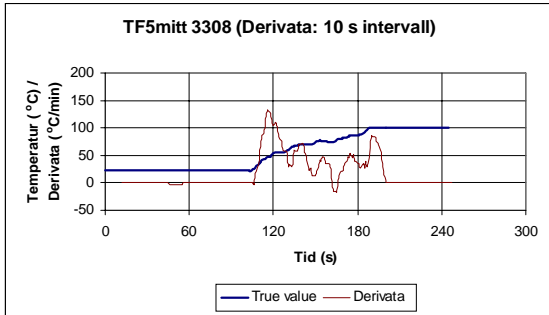
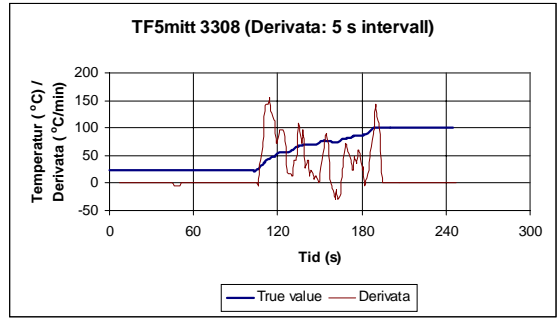
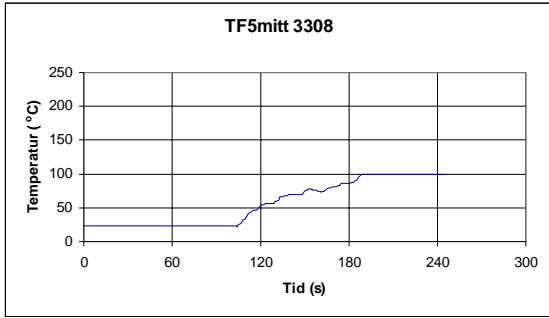
### Appendix C3 Analys av TF4mitt



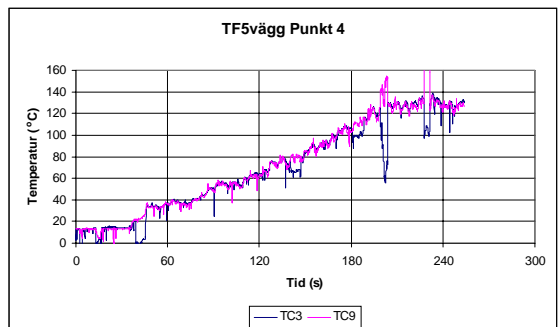
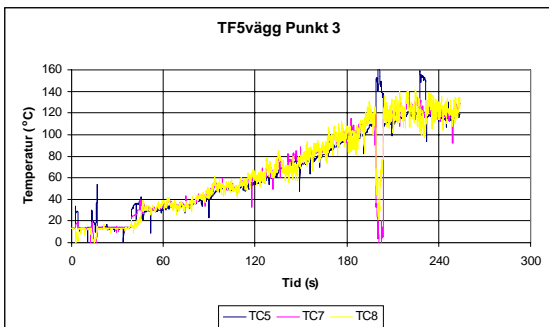
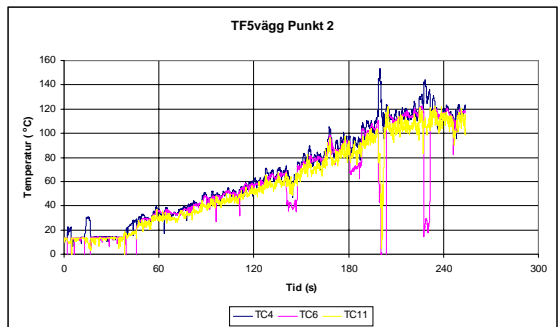
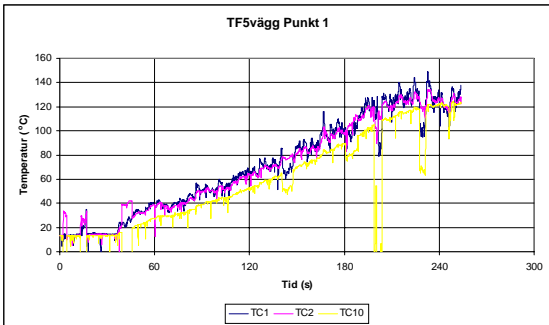
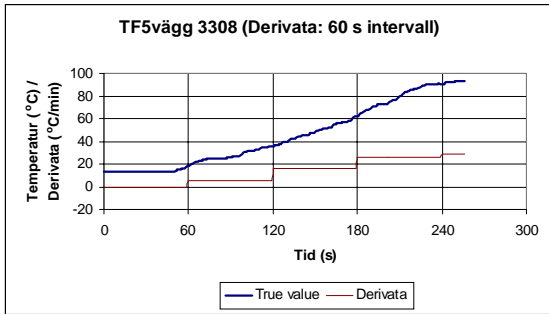
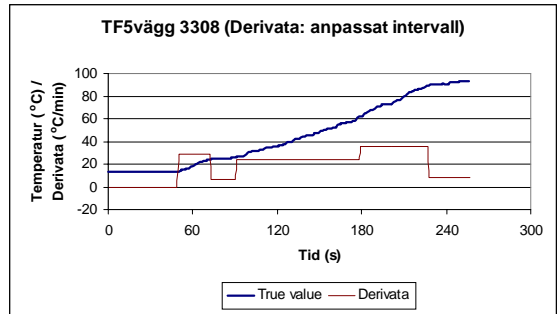
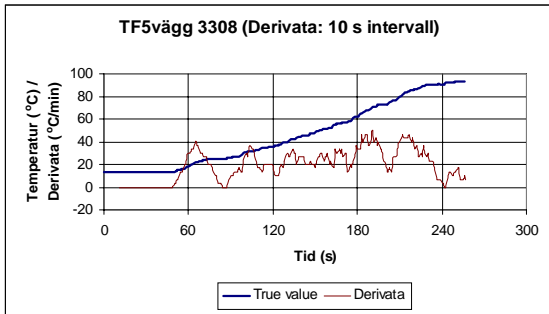
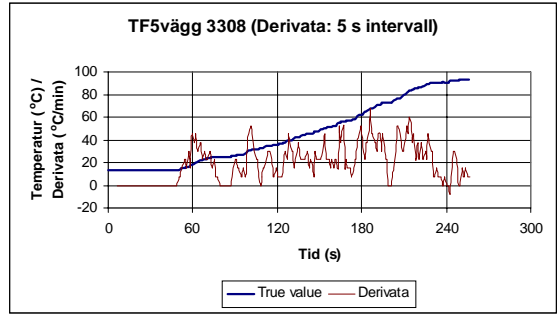
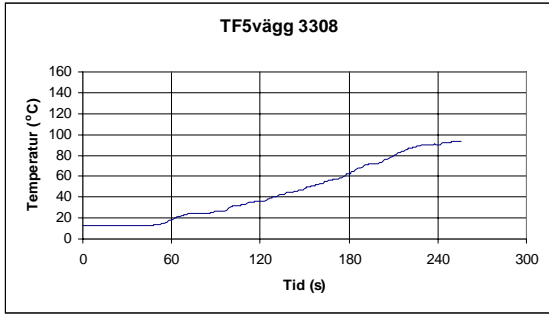
### Appendix C4 Analys av TF4vägg



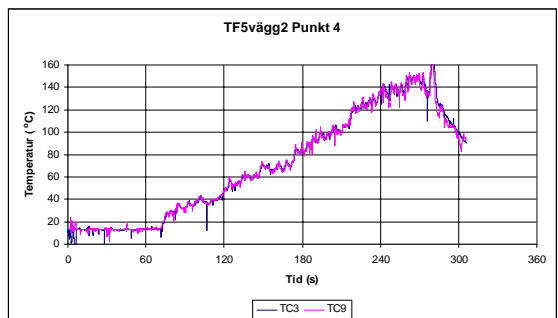
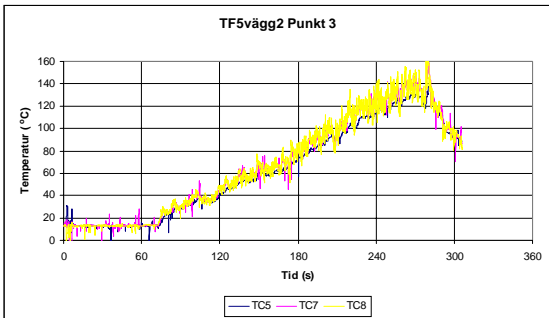
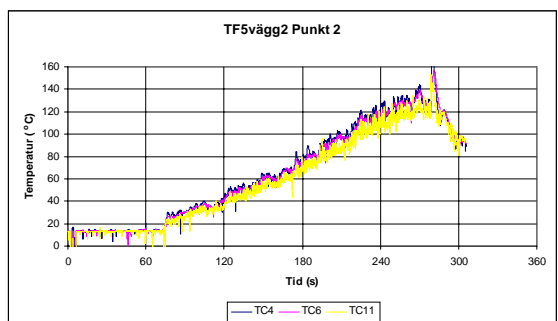
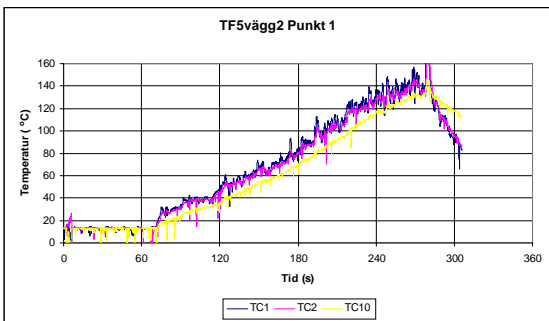
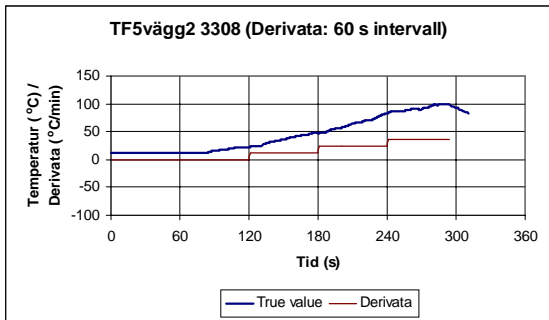
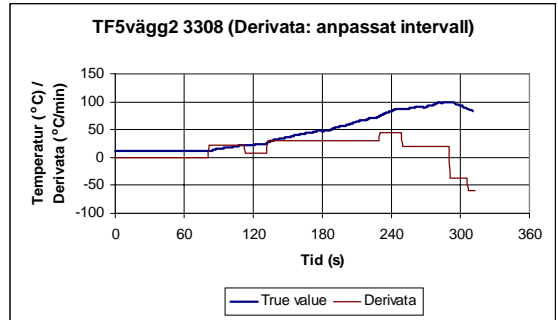
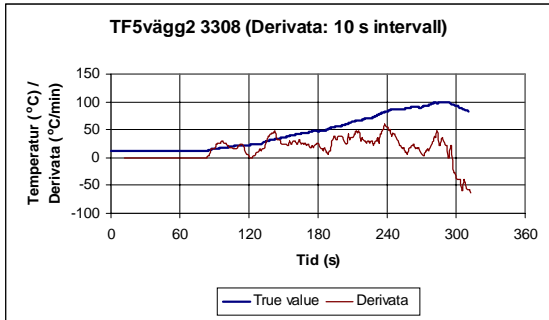
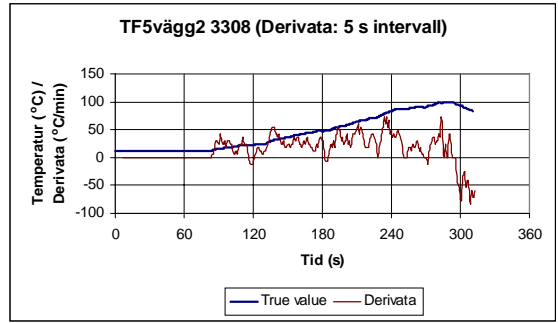
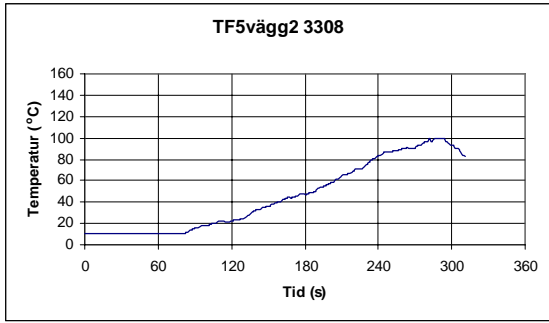
**Appendix C5 Analys av TF5mitt**



