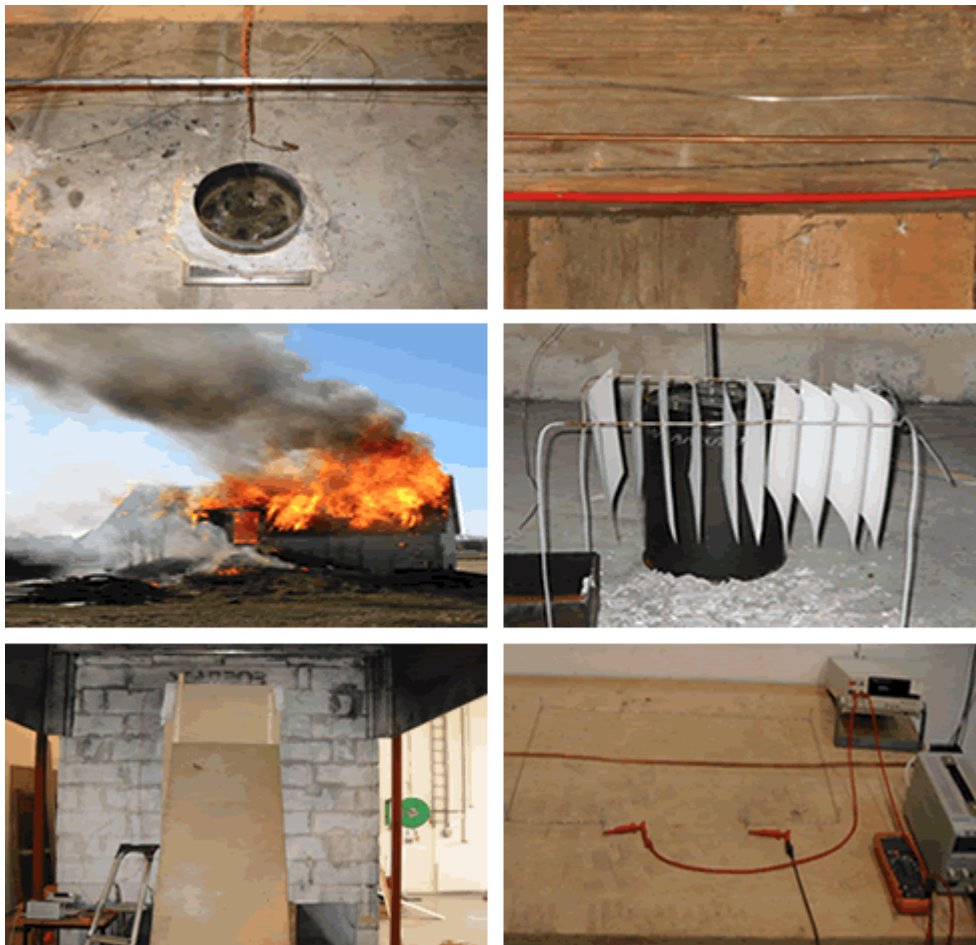




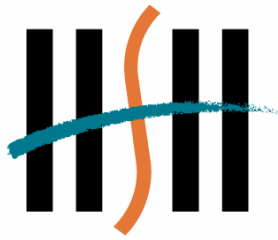
## Evaluering av varmedetekterende linjer



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund – Avd. for ingeniørfag  
*Studieretning: Brannsikkerhet*

---

Av: Jan Arvid Sandvik  
Geir Sandal  
Kristian Grimstvedt



Høgskolen Stord/Haugesund  
*Avdeling for ingeniørfag*  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Evaluering av varmedetekterende linjer		
Utført av		
Jan Arvid Sandvik, Geir Sandal og Kristian Grimstvedt		
Linje		Studieretning
Brannsikkerhet		Ingeniørfag
Gradering	Innlevert Dato	Veileder ved HSH
Åpen	03.05.2002	Vidar Frette
Oppdragsgiver		Kontaktperson hos oppdragsgiver
Haugaland Brannsikring AS		Jan Hantho

#### Ekstrakt

Oppgavens hensikt var å evaluere og sammenligne fire varmedetekterende linjer. Evaluering ble gjort opp mot fastsatte kravspesifikasjoner, som branntekniske egenskaper, økonomi, estetikk og brukervennlighet. Aktuelle anvendelsesområder dannet grunnlaget for produktsammenligningen. Denne viser at de elektrisk pneumatiske systemene i de aller fleste anvendelsesområder vil være det beste alternativet.



---

## Forord

Denne hovedoppgaven representerer vårt avsluttende arbeid i forbindelse med den 3-årige ingeniørutdanning ved Høgskolen Stord/Haugesund. Oppgaven gav oss mulighet til å praktisere studieretningsfagene brannodynamikk og aktiv brannsikring. Ideen til oppgaven fikk vi etter samtaler med Sigvald Bø Eriksen fra Technor, og vår eksterne veileder Jan Hantho fra Haugaland Brannsikring.

Vi ønsker å rette en stor takk til leverandørene og deres villighet til å levere testmateriale uten kostnader. Vi vil her nevne:

- Frode Lundeby fra Scana Servoteknikk med produktet ADW 511
- Kjell Kristiansen fra Scandinavian Service Alliance med produktet Spider
- Eli Hatsir fra FireSys Ltd. med produktet FireSys
- Terje Fosvik fra AB-teknikk med produktet Protectowire

Vi vil også takke Geir Jensen fra InterConsult ASA for faglig støtte, og vår interne veileder Vidar Frette for godt samarbeid.