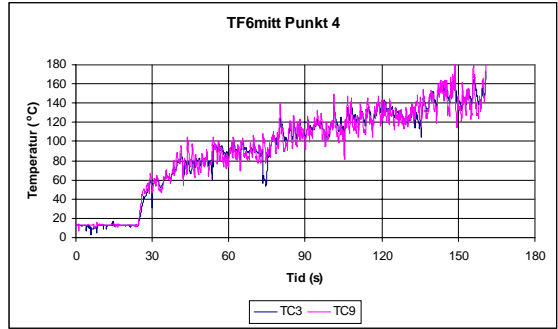
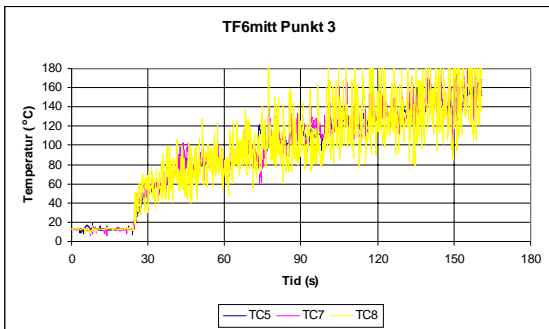
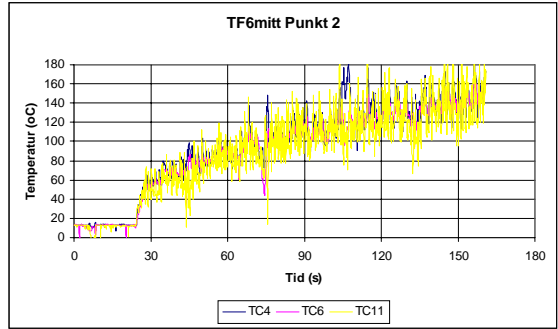
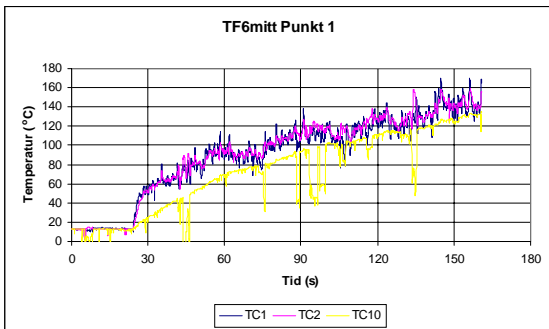
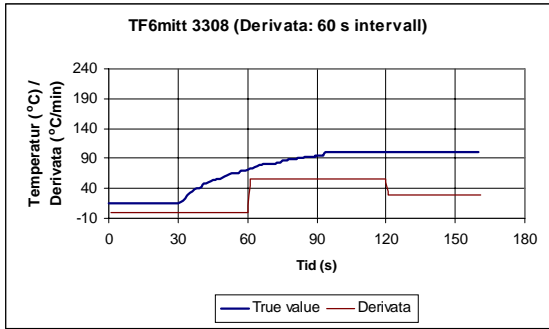
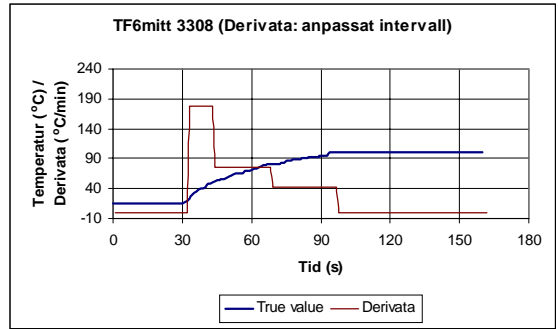
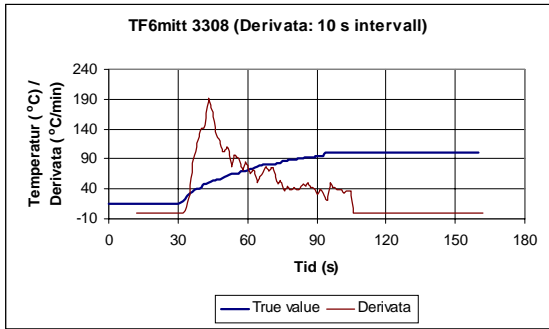
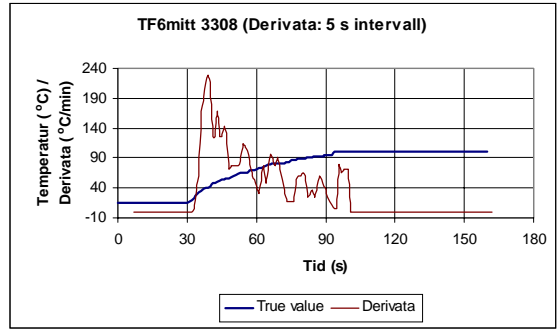
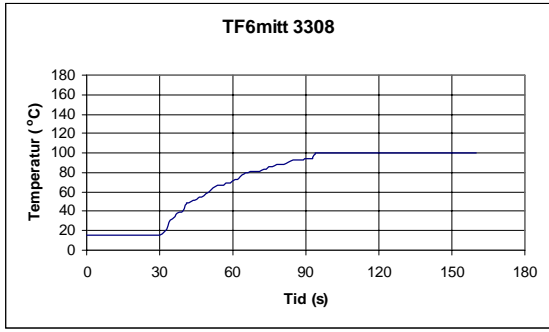
Appendix C6 Analys av TF5vägg



Appendix C7 Analys av TF5vägg2

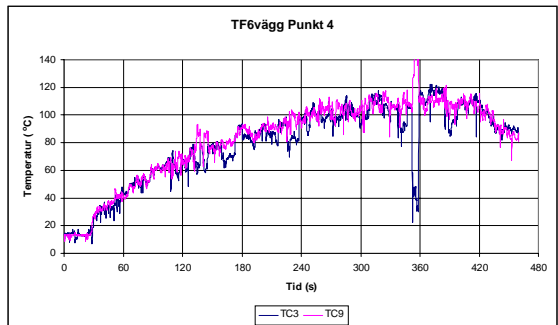
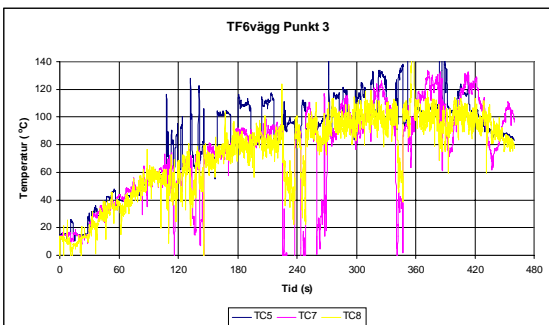
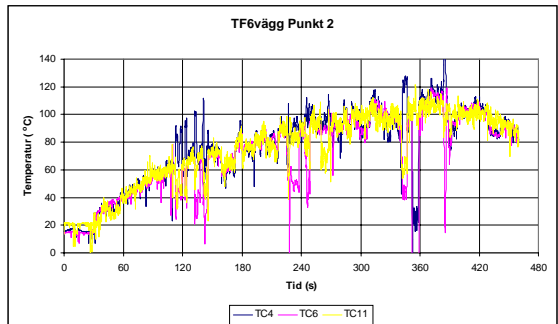
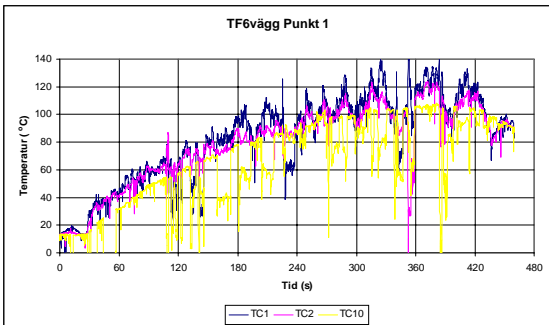
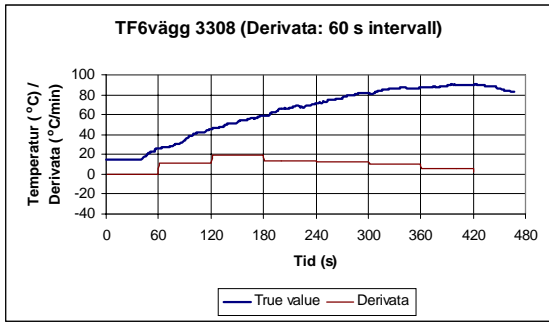
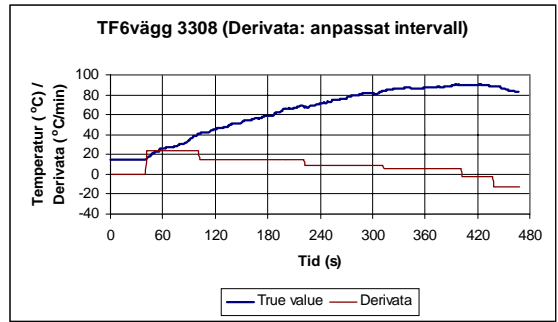
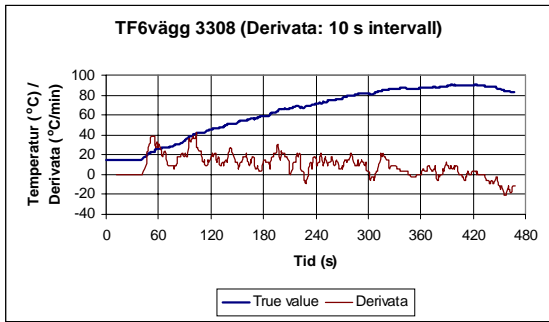
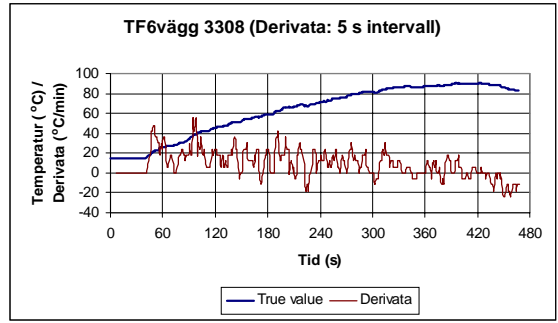
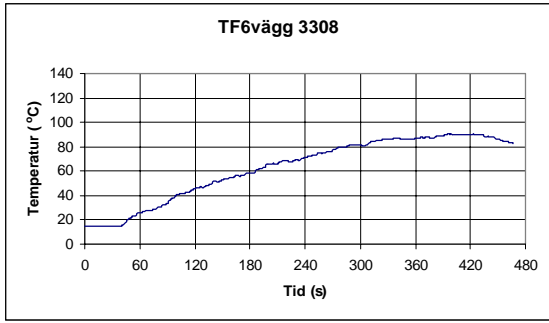