---

Jan Arvid Sandvik

---

Geir Sandal

---

Kristian Grimstvedt



---

<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2. BAKGRUNN</b> .....	<b>7</b>
2.1 Faser i en brann .....	7
2.2 Offentlige krav angående deteksjon.....	8
2.2.1 Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift.....	8
2.2.2 Lov om brannvern med tilhørende forskrift.....	8
2.2.3 Forsikringsselskapenes Godkjennelsesnevnd .....	9
2.3 Deteksjonsprinsipper.....	9
2.3.1 Valg av deteksjonsprinsipp .....	10
2.4 Dimensjonering av deteksjonssystemer .....	10
2.4.1 Response Time Index .....	11
2.4.2 Riktig dimensjonering.....	13
2.5 Standarder for evaluering av varmedetektor .....	13
2.5.1 UL-standard.....	13
2.5.2 European Norm 54-5 .....	14
<b>3. PRODUKTER OG METODER</b> .....	<b>15</b>
3.1 Forsøk.....	15
3.1.1 Innledende forsøk.....	17
3.1.2 Fullskala branntest ved låve .....	18
3.1.3 Tid-til-deteksjon forsøk.....	20
3.1.4 Ikke-brann forsøk .....	21
3.1.5 Feilkilde forsøk .....	22
3.2 Markedsundersøkelse .....	23
3.3 Evaluering av varmedetekterende linjer.....	24
3.3.1 Generell evaluering .....	24
3.3.2 Produktevaluering .....	25
<b>4. RESULTATER</b> .....	<b>27</b>
4.1 Forsøk.....	27
4.1.1 Innledende forsøk.....	27
4.1.2 Fullskala branntest ved låve .....	28
4.1.3 Tid til deteksjon forsøk .....	29
4.1.4 Ikke-brann forsøk .....	35
4.1.5 Feilkilde forsøk .....	35
4.2 Markedsundersøkelse .....	36
4.3 Evaluering av varmedetekterende linjer.....	38
4.3.1 Generell evaluering .....	38
4.3.2 Produktevaluering .....	39
<b>5. DISKUSJON</b> .....	<b>43</b>
5.1 Produktevaluering .....	43
5.2 Produktsammenligning.....	44
<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>47</b>
<b>DATAREGISTER</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERANSER</b> .....	<b>49</b>

---



## Sammendrag

Bakgrunnen for oppgaven om varmedetekterende linjer er at brannmiljøet i Norge har fått øynene opp for alternative løsninger innenfor deteksjon. Varmedetekterende linjer er relativt nytt, og har egenskaper som gjør dem til et meget spennende alternativ i forhold konvensjonelle løsninger. Det foreligger lite faglitteratur på dette feltet, og det har derfor vært et sterkt ønske om å utarbeide mer informasjon om varmedetekterende linjer.

Oppgaven gikk ut på evaluere fire varmedetekterende linjer, og sammenligne dem opp mot ulike anvendelsesområder, med vekt på verneverdige bygg og eldre trehusbebyggelse. To av produktene, FireSys og ADW 511, er elektrisk pneumatiske linjedetektorer, mens smeltetråden Spider og den elektrisk ledeende Protectowire, er maksimaldetektorer. Når produktene ble evaluert ble det benyttet fastsatte kravspesifikasjoner, som økonomi, estetikk, branntekniske egenskaper og brukervennlighet. Forsøk ble valgt som metode for å avdekke produktenes branntekniske egenskaper, samtidig som det gav et innblikk i deres brukervennlighet. Hovedtyngden av forsøkene ble gjennomført i ISO-rom ved Høgskolen Stord/Haugesund, men i tillegg ble det også utført en fullskala branntest. Dette danner grunnlaget for å sammenligne produktene og vurdere dem i ulike anvendelsesområder. Vurderingene viser at de elektrisk pneumatiske detektorene, FireSys og ADW 511, vil være det beste alternativet i de aller fleste anvendelsesområder. Dette skyldes at de har lav deteksjonstid, samtidig som de har en justerbar følsomhet, og kan dermed tilpasses de aller fleste anvendelsesområder. Av disse to har FireSys lavest deteksjonstid, men det er viktig å være oppmerksom på at begge disse kan gi uønskede alarmer ved feiljustering. Når det gjelder maksimaldetektorene, Spider og Protectowire, har de høyere deteksjonstid, og følgelig lavere følsomhet enn de elektrisk pneumatiske. Dette resulterer i færre anvendelsesområder.



# 1. Innledning

Bakgrunnen for oppgaven er at varmedetekterende linjer [VDL] er lite utbredt, til tross for at denne type deteksjon har mange egenskaper, som favoriserer den i forhold til konvensjonelle varmedetektorer. De varmedetekterende linjene har blant annet lavere deteksjonstid og større anvendelsesområde, da de for eksempel kan benyttes utendørs. Det er et ønske innad i brannmiljøet i Norge å få kartlagt mer informasjon om VDL, og avdekke styrker og svakheter hos forskjellige produkter. De fire produktene som er testet i denne oppgaven benytter to ulike prinsipp. To av dem, FireSys og ADW 511, er elektrisk pneumatisk, mens de to andre, Spider og Protectowire, er maksimaldetektorer.

Det er tidligere utført forsøk på noen av disse produktene denne rapporten tar for seg, blant annet en storskalltest på Vennesla<sup>1</sup>, hvor Spider ble sammenlignet med konvensjonelle detektorer. Foruten dette er FireSys montert ved Norsk Folkemuseum<sup>2</sup> på Bygdøy, mens ADW 511 og Spider benyttes i Gamlebyen i Fredrikstad<sup>3</sup>.

Rapporten tar utgangspunkt i bruk av varmedetekterende linjer som metode for tidlig branndeteksjon. En varmedetekterende linje er en kabel eller et rør, som gir deteksjon som følge av rask temperaturøkning eller en satt maksimalverdi. Oppgaven vil evaluere to etablerte og to nye produkter etter fastsatte kravspesifikasjoner, og sammenligne produktene seg i mellom opp mot forskjellige anvendelsesområder, med vekt på verneverdige bygg og eldre trehusbebyggelse. Brannsikkerheten i slike bygg har vært et satsningsområde i Norge i løpet av 1990-tallet. I 2001 ble Stortingsmelding nr. 41<sup>4</sup> vedtatt, der er de nasjonale målene for arbeid med brann- og eksplosjonsvern for perioden 2001-2005 listet opp. Et av målene er at branner med tap av uerstattelige nasjonale kulturverdier ikke skal forekomme, da brann blir vurdert å være den største trusselen mot disse. En viktig forutsetning for å oppnå målsetningene i denne Stortingsmeldingen, er å gjennomføre forebyggende og brannbegrensende tiltak. Dette for eksempel være lynvern, sprinkling og brannalarmanlegg. De varmedetekterende linjene vil inngå som en del av et brannalarmanlegg.



## 2. Bakgrunn

Norge er et av de landene med høyest økonomiske tap ved brann i forhold til brutto nasjonal produkt. Det økonomiske tapet er stadig voksende, og fra 1991 til 2000 har det økt med over 50 prosent. For å begrense tapene mest mulig må det drives et kontinuerlig brannforebyggende arbeid hvor bruk av branndeteksjon inngår. Tidlig deteksjon begrenser de økonomiske tapene. Foruten dette er bruk av deteksjon fundamentalt for å ivareta personsikkerhet i bygninger og installasjoner. Personsikkerhet er i de fleste tilfeller viktigst, og på bakgrunn av dette finnes det offentlige krav til brannalarmanlegg. Målet er å oppdage brannen før den får tid til å etablere seg, og kjennskap til brannens ulike faser er derfor nyttig i dimensjonering av et brannalarmanlegg. Beskrivelsene av faser i en brann kommer i neste avsnitt.