### Appendix C8 Analys av TF6mitt





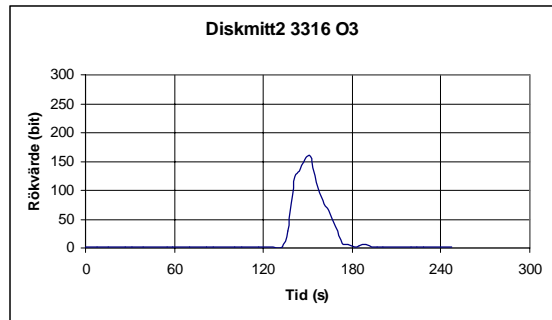
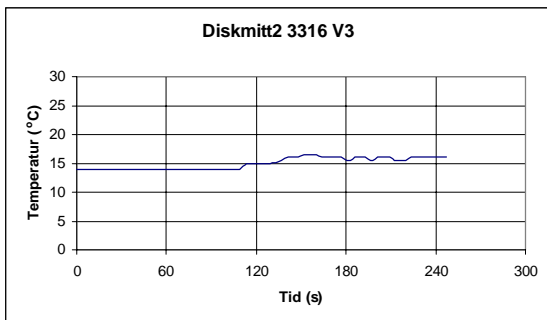
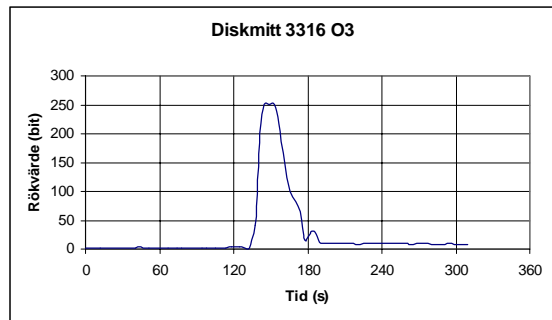
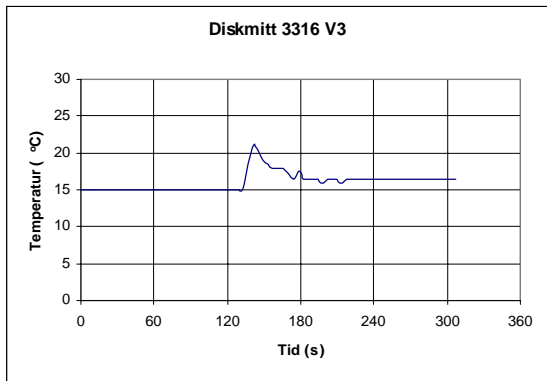
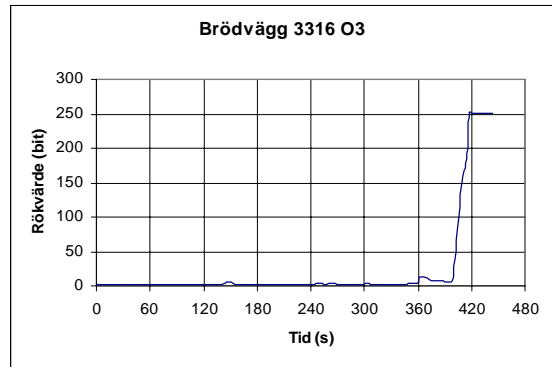
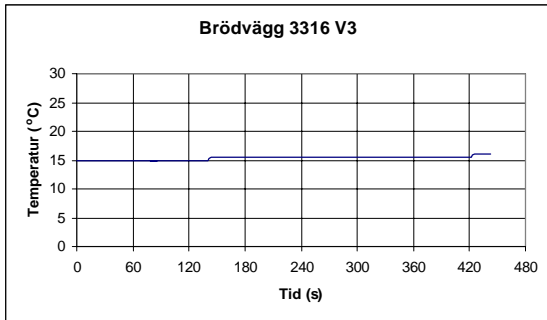
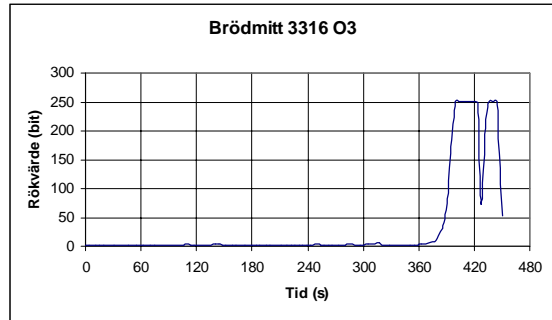
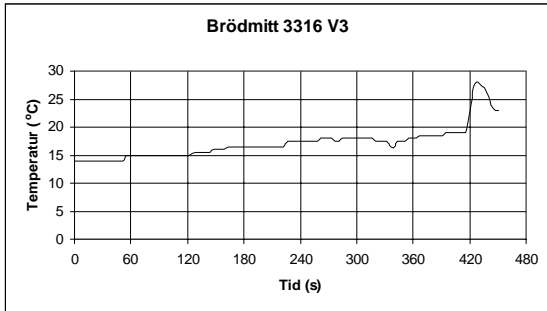
### Appendix C9 Analys av TF6vägg

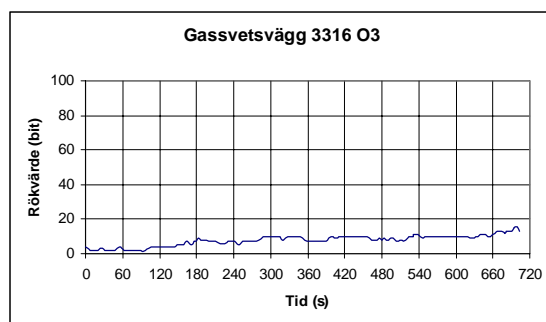
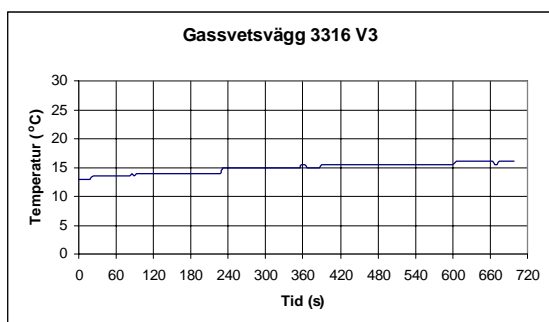
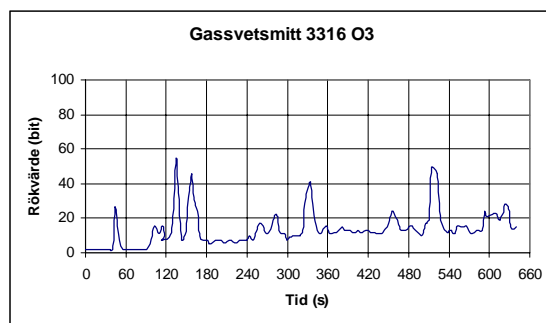
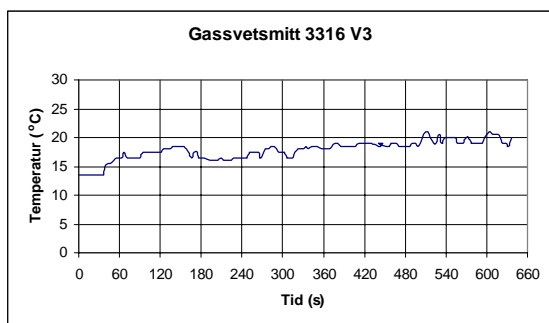
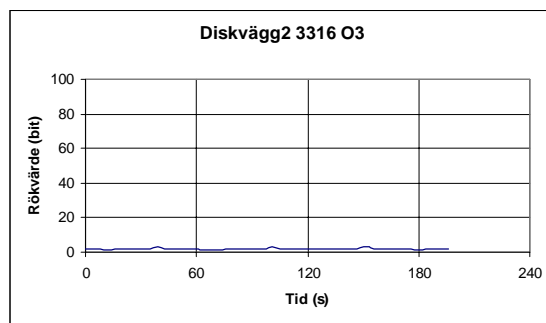
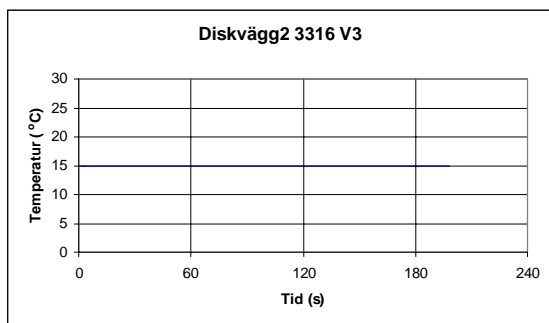
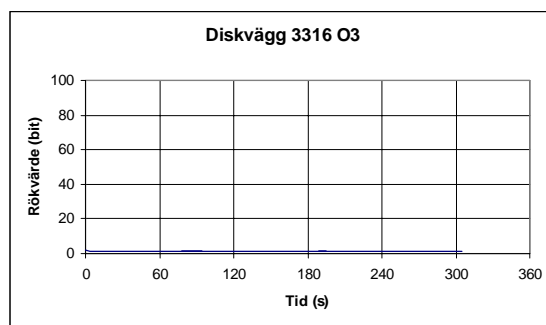
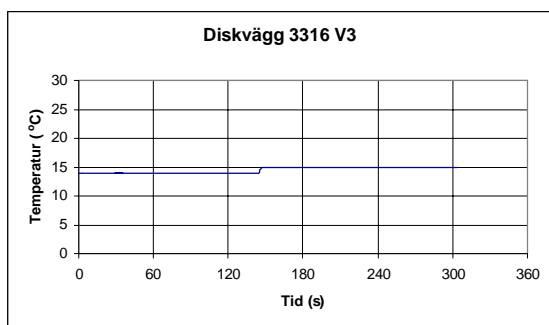


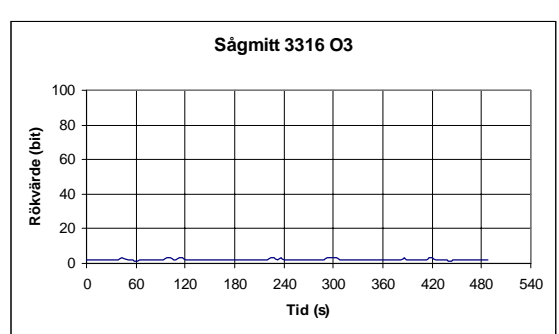
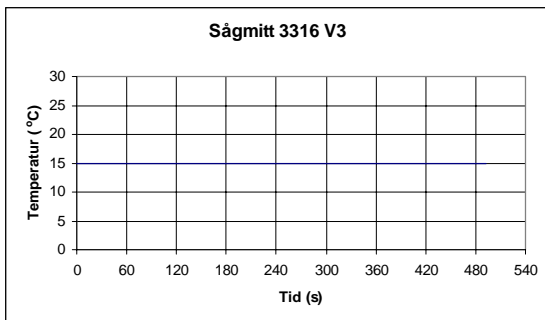
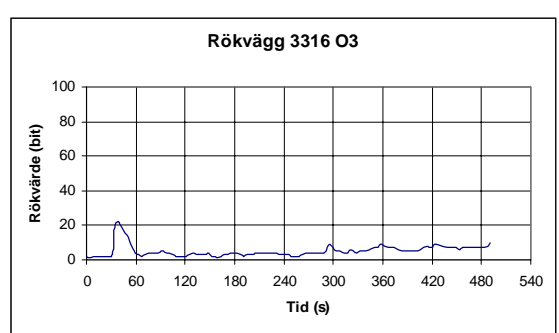
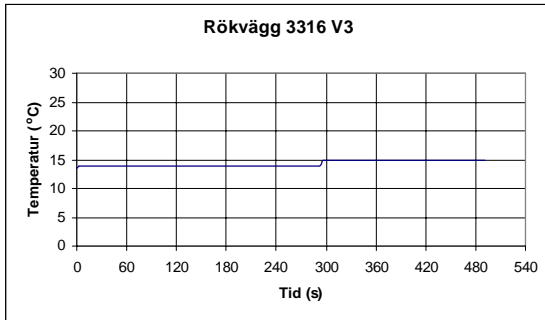
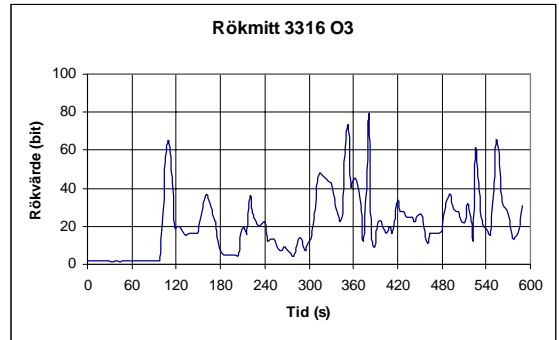
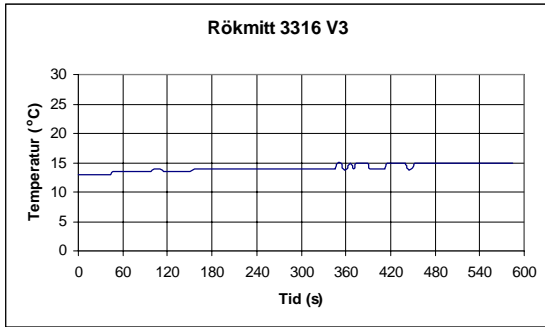
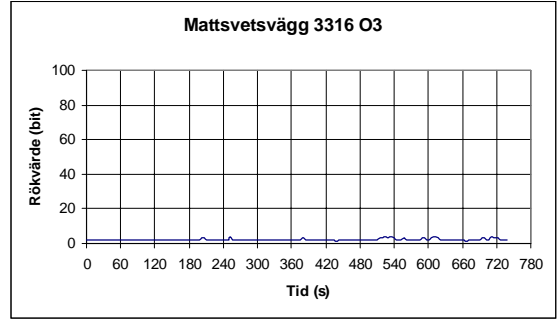
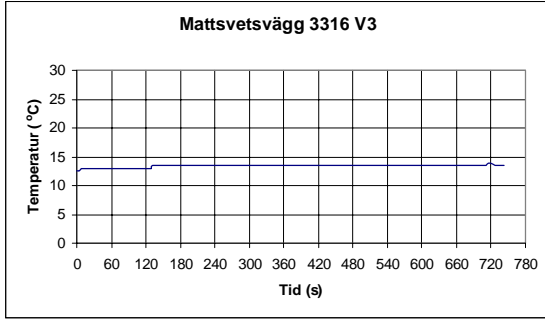
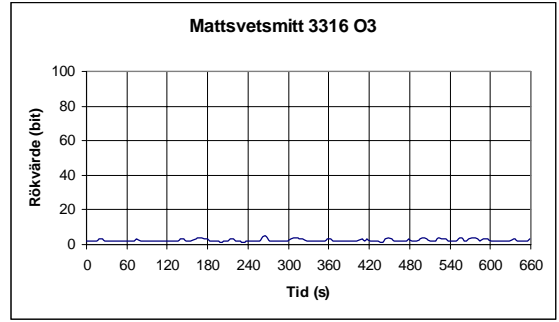
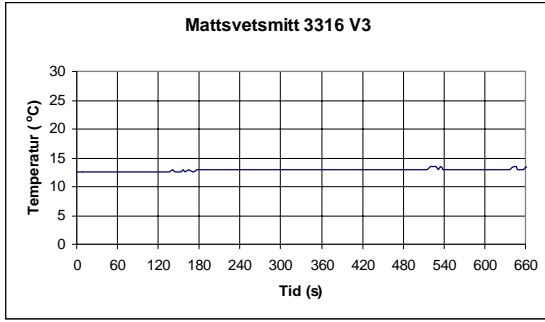