### 2.1 Faser i en brann

Utviklingen deles vanligvis inn i fire faser, selv om brannforløpet kan variere i ulike branntilfeller. Et typisk brannforløp består av følgende faser:

- tennfase
- vekstfase
- fullt utviklet brann
- utbrenningsfasen

#### **Antennelse**

Antennelsesfasen er tiden fra antenning til brannen forsetter uten påvirkning fra en ytre varmekilde (gnist, glo). I denne fasen er det ubetydelig røyk- eller gassutvikling, eller synlige flammer. Det er ikke mulig å oppdage en brann ved hjelp av en brann-detektor i denne fasen. Brannen går over i vekstfasen dersom forholdene ligger til rette med brennbart materiale og oksygen.

#### **Vekstfasen**

I vekstfasen vil brannens utvikling, som avhenger av tilgangen på brennbart materiale og oksygen, avgjøre produksjon av flammer, røyk og gass. Deteksjon må skje i denne fasen, og valg av deteksjonsprinsipp bør være vurdert ut fra hvilken type brann som kan forventes. Målet er deteksjon tidligst mulig i denne fasen.

#### **Fullt utviklet brann**

Fullt utviklet brann inntreffer når rommet er overtent. I denne fasen vil varmeproduksjonen være på det høyeste. Brannen blir som regel styrt av tilgangen på oksygen, da tilgangen på brennbart materiale som regel er stor.

#### **Utbrenningsfasen**

Utbrenningsfasen kommer når mengden av brennbart materiale avtar, og varmeproduksjonen minker. Brannen avhenger nå ikke lenger av tilførselen på oksygen, men av tilgangen på brensel.

## 2.2 Offentlige krav angående deteksjon

Deteksjon er en av de viktigste faktorene for å ivareta sikkerhet og verdier i bygninger og installasjoner. Tidlig deteksjon legger forholdene til rette for både sikker rømning og tidlig innsats med tanke på å redde liv og verdier.

Rømning og redning av liv er i de aller fleste tilfeller viktigst, og det er derfor ønskelig at tid fra antenning til deteksjon er kortest mulig. For oppnå tilfredsstillende personsikkerhet i bygninger og installasjoner finnes det offentlige krav til brannalarmanlegg i både *Plan- og bygningsloven*<sup>5</sup> [Pbl] og *Lov om brannvern*<sup>6</sup> [brannloven]. Begge lovene har tilhørende forskrift, som gir utfyllende regler og detaljerte bestemmelser.

Forsikringsselskapene har i tillegg utviklet et egne bestemmelser for brannalarmanlegg som installeres som ledd i en forsikringsavtale. Forvalter av disse reglene er *Forsikringsselskapenes Godkjennelsesnevnd* [FG].

### 2.2.1 Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift

Pbl med tilhørende *Teknisk forskrift til Pbl*<sup>7</sup> [TEK] gjelder i første rekke for oppføring av nye byggverk, men også for eksisterende bygg i henhold til § 87 og § 93.

TEK består hovedsakelig av funksjonskrav. Det vil si at den ikke gir noen bestemt løsning, men et overordnet funksjonskrav. Oppfyllelse av kravene skal dokumenteres på en av følgende to måter:

- ved at byggverket utføres etter preaksepterte løsninger. For eksempel etter Ren, teknisk veiledning<sup>8</sup> til TEK.
- ved analyse og beregninger som dokumenterer at brannsikkerheten er tilfredsstillende. Mest egnet for store og kompliserte byggverk.

Veiledning til TEK vil i de aller fleste tilfeller være mest hensiktsmessig.

#### Krav om brannalarm

Brannalarmanlegg kreves installert for å sikre liv og helse ved brann. Hjemmel i finnes i TEK § 7-27.

Det kan også stilles krav til brannalarmanlegg utover det som er angitt i TEK. Pbl § 80 gir kommunen mulighet til å stille særskilte krav som ikke er angitt i Pbl med underliggende regelverk. Kravene må være faglig begrunnet.

Det fremgår også i Ren teknisk veiledning<sup>8</sup> hvilke bygninger som må ha brannalarmanlegg for å tilfredsstille kravene gitt i TEK.

### 2.2.2 Lov om brannvern med tilhørende forskrift

Brannloven med tilhørende *Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn*<sup>9</sup> [FOBTOB] gjelder for eksisterende bygninger, og skal sikre at disse har en akseptabel brannsikkerhet.





## **Krav om brannalarm**

Krav om brannalarmanlegg stilles i første rekke til bygninger som vurderes å ha dårligere sikkerhet enn det som aksepteres i tilsvarende bygninger. Målet er å få bygninger med lavt brannteknisk nivå opp mot det nivået som kreves i nye bygninger.

Hjemmel for krav om brannalarmanlegg finnes i brannloven § 14, 23 og 25, og i FOBTOB<sup>9</sup> § 4-2.

Det kan også stilles krav om brannalarmanlegg utover det som direkte er angitt i brannloven<sup>6</sup> eller FOBTOB. Brannloven § 25 og FOBTOB § 7-7 eller 8-2 gir kommunestyrets eller dets delegerte myndighet mulighet til å kreve sikringstiltak der det anses å være nødvendig.

## **2.2.3 Forsikringsselskapenes Godkjennelsesnevnd**

FG utarbeider og praktiserer godkjenningsordninger for firmaer og utstyr innen brannsikring. Bakgrunnen er blant annet at forsikringsselskapene ønsker å ha felles regelverk på området.

### **FG godkjenning**

FG godkjenning på et produkt eller en installatør gir begge parter i et forsikringsforhold visshet om at installert sikkerhetsutstyr holder tilfredsstillende kvalitet.

Retningslinjer for godkjenning av produkter er gitt i FG regelverket punkt 92<sup>10</sup>. Bestemmelsen sier blant annet:

- utstyret skal tilfredsstillende kravene satt i FG regelverket Del 2<sup>10</sup>
- utstyret skal være prøvd i henhold til prøvespesifikasjoner fastsatt av FG, med tilfredsstillende resultat. Prøveanstalten må være godkjent av FG.
- utstyret skal være merket etter regler satt av FG

For å oppnå godkjenning må det leveres skriftlig søknad.