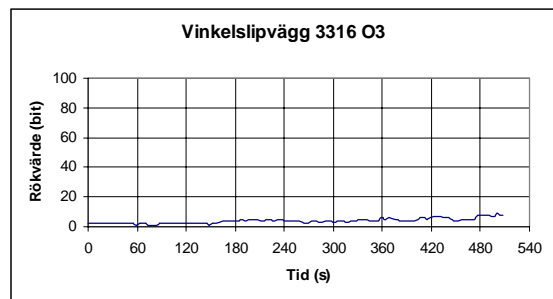
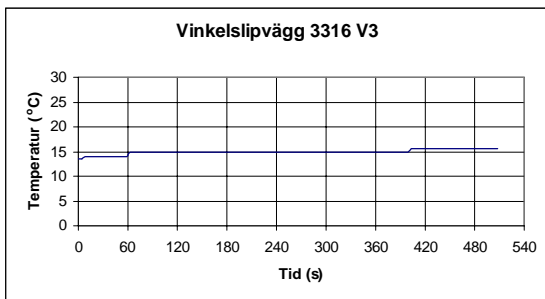
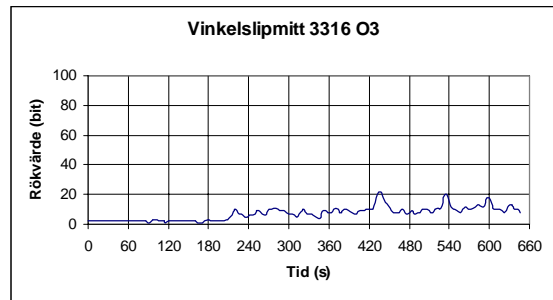
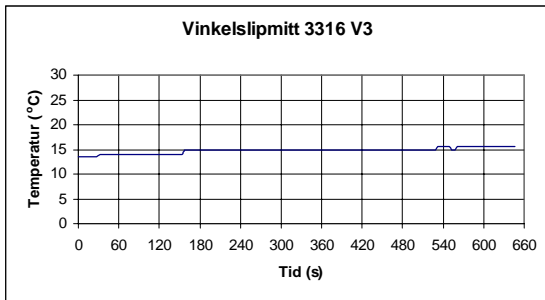
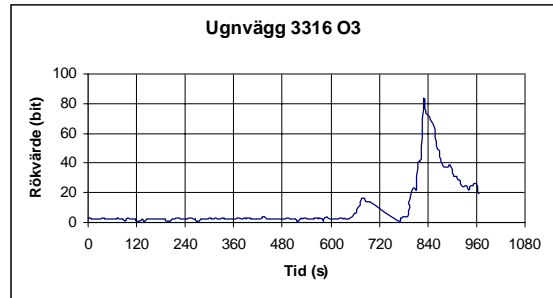
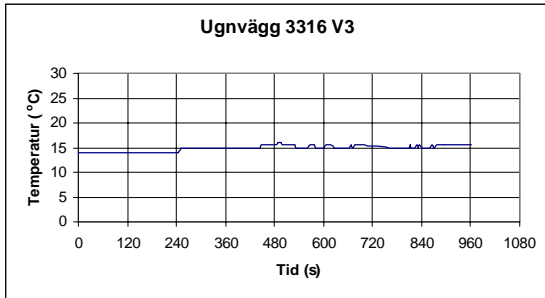
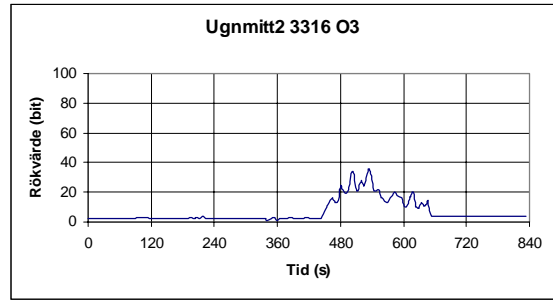
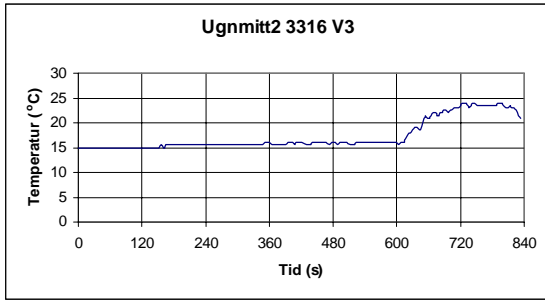
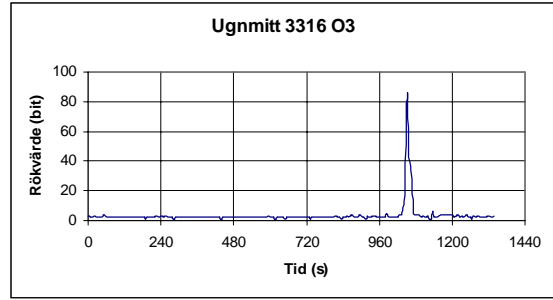
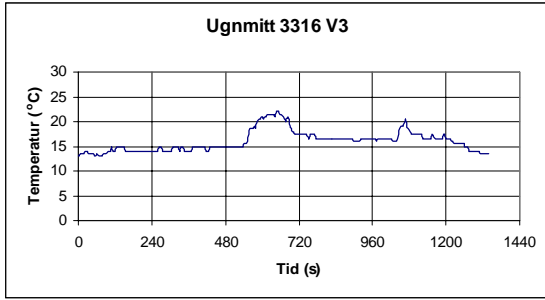
# **Appendix D – Diagram för multisensor 3316**

**Appendix D1 Alla störkällor för multisensor på plats 3.**

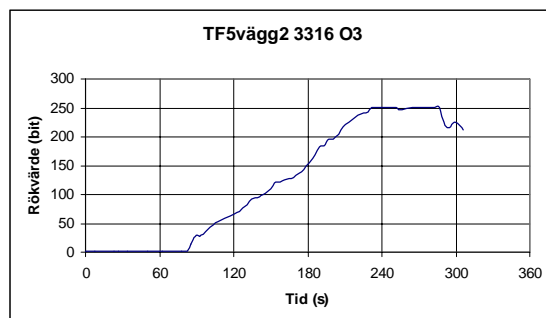
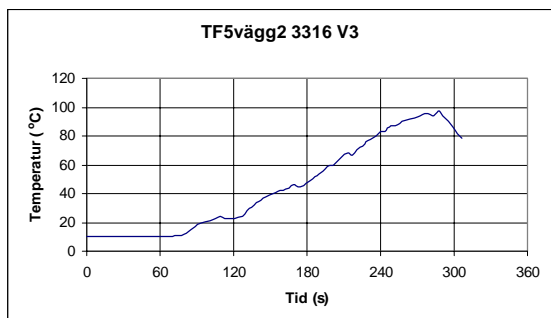
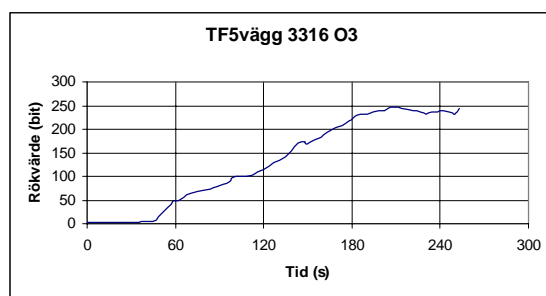
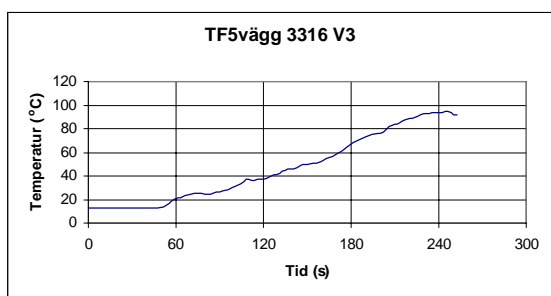
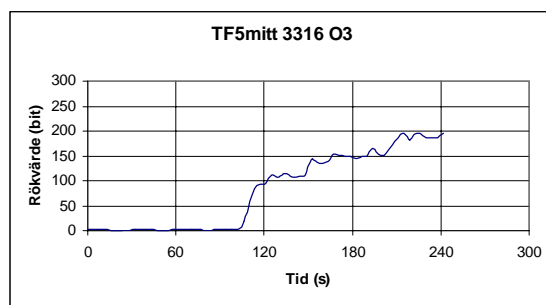
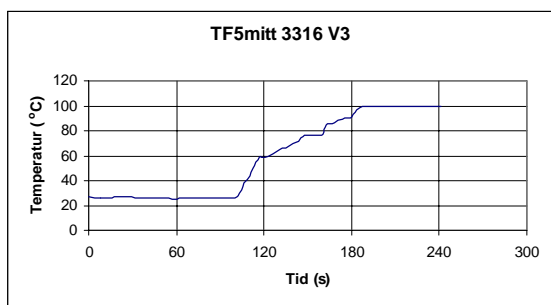
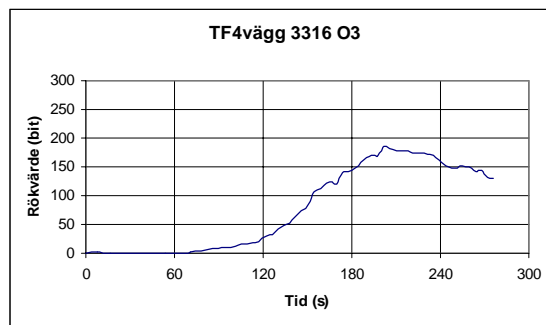
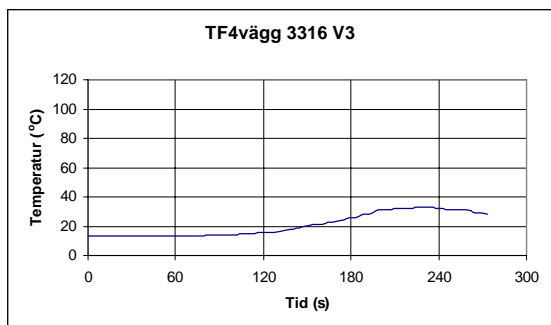
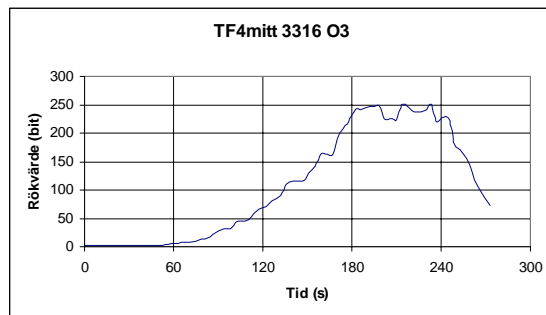
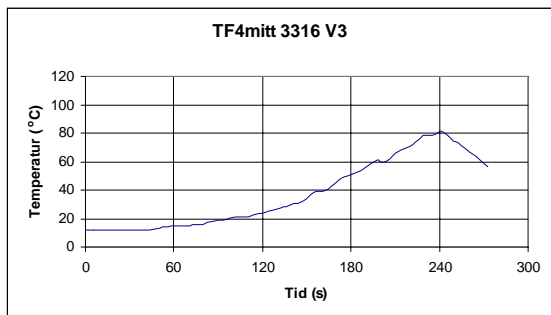




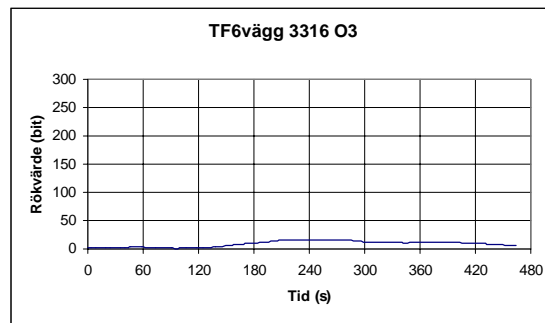
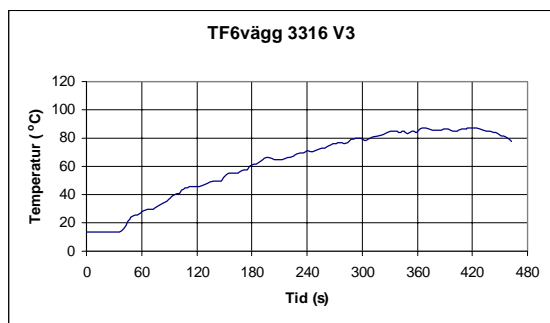
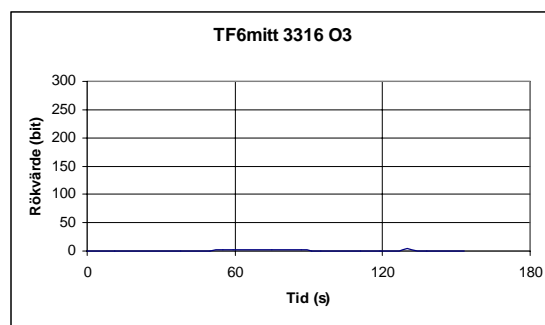
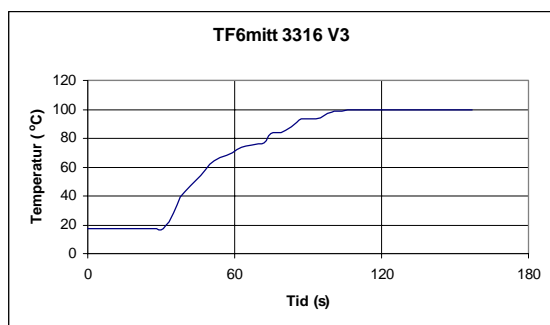




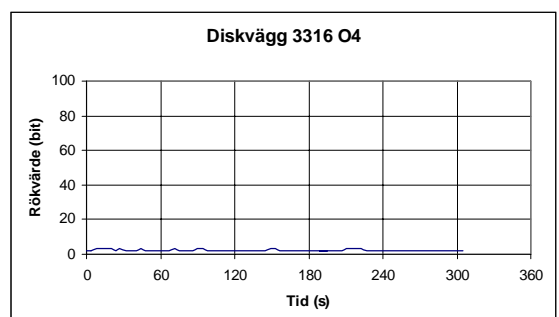
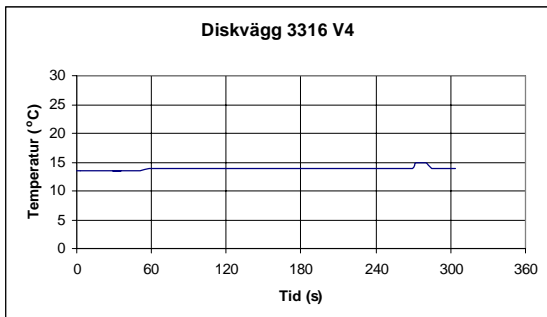
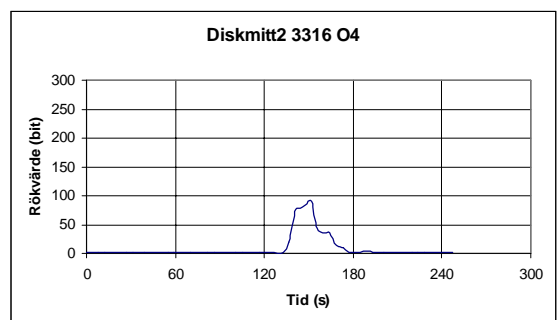
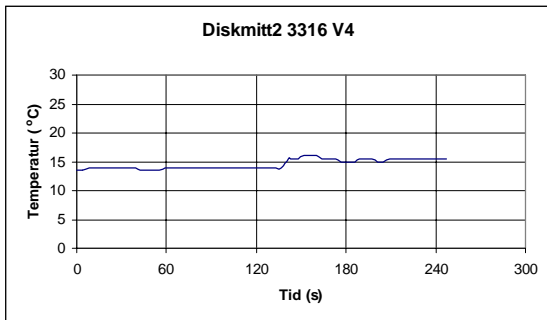
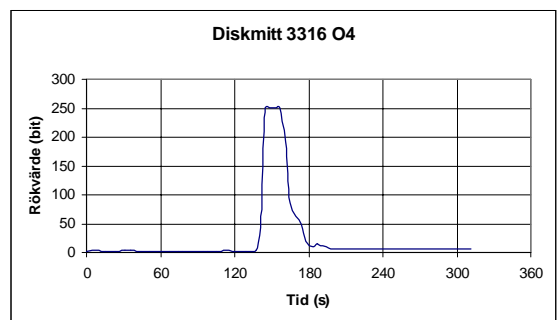
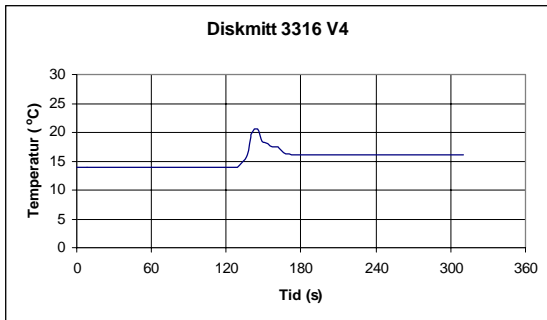
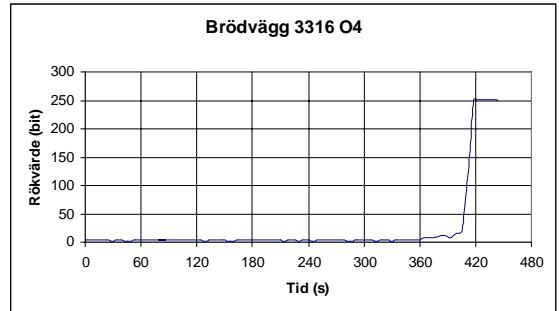
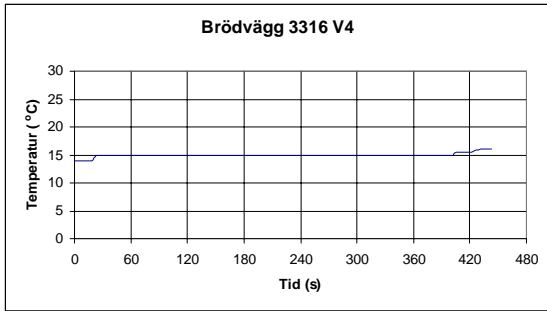
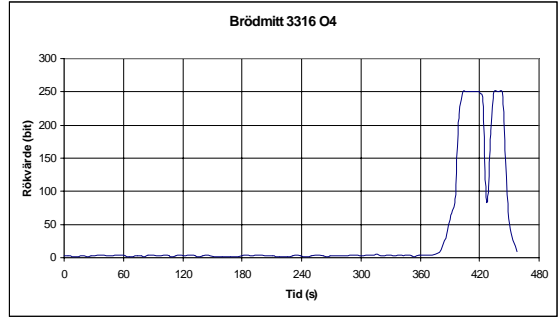
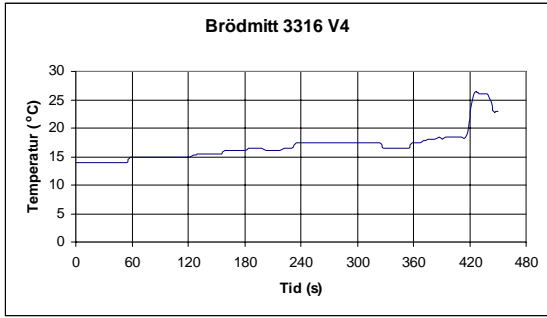
**Appendix D2 Alla brandkällor för multisensor på plats 3.**