## **2.3 Deteksjonsprinsipper**

En detektor benytter seg av egenskaper i forbrenningsproduktene som skapes ved en brann. Forbrenningsproduktene opptrer i energi- og stoffform. Energi overføres til omgivelsene ved konveksjon eller stråling, og er grunnlaget for varme- og flammedeteksjon. Faste stoffer opptrer både i flyktig og ikke-flyktig form. Flyktig form er for eksempel røyk og gasser, mens ikke-flyktig er sot eller aske. Dette er grunnlaget for røyk- og gassdeteksjon.

### **Røykdeteksjon**

Røykdeteksjon benytter prinsippene ionisk- og optiskdeteksjon, som henholdsvis er best flamme- og ulmebrann.

### **Varmedeteksjon**

Varmedetektorer benytter to prinsipper. Maksimaldetektoren reagerer ved en bestemt maksimal temperatur. Differensialdetektoren reagerer ved hurtig temperaturøkning innenfor et visst tidsrom. Ofte benyttes en variant som anvender begge prinsippene, som kalles maksimal/differensialdetektor.



## Flammedeteksjon

Flammedetektorer gir deteksjon som følge av den elektromagnetiske strålingen som kommer fra en flamme. Strålingen dekker hele spekteret fra infrarød [IR] til ultrafiolett [UV] stråling. Detektorene finnes både som rene IR eller UV detektorer, men også som en kombinasjon av IR og UV.

### 2.3.1 Valg av deteksjonsprinsipp

Riktig valg av detektor er viktig for å kunne oppdage en brann så tidlig som mulig. Valget må gjøres etter bruksområdet for detektoren. Her må det vurderes hvilke krav som blant annet stilles til deteksjonstid, følsomhet, pålitelighet og pris.

Røykdetektorer er dagens desidert mest valgte løsning. Årsaken er at den tilbyr høy følsomhet, samtidig som den ikke er særlig kostbar. Høy følsomhet gjør at røykdeteksjon ofte blir foretrukket på steder hvor personsikring er essensielt. Bakgrunnen for dette er at røykdetektorer vil gi deteksjon før brannen har etablert seg. Høy følsomhet er ikke bare fordelaktig, da det medfører mange falske alarmer. Dette kan for eksempel skyldes vanddamp eller sigarettøyk. Falske alarmer kan til en viss grad forebygges ved riktig plassering av detektorene. Vedlikehold av røykdetektorer er i utgangspunktet ukomplisert, men det krever gode rutiner for rengjøring og batteriskift der hvor det er aktuelt.

Konvensjonelle varmedetektorer er ikke kjent for å være veldig følsomme. Dette gjør at deteksjon ofte vil komme på et tidspunkt hvor brannen er etablert. Varmedeteksjon er derfor ikke eget hvor personsikkerhet er sentralt. På den andre siden er de meget pålitelige med tanke på uønskede alarmer. De er også relativt billige og enkle å vedlikeholde.

Flammedetektorer er meget følsomme, og er beste løsning for å detektere en flammebrann. Samtidig er de meget pålitelige, og en riktig montert detektor gir sjelden uønsket alarm. Tross de klare fordelene er bruk av flammedeteksjon begrenset. Dette skyldes at systemene er meget kostbare. Dessuten er de kompliserte å vedlikeholde, noe som medfører at det kreves fagpersonell. Flammedeteksjon benyttes først og fremst i høyrisiko områder, eller i områder med store verdier. Dette kan for eksempel være lager for brennbare væsker eller hangarer.

## 2.4 Dimensjonering av deteksjonssystemer

Hensikten med dimensjonering av deteksjonssystemer er å ha et system som er tilpasset forholdene på stedet hvor det monteres. Dimensjoneringen bør gjøres etter verst tenkelige («worst-case») brannscenario. Riktig dimensjonering krever både kunnskap og informasjon, der følgende faktorer er av stor betydning:

- informasjon om brannsted/rom
- informasjon om deteksjonssystemet
- forhold på brannsted
- brannfare (brannstørrelse, vekstrate)

Disse faktorene gjør det mulig å forutsi hvordan en brann utvikler seg etter antenning, som også gjør det mulig å beregne forholdene på et gitt punkt i forhold til brannplumen som funksjon av tid. Punktet kan for eksempel være en detektor, og tid til deteksjon kan beregnes.



## 2.4.1 Response Time Index

Response Time Index [RTI] faktoren var opprinnelig ment for sprinkler, men har vært forsøkt tillempet for varmedetektorer. Faktoren forteller hvor stor forsinkelse det er i reaksjonen til varmedetektoren. Jo større RTI verdi, jo større forsinkelse; og følgelig lenger respons tid. Standard sprinklerhode har typisk en verdi rundt  $200 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ , mens hurtig respons hoder ligger i intervallet  $15\text{-}50 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ .

RTI fastsettes ved forskjellige prøvemetoder. I Europa benyttes standarden EN 54-5, som er en Europeisk Standard. Den er også vedtatt som Norsk Standard, og gjelder i første rekke for punktdetektorer. For andre typer varmedetektorer, som for eksempel varmedetekterende linjer, vil denne standarden bli brukt som veiledning.

### Dimensjonering etter RTI

RTI faktoren benyttes ofte ved dimensjonering av varmedeteksjonssystemer for å finne tid til deteksjon.

I de fleste branntilfeller er høyden fra brannen til detektoren relativ stor, og varmeoverføringen til detektoren skjer hovedsakelig ved konveksjon fra den varme gassstrømmen. Tid til deteksjon avhenger dermed av hastighet og temperatur av gassstrømmen ved taket i punktet hvor detektoren er montert. I tillegg er egenskapene til detektoren av betydning, noe det er tatt høyde for i RTI faktoren.

Tid til deteksjon kan uttrykkes på følgende måte<sup>11</sup>:

$$t_{\text{operation}} = \frac{RTI}{\sqrt{U_m}} \log_e \left( \frac{T_m - T_\infty}{T_m - T_{\text{utl}}} \right)$$

$t_{\text{operation}}$	=	<i>tid til deteksjon</i>	[s]
$U_m$	=	<i>maksimal hastighet på røykgass strømmen ved taket</i>	[m/s]
$T_m$	=	<i>maksimaltemperaturen på røykgass strømmen ved taket</i>	[K]
$T_\infty$	=	<i>omgivelsestemperaturen</i>	[K]
$T_{\text{utl}}$	=	<i>temperaturen når varmedektoren løser ut</i>	[K]

#### Formel 2.4.1-1: Tid til deteksjon

Røykgass hastigheten ved taket ( $U_m$ ) er gitt ved<sup>16</sup>:

$$U_m = 0,946 \left( \frac{\dot{Q}}{H} \right)^{1/3} \quad \text{for } r/H \leq 0,18$$

$$U_m = 0,197 \left( \frac{\dot{Q}^{1/3} H^{1/2}}{r^{5/6}} \right) \quad \text{for } r/H > 0,18$$

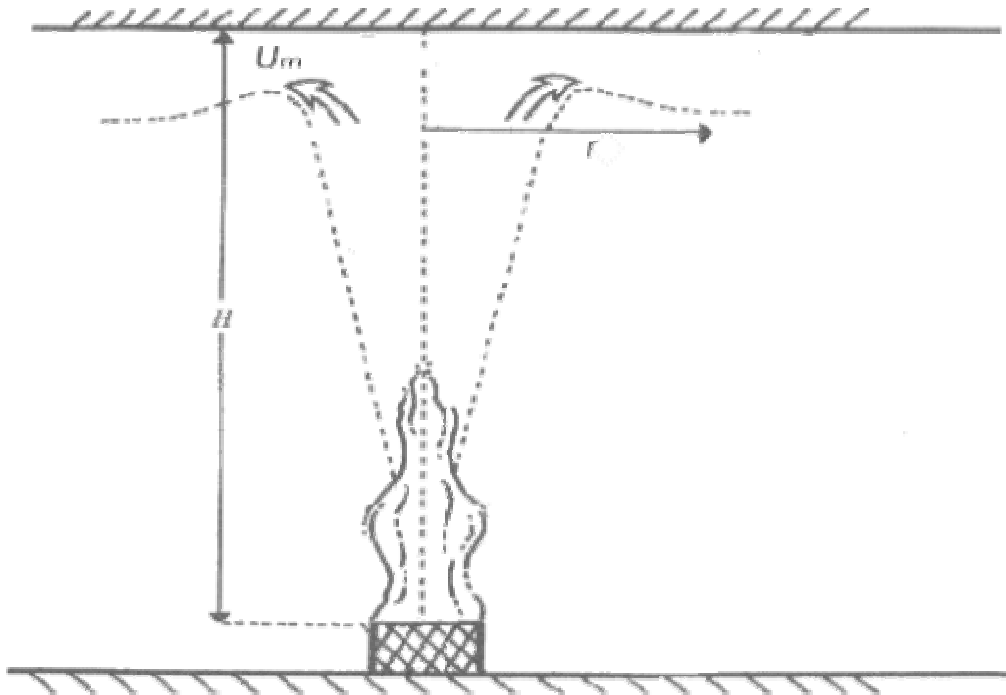
$U_m$  = maksimal hastighet på røykgass strømmen ved taket [m/s]

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

$H$  = høyde fra brann til tak [m]

$r$  = radiell avstand fra brannens loddlinje til detektor [m]

#### Formel 2.4.1–2: Røykgass hastighet ved taket



Figur 2.4.1–1: Skisse<sup>16</sup> til formel for røykgass hastighet

Formel 2.4.1–2 gjør det mulig å beregne røykgass hastigheten ved taket når brannens effekt, rommets geometri og detektorens plassering er kjent. For eksempler vil en brann på 100 kilowatt i et rom med høyde på 4 meter gi en røykgass hastighet på omtrent 1 meter per sekund, når detektoren er plassert 2 meter til side for brannens loddlinje ( $r=2$  meter). Validiteten for røykgass hastigheter beregnet for små brannen i lave rom (for eksempel ISO-rom) må regnes for å være usikker, da formelen er basert på eksperimentelle data fra test branner med effekter på 668 kilowatt til 98 megawatt i rom med høyde fra 4,6 til 15,5 meter.



## Feil å benytte RTI for varmedetektorer?

Schifiliti og Pucci har påpekt at tilpasningen av RTI mot varmedetektorer medfører til en feil av ukjent størrelse.

Årsaken til feilen er forskjellen i røykgass hastigheten ved taket som kreves for å få respons fra en varmedetektor og et sprinklerhode. Varmeroverføringen fra gass til detektor avhenger av røykgass hastighet<sup>18</sup>. Økt hastighet gir større varmeoverføring til detektoren. Når varmeoverføringen skal fastsettes for sprinkler, varmedetektor eller lignende må det benyttes en røykgass hastighet som er realistisk. Testmetodene for å fastsette RTI benytter en røykgass hastighet på 1,5 meter per sekund. En design brann for et varmedeteksjonssystem gir som regel en lavere gass hastighet. Dette betyr at systemet blir dimensjonert etter forhold som ikke er realistiske. Størrelsen på feilen er foreløpig ukjent, men dersom den er stor nok kan det bety at dimensjonering av varmedeteksjonssystemer på bakgrunn av RTI faktor blir feil. Dette kan føre til at deteksjonssystemer blir underdimensjonert. Det kan for eksempel medføre at realistisk tid til deteksjon er lengre enn hva systemet er blitt dimensjonert etter.

Løsningen på dette problemet har til nå vært å utvikle justeringstabeller som tar høyde for at RTI benyttes opp mot varmedetektorer. Nøyaktigheten på justeringsfaktorene er usikker, da en liten forandring i testforholdene kan medføre at samme detektor kommer ut med forskjellig resultat.

RTI faktoren har dermed begrenset verdi ved dimensjonering av varmedeteksjonssystemer, og fungerer i beste fall som en sammenligning mellom ulike produkter.

### 2.4.2 Riktig dimensjonering

For en sikker og nøyaktig dimensjonering av et varmedeteksjonssystem må utløsningstemperatur og termisk respons koeffisient [TRC] (Thermal Response Coefficient) til detektoren være kjent. TRC faktoren er ment som en erstatning for RTI på varmedetektorer. Begrepet er fortsatt under utvikling, og derfor ikke ferdig definert, men har som mål å være mer presist enn dagens løsning med RTI.

*National Fire Protection Association* [NFPA] har vedtatt at fra juli 2002<sup>12</sup> skal varmedetektorer være merket med utløsningstemperatur og TRC. Dermed vil TRC faktoren på sikt erstatte RTI ved dimensjonering av varmedeteksjonssystem.

## 2.5 Standarder for evaluering av varmedetektor

### 2.5.1 UL-standard

*Underwriters Laboratories* [UL] har utviklet standarden UL 521<sup>13</sup> for varmedetektorer, som er godkjent som amerikansk nasjonal standard [ANSI]. Standarden omfatter både konvensjonelle punktdetektorer og varmedetekterende linjer. Dette er den eneste standarden som er tilpasset varmedetekterende linjer.