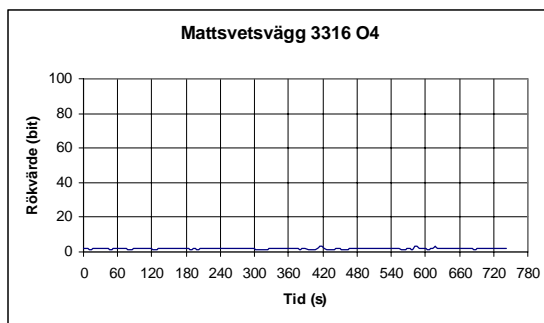
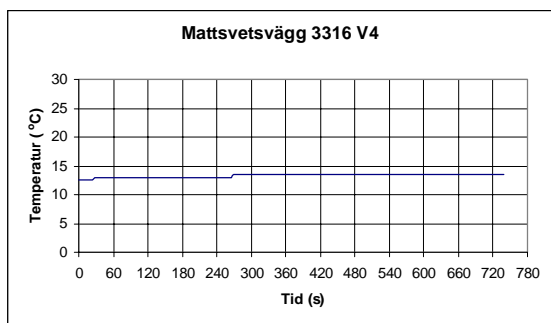
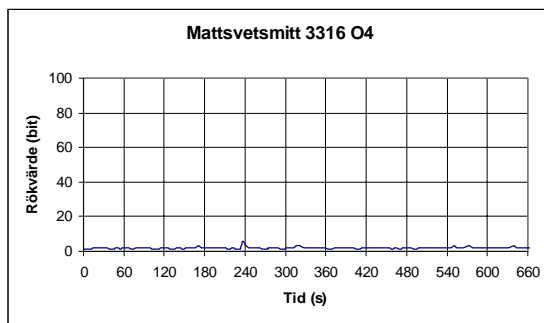
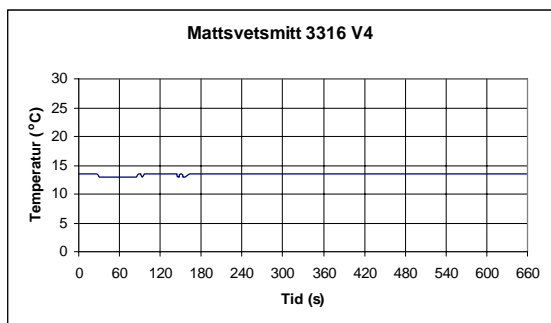
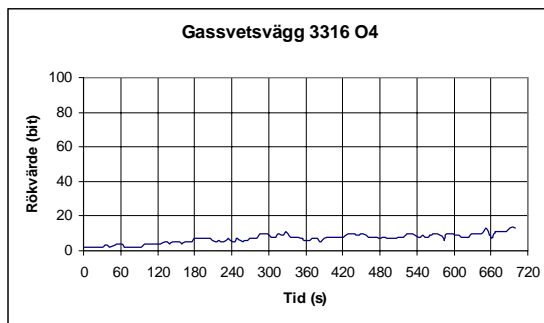
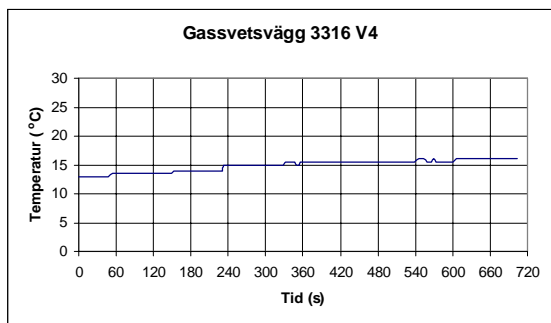
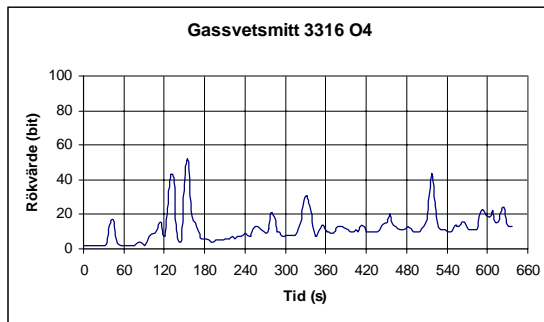
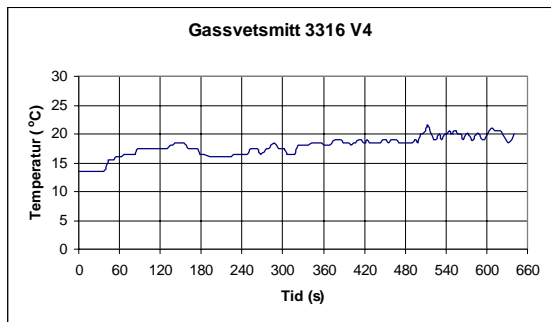
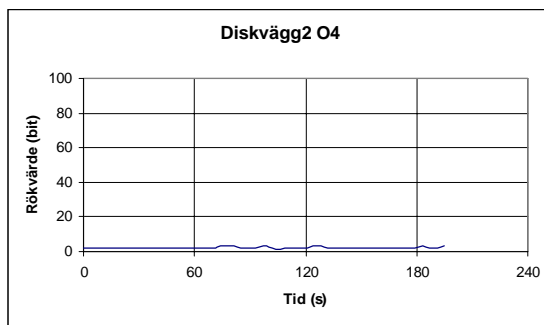
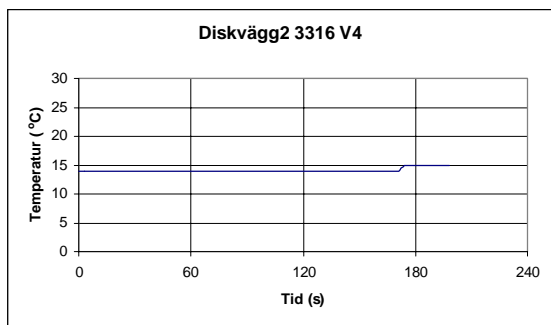


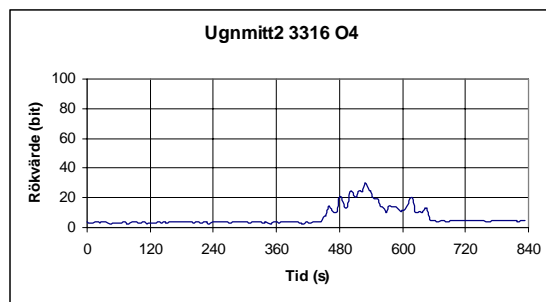
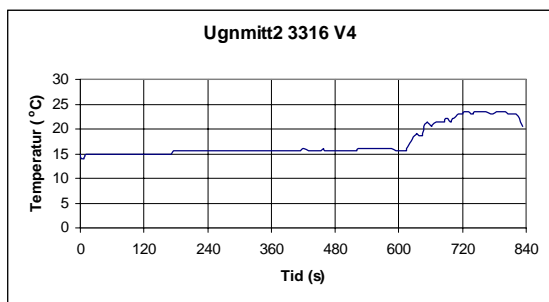
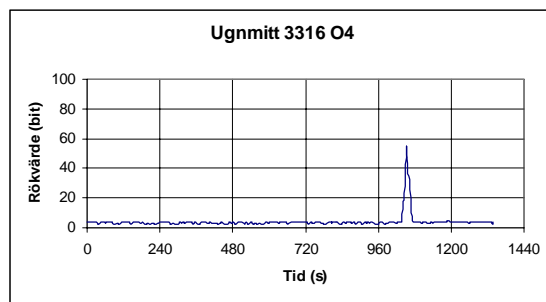
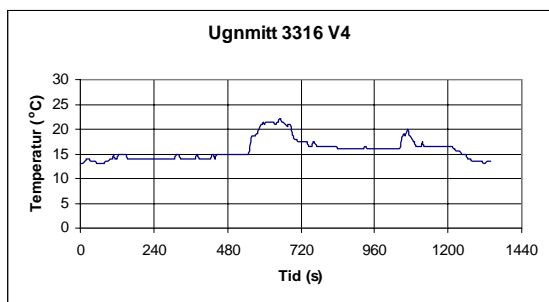
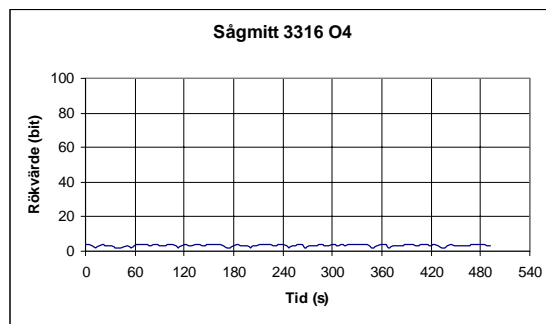
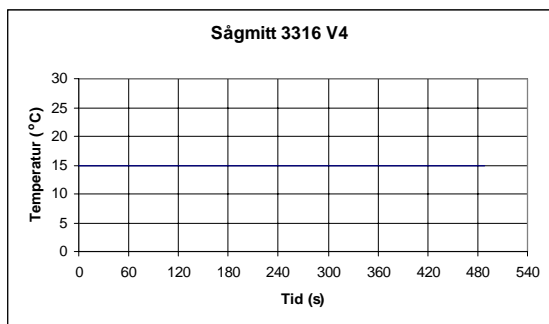
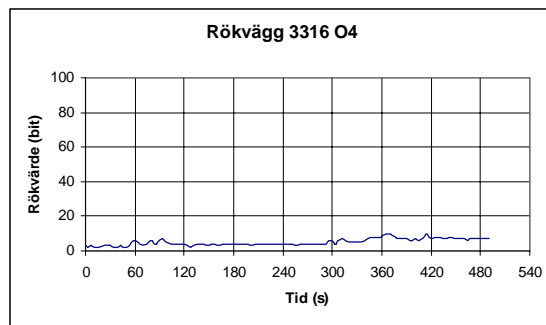
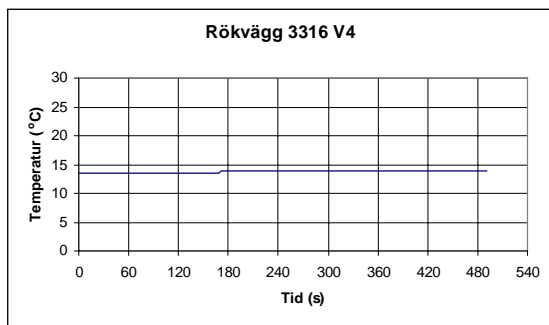
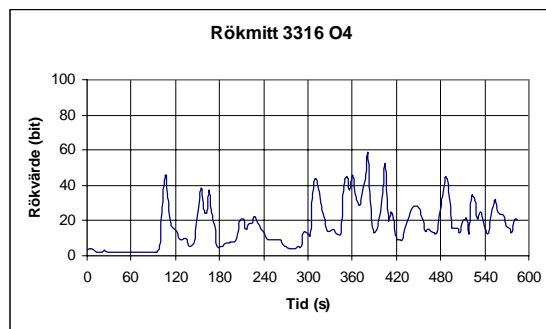
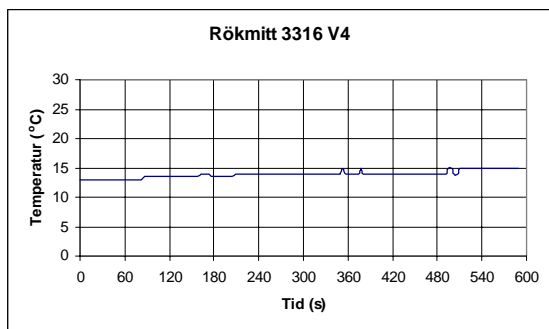


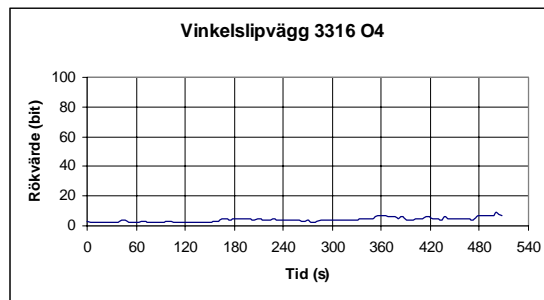
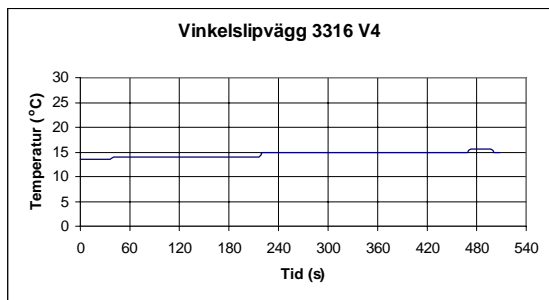
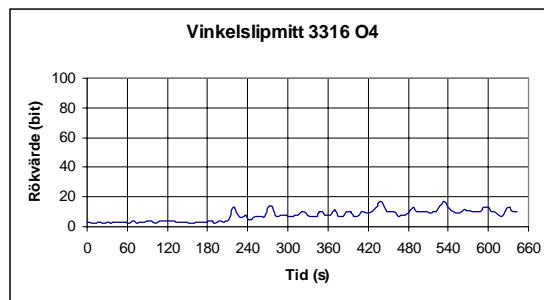
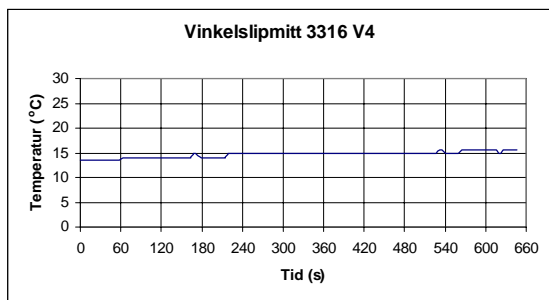
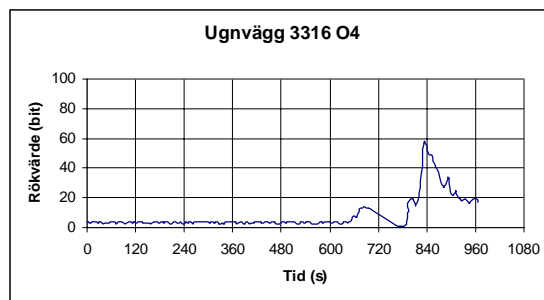
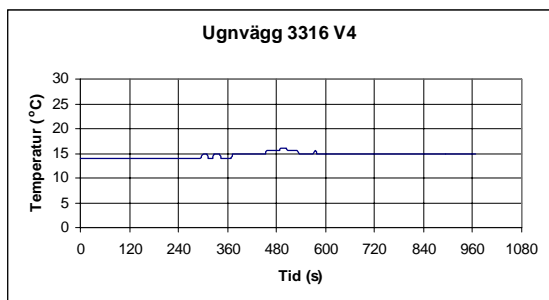