Testene i standarden omfatter ikke bare selve detektorenheten, men også eventuelle kontrollenheter og festeanordninger. Produktene må tilfredsstillende alle relevante tester for å



---

oppnå fullverdig UL/ANSI godkjenning. De som ikke oppnår dette kan allikevel bli godkjent for spesielle bruksområder.

Standarden inneholder blant annet ovns-, brann-, korrosjons- og regntester. Branntesten gjøres i et rom som er 18,3 meter bredt og langt, og 4,8 meter høyt. Foruten disse testene inneholder den en rekke med tester som går på å avdekke operative temperaturer for detektorene.

### **2.5.2 European Norm 54-5**

*European Norm 54-5*<sup>14</sup> [EN 54-5] spesifiserer krav, test metoder og ytelsesnivå for punktvarmedetektorer. For andre typer varmedetektorer, som for eksempel varmedetekterende linjer, skal denne standarden kun brukes som en veiledning. EN 54-5 er godkjent som Norsk Standard.

Testene i standarden måler blant annet responstid under forskjellige forhold. Testene gjøres i en varmetunnel ved hjelp av varm luft.

## 3. Produkter og Metoder

Dette kapitlet tar for seg produktene som skal evalueres og sammenlignes., samt metoder for oppgaveløsninger.

### 3.1 Forsøk

Forsøkene som ble utført ved Høgskolen Stord/Haugesund [HSH], ble gjennomført i brannlaboratorium og ISO-rom. Dimensjonene til ISO-rommet er 3,6 meter langt, 2,4 meter bredt og 2,4 meter høyt. Disse målene er gitt i *ISO 9705-Room Corner Test* og rommet er bygd i Scanpor høytrykksherdet lettbetong.

#### Produkter

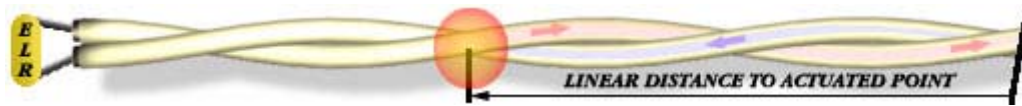
Fire forskjellige varmedetekterende linjer er blitt testet, hvor to er helt nye på markedet. Den ene er den norske patentsøkte smeltetråden *Spider*, mens den andre er israelske *FireSys*. De to andre produktene er *SercuriSens ADW 511 Transafe* og *Protectowire*. Sistnevnte den mest brukte løsningen både i Norge og resten av verden.

*SercuriSens ADW 511 Transafe* [ADW 511] er en elektrisk pneumatisk linjedetektor, som består av en kontrollenhet og et rørsystem, som blir kalt *sensor tube network* [sensstube]. Sensstube er et kobberør med indre og ytre diameter på henholdsvis 4 og 5 millimeter. Rørsystemet er koblet til kontrollenheten i den ene enden, og forseglet i den andre. Systemet skal være lufttett. Kontrollenheten inneholder en trykkmåler som kontinuerlig måler absolutt trykk i sensstube. Signalene evalueres av en mikroprosessor, som gir alarm dersom trykkøkningen er for stor i et gitt tidsrom, eller trykket overstiger et gitt maksimalverdi. Kontrollenheten luker ut trykkøkninger som skjer over lang tid, som for eksempel kan være forårsaket av værforandring. I tillegg har kontrollenheten en enhet som kontinuerlig kontrollerer systemet for lekkasje. Innstillingene av ADW 511 kan enten gjøres manuelt via et medfølgende dataprogram, eller ved å benytte forhåndsprogrammerte innstillinger. Under forsøkene ble høyeste forhåndsprogrammerte følsomhet benyttet. Ved denne innstillingen er ADW 511 godkjent som EN 54-5 klasse 1 detektor, som betyr en responstemperatur på 58°C.

*FireSys* er en elektrisk pneumatisk linjedetektor, som består av et tynt rustfritt metallrør, med en ytre og indre diameter på henholdsvis 2 og 1 centimeter. Det er tett i den ene enden, mens den andre er koblet til en kompakt kontrollenhet i den andre. Kontrollenheten overvåker linjen kontinuerlig, slik at eventuelle feil blir registrert. Deteksjon gis ved stor nok temperaturøkning per tidsenhet. Kontrollenheten gir mulighet til å justere følsomheten ved en bryter i kontrollenheten. Under forsøkene var følsomheten satt på normal.

*Protectowire* er en elektrisk ledende maksimaldetektor, som gir deteksjon ved at en kritisk temperatur overstiges. Systemet består av kabel og kontrollenhet. Kabelen består av to ledere belagt med to isolasjonsmaterialer. Det ene beskytter mot miljøpåvirkning, mens det andre blir smelter ved varmpåkjenning, og fører til at lederne kommer i kontakt med hverandre. Kablene utgjør en krets med en gitt motstand, og denne reduseres ved kontakt nærmere kontrollenheten. Se Figur 2.5.2–1. Følsomheten på systemet kan justeres ved kabler med forskjellig utløsningstemperatur. Tilgjengelige temperaturer er 68,3°C, 87,8°C, 137,8°C og

180°C. Protectowire kabelen som ble testet var av typen PHSC-155-EPC, hvor 155 er alarmtemperaturen i Fahrenheit. Dette tilsvarer 68,3°C. Produktet er UL-godkjent.



Figur 2.5.2–1: Prinsippskisse for Protectowire

Spider<sup>15</sup> er en smeltetråd, som fortsatt er under utvikling. Den er en norsk patentsøkt oppfinnelse. Smeltetråden består av en legering med god varmeledningsevne, slik at tiden til oppvarming blir kort. Tråden mister sin bruddfasthet når den varmes opp, og kretsen den danner med kontrollenheten brytes. Spider har ingen isolasjon eller beskyttelse rundt seg. Tråden som ble benyttet i forsøkene hadde en diameter på 1,6 millimeter, og en smeltetemperatur på 180°C.

### Måleutstyr

I de forsøkene det ble vurdert å være nødvendig, ble det benyttet termoelementer, av type K-mantel med diameter på 1,5 millimeter. Termoelementene ble koblet til en datalogger (*Fluke Hydra Data Acquisition Unit*) som kan ta opptil ni temperaturmålinger i bestemte tidsintervaller. Disse målingene ble lagret på en PC ved hjelp av dataprogrammet *LabView 5.1*.

For å registrere deteksjon på de varmedetekterende linjene, ble det benyttet et digitalt amperemeter (*Fluke 45 Dual Display Multimeter*) og et multimeter (*Fluke 26 III True RMS Multimeter*). Det digitale amperemeteret målte strøm og multimeteret målte motstand. I forsøkene med FireSys, ble det digitale amperemeteret benyttet til å registrere deteksjon. Dette ble koblet til kontrollenheten, sammen med en spenning på 24 volt. Under normale forhold går det en strøm på 2,5 milliamperere i kretsen, mens det ved deteksjon går en strøm på rundt 100 milliamperere. Multimeteret ble brukt til å registrere deteksjon i forsøkene med Protectowire og Spider, ved å måle henholdsvis motstand og strøm. Før deteksjon på Protectowire er det ingen kontakt mellom de to lederne i linjen, og det ble målt uendelig motstand. Ved at det isolerende laget smeltet under brannen, oppstod det kontakt mellom lederne og motstanden i linjen gikk mot null. I forsøkene med Spider ble det målt brudd av en meget svak strøm som ble sendt ut av multimeteret. Registrering av deteksjon i forsøkene med ADW 511 ble målt ved at en eller flere lamper på kontrollenheten ble tent. En indikerte feil, en deteksjon ved rask temperaturstigning (alarm differensial) og en indikerte at temperaturen oversteg en bestemt verdi (alarm max). Under forsøkene var kontrollenheten koblet til en spenning på 24 volt.

### Plassering og montering

Plassering og montering av varmedetekterende linjer, er avgjørende for å legge forholdene til rette for tidelig deteksjon. Følgende momenter ble forsøkt tatt hensyn til etter beste evne i forsøkene:

- linjene skal ikke monteres for lagt opp og inn i hjørner
- linjene skal ikke monteres der det er skjerming mot brannvarme som kommer nedenfor
- linjene skal ikke monteres der de kan bli eksponert mot direkte sollys
- linjene skal monteres under horisontale flater eller skrå flater





- linjene skal monteres der de er minst synlig og der montering gir minimale fysiske inngrep

### 3.1.1 Innledende forsøk

Hensikten med de innledende forsøkene, var å bli kjent med utstyr og produkter, samt å finne brenselstype for hovedforsøkene.

#### Valg av brensel

Den første utfordringen var å finne ut hvilket brensel som skulle benyttes i forsøkene. Valget stod mellom metanol og papirark. Hovedkriteriet som ble lagt til grunn, var at branneffekten lett skulle kunne justeres, slik at minste effekten som gav deteksjon kunne bestemmes. Metanol ble først utprøvd. Effekten av en væskebrann er gitt ved<sup>16</sup>:

$$\dot{Q}_c = \chi \cdot \Delta H_c \cdot \dot{m}'' \cdot A_f$$

$\dot{Q}_c$	=	effekt	[kW]
$\chi$	=	forbrenningseffektivitet	[0,8 ≤ χ ≤ 1,0]
$\Delta H_c$	=	forbrenningsvarme (entalpi)	[kJ/g]
$\dot{m}''$	=	massefluks per arealenhet	[g/m <sup>2</sup> · s]
$A_f$	=	brannens areal	[m <sup>2</sup> ]

#### Formel 3.1.1-1: Effekt av væske brann

500 gram metanol ble fylt i et kar med diameter på 0,28 meter. Karet ble plassert på en vekt, slik at fordampningen i løpet brannen kunne måles Dette gav grunnlag for å beregne massefluksen.

Til slutt ble det gjennomført forsøk med et papirark. Arket ble hengt opp loddrett på et stativ, for så å bli antent i de to nederste hjørnene. Brenntiden ble målt for å beregne effekten som er gitt ved:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta H_c \cdot m}{t_{fire}}$$

$\dot{Q}$	=	branneffekt	[kW]
$\Delta H_c$	=	forbrenningsvarme (entalpi)	[kJ/g]
$m$	=	masse av brensel	[g]
$t_{fire}$	=	branntid	[s]

#### Formel 3.1.1-2: Effekt ved forbrenning av papir

### Oppvarming av FireSys med varmepistol

Hensikten med å varme opp FireSys med varmepistol, var å se hvordan en elektrisk pneumatisk linjedetektor reagerer når den blir oppvarmet på et punkt og over ett lengre strekk. Det ble benyttet en varmepistol med effekt på 1,4 kilowatt, som varmekilde. Først ble fire meter av FireSys tråden strekt helt ut, og deretter varmeeekspionert på et avgrenset punkt i 5 minutter. Etterpå ble omtrent 1,5 meter av tråden tvinnnet sammen i små sirkler med diameter på 0,1 meter, for så å bli varmeeekspionert.

### Beregning av RTI- verdi

Det var ønskelig å beregne RTI-verdi for produktene, og det ble derfor gjennomført forsøk med FireSys for å se om dette var realistisk. Bakgrunnen for beregningene var EN 54-5<sup>14</sup>, som er beregnet til punkt varmedetektorer. I tillegg til denne standarden ble det også benyttet en rapport<sup>17</sup> om beregning av RTI-verdi for varmedetekterende rør, utviklet av Torgrim Log.

FireSys tråden ble festet på en aluminiums stang og lagt over et kar med metanol som gav en effekt på 15 kilowatt. Tråden ble lagt i en høyde på 0,5 meter over bunnen av karet. Se Bilde 3.1.1–1 nedenfor. Det første forsøket ble utført ved at metanolen brant i 5 minutter før stangen med tråden ble lagt over karet. Etterpå ble stangen lagt over karet i samme høyde som forrige forsøk, før metanolen ble antent.



Bilde 3.1.1–1: Oppsett for RTI-forsøk

### 3.1.2 Fullskala branntest ved låve

Det ble utført to fullskala branntester ved en gammel låve i Karmøy Kommune. Låven var oppført i 1920, og hadde en grunnflate på 153 kvadratmeter. Bygningen bestod av en etasje. I

tillegg var det et høyere plan midt i låven, som en forlengelse av låvebroen. Fasaden bestod for det meste av tre, med noe mur til venstre i Bilde 3.1.1–1 nedenfor.



**Bilde 3.1.2–1: Låven før storskalatest**

Produktene som ble testet ved de to forsøkene var Spider, FireSys og Transafe ADW 511. Hensikten med testene var å få en føling med produktene, der bruk i det ”virkelige liv” ble ansett som viktig. Spørsmål som ble stilt var:

- Hvor lang tid brukes på å montere linjene?
- Hvilke problemer kan oppstå ved montering og bruk?
- Hvor hurtig blir brannen detektert, og under hvilke temperaturer?