**Appendix D3 Alla störkällor för multisensor på plats 4.**

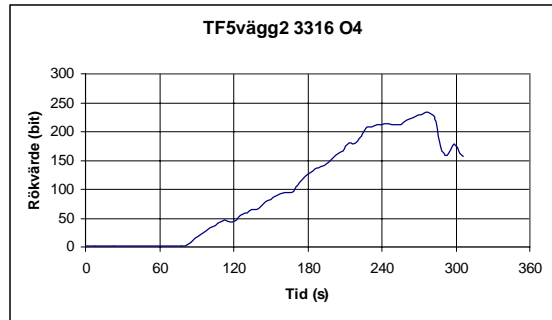
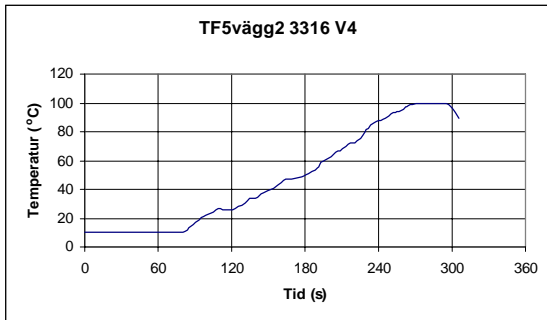
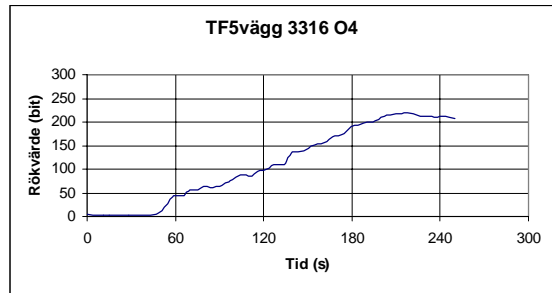
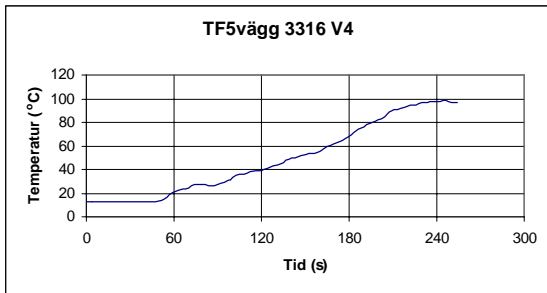
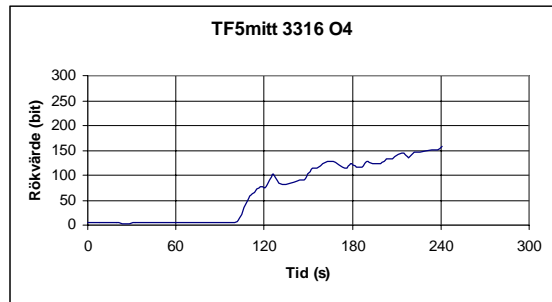
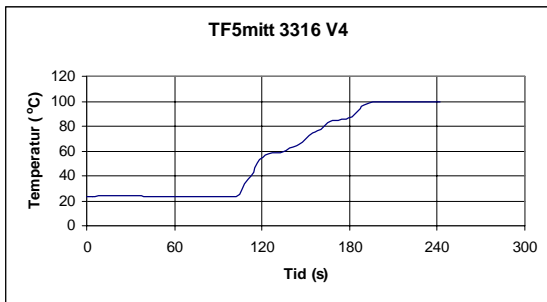
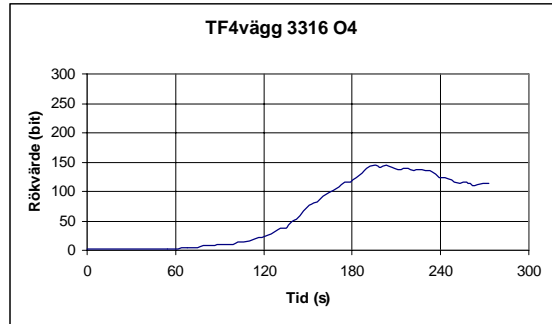
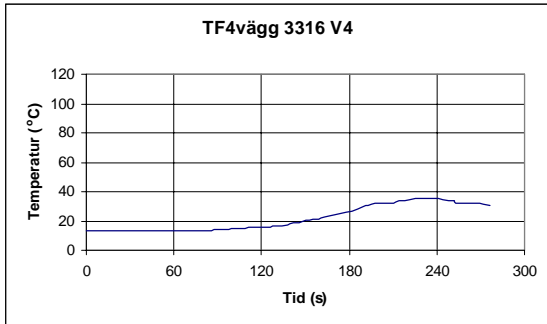
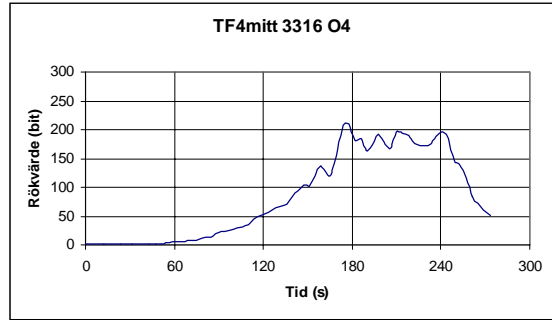
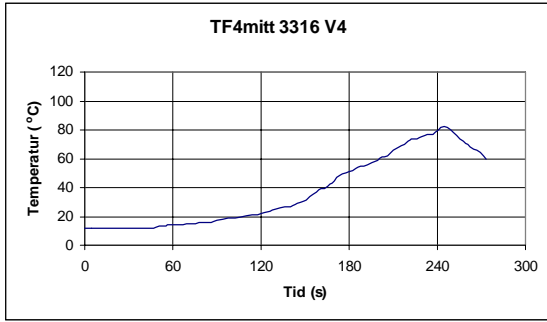


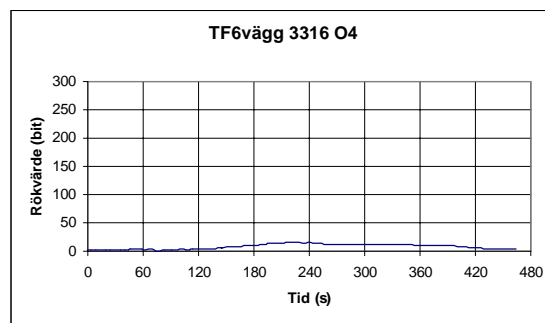
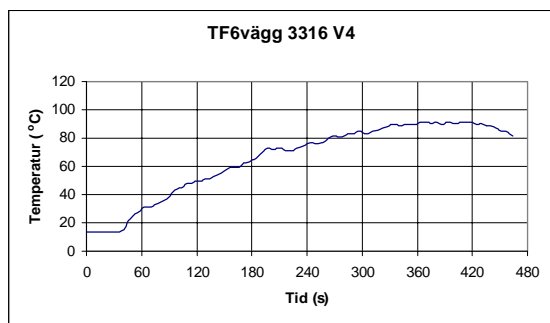
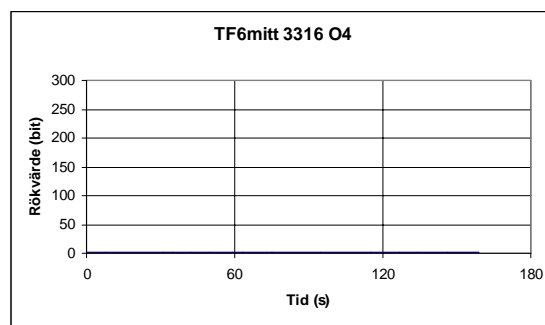
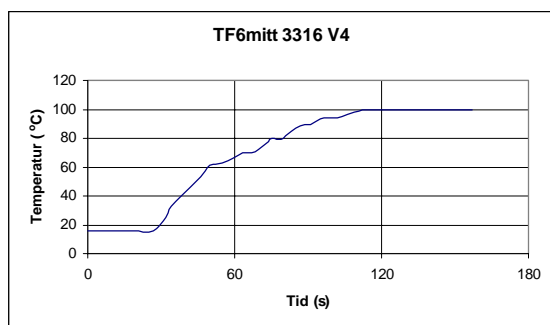






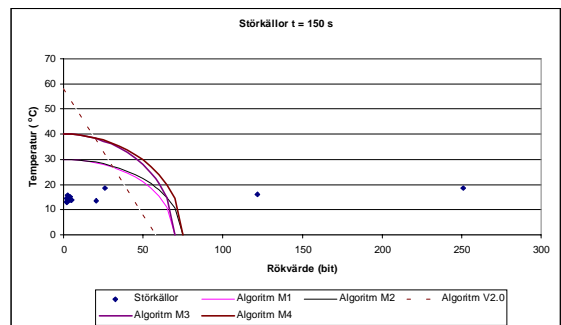
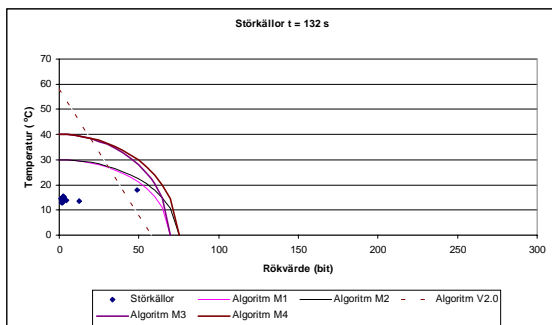
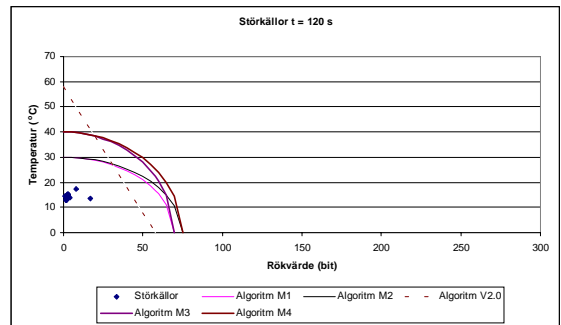
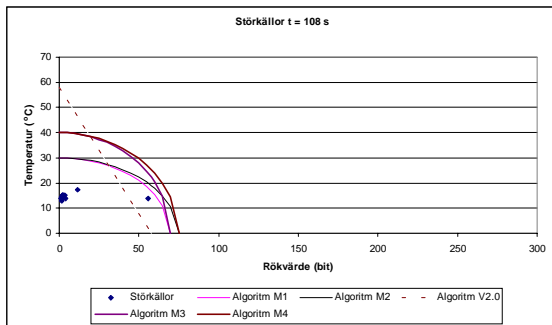
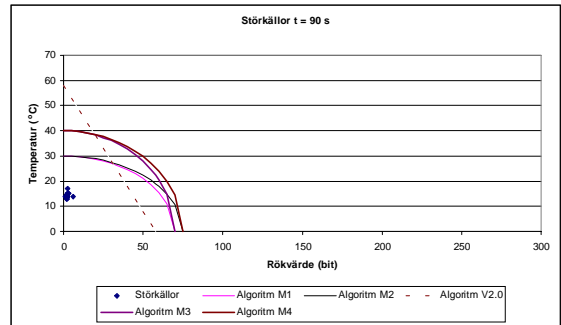
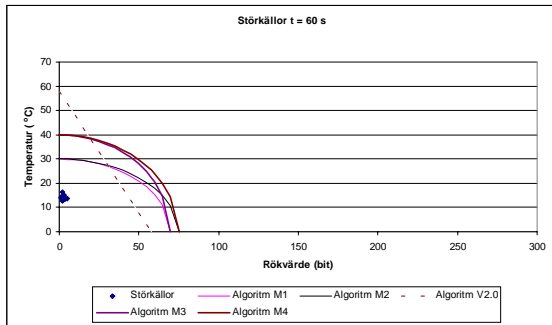
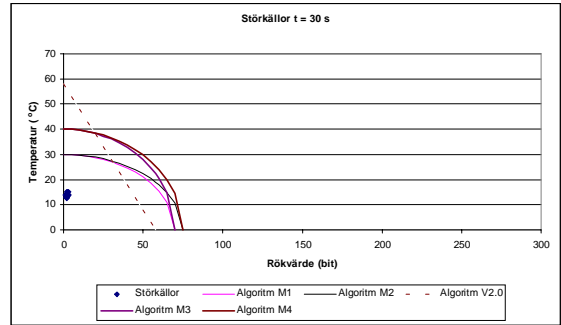
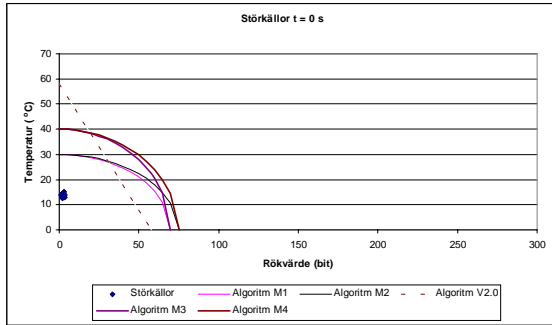
**Appendix D4 Alla brandkällor för multisensor på plats 4.**



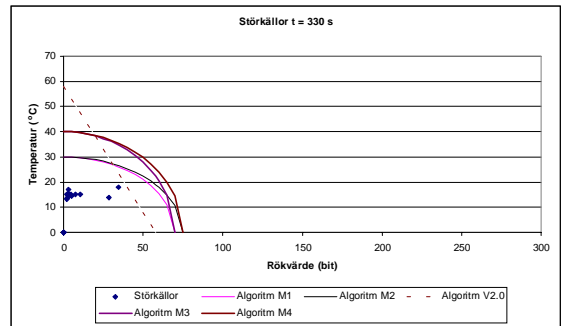
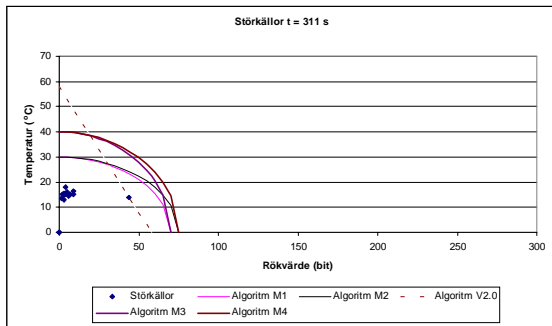
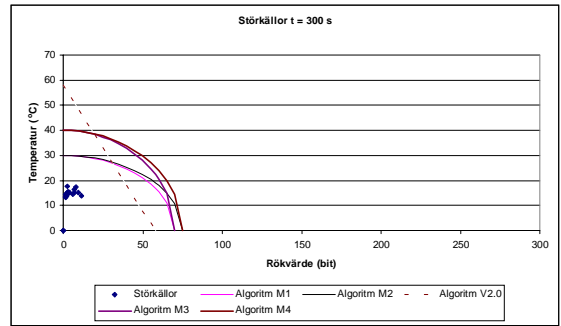
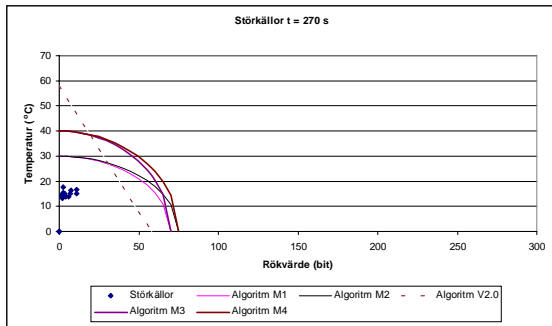
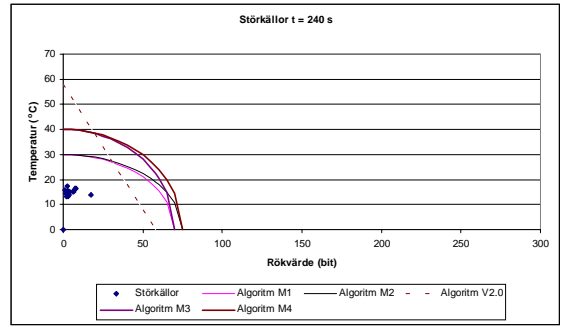
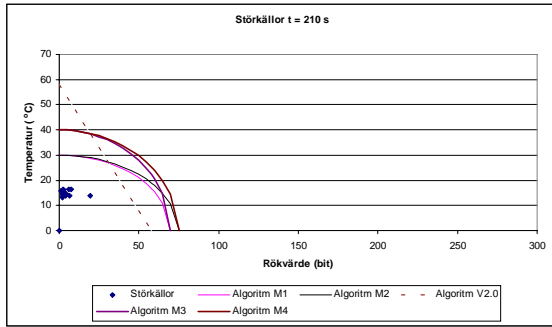
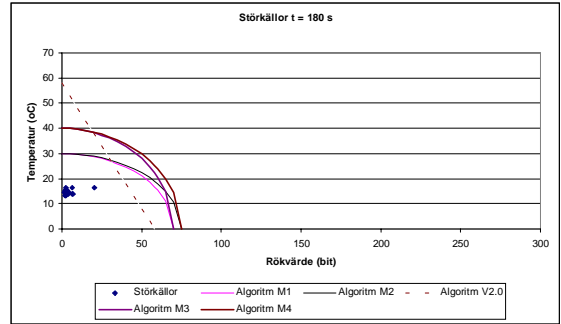
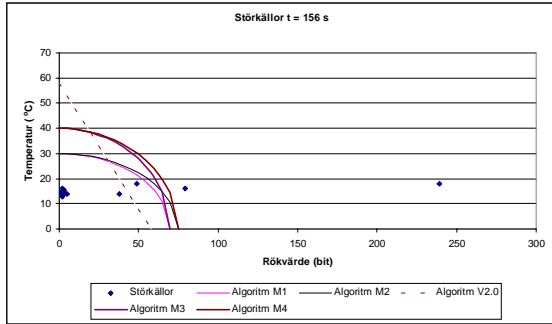


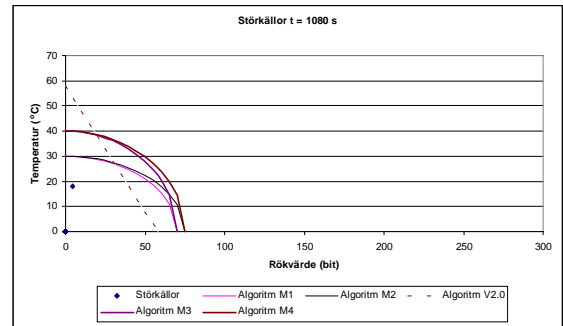
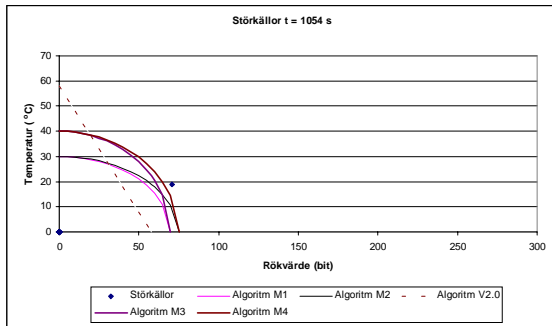
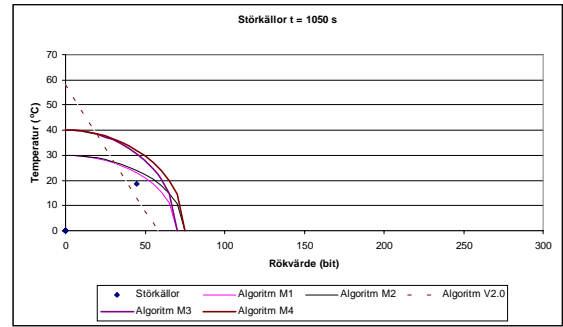
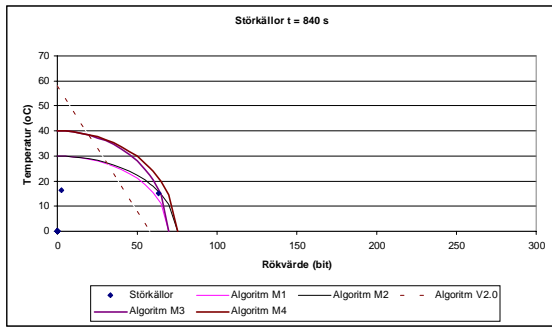
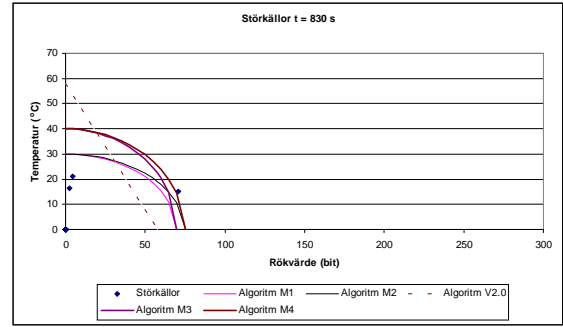
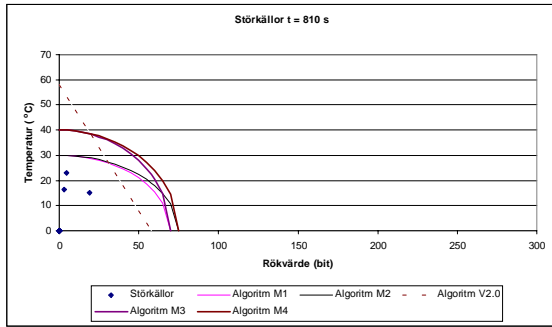
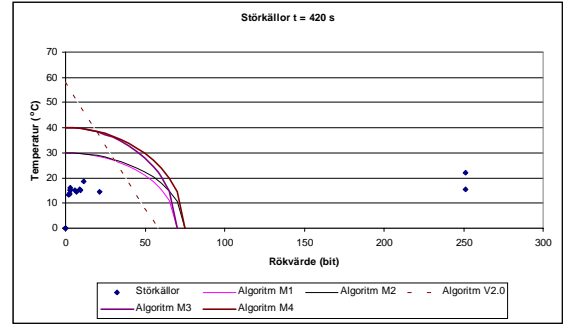
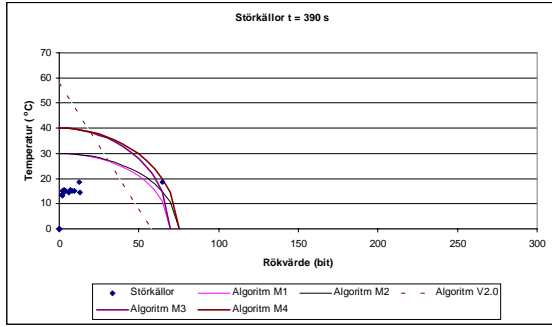
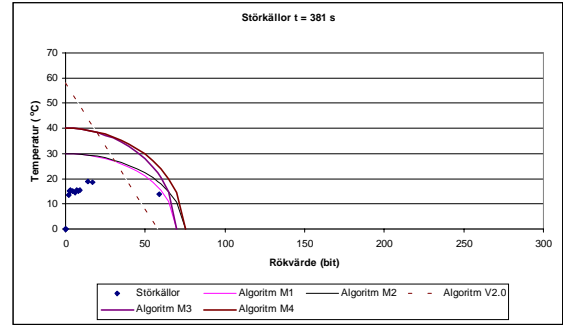
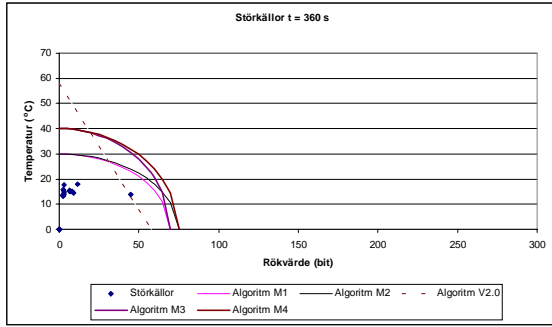
### Appendix D5 Tidserie för störkällorna

Förtydligande:  $M_1$ : a = 30°C, b = 70 bitar,  $M_2$ : a = 30°C, b = 75 bitar,  $M_3$ : a = 40°C, b = 70 bitar,  $M_4$ : a = 40°C, b = 75 bitar









### Appendix D6 Tidsserie för brandkällorna

Förtydligande:  $M_1$ : a = 30°C, b = 70 bitar,  $M_2$ : a = 30°C, b = 75 bitar,  $M_3$ : a = 40°C, b = 70 bitar,  $M_4$ : a = 40°C, b = 75 bitar