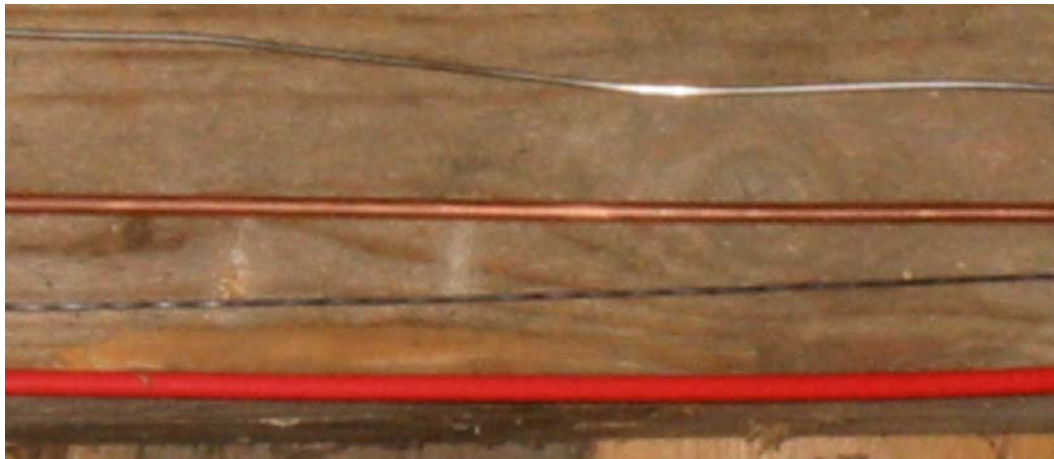
### **Rutine for gjennomføring av forsøk**

Linjene ble montert i sløyfer på omtrent 2,7 meter på tvers av takstolene, mens avstanden mellom linjene var omtrent 1 meter. Total lengde på linjene inne i brann rommet var rundt 15 meter. Montering ble utført i samsvar med definert monterings anvisning, angitt i starten av kapittel 3.1. Alle detektorlinjene ble spikret fast med klammer, slik at det ble mulig å vurdere tid for montering. Termoelementer ble montert sammen med linjene, for å anslå temperaturforløpet under brannen. Før brannstart ble de testet for å kontrollere at de gav utslag.

Brannen startet ved at høyball ble antent på den forlengede låve broen, omtrent 3 meter over grunnplanet. Ved test 1 ble brannen startet helt inne langs veggen, og linjene var plassert omtrent 1,6 meter over brannstedet. Ved test 2 ble brannen startet omtrent 3,5 meter fra veggen, og linjene var da omtrent 4 meter over brannstedet.

### **Tid til deteksjon**

Ved at alle linjene hadde lik avstand til brannstedet, ble det mulig å sammenligne tid til deteksjon for de forskjellige produktene. I tillegg til Firesys, Spider og ADW 511, ble også FireTrace testet ved disse forsøkene. FireTrace består av et trykksatt plastrør, som det smelter hull på ved varmpåkjennning. Trykkfallet i plastrøret fører til at ventilen til slokkesystemet åpnes.



Bilde 3.1.2–2: Plassering av detektorlinjer i forhold til hverandre. Fra øverst til nederst: FireSys, ADW 511, Spider og FireTrace

### 3.1.3 Tid-til-deteksjon forsøk

Hensikten med forsøkene var å finne den minste effekten som gav deteksjon for hver av de varmedetekterende linjene, samt å vurdere tid til deteksjon. Disse forsøkene ble utført i ISO-rom ved HSH. Resultatene ble benyttet for å vurdere produktenes branntekniske egenskaper, som er den mest fundamentale kravspesifikasjonen.

#### Brensel

I forkant av forsøkene ble det gjennomført innledende forsøk for å finne ut hvilket brensel som skulle benyttes. Papirark ble valgt som brensel, fordi det i forsøkene var ønskelig å finne den minste effekten som gav deteksjon. Effekten kunne lett reguleres ved å legge til eller fjerne ark. Papirarkene ble hengt opp i et stativ som var utformet for forsøkene. Stativet var laget av en kraftig stålstreng. Se Bilde 3.1.1–1 nedenfor.



Bilde 3.1.3–1: Stativ for tid til deteksjon forsøkene



## **Rutine for gjennomføring av forsøk**

Det ble montert et termoelement 0,03 meter over arkene og et termoelement i taket der den varmedetekterende linjen var montert. Forsøkene begynte med å montere de varmedetekterende linjene. Linjene ble montert i senter av taket, på langs av rommet. Produktene ble testet hver for seg. Etter monteringen ble linjene koblet til et måleutstyr og en strømkilde. Deretter ble stativet med papirarkene plassert i senter av rommet. Arkene ble antent på to steder samtidig, i de nederste hjørnene. Tiden til deteksjon ble tatt fra og med da arkene ble antent til og med da det ble eventuelt registrert deteksjon. Samtidig ble også selve branntiden tatt, som vil si tiden til brannen opphørte.

### **3.1.4 Ikke-brann forsøk**

Falsk alarmer kan være et problem med elektrisk pneumatiske linjedetektorer, da de detekterer ved plutselig temperaturøkning. Dette kan for eksempel være aktuelt på en kald vinterdag, hvor inne temperaturen er høy, og dermed vil temperaturdifferanse mellom ute og inne være stor. Åpning av dør eller vindu kan føre til rask temperaturstigning under takutstikk, hvor detektorlinjen ofte er montert. En slik situasjon ble forsøkt simulert ved to forsøk i ISO-rommet ved HSH.

#### **Testoppsett**

Produktene ble montert på utsiden, over døren til ISO-rommet, som var sperret ved hjelp av en plate og isolasjon. ISO-rommet ble varmet opp ved hjelp av elektriske ovner med total effekt på 5 kilowatt i omtrent 90 minutter. Temperaturmålinger ble gjort med termoelementer. Utenfor ISO-rommet ble temperaturen målt over døren hvor detektorlinjene var montert. Inne i ISO-rommet ble det benyttet tre termoelementer, plassert nederst, midterst og øverst i rommet. Ut fra disse ble det beregnet en gjennomsnittstemperatur for rommet. Platen foran døren ble fjernet når temperaturdifferansen mellom rommene var omtrent 35°C. Den forholdsvis høye "ute" temperaturen på rundt 20°C, hadde lite å si for resultatene til forsøkene, da trykkøkning i et pneumatisk rør er proporsjonalt stigende med temperaturøkning. Bredden og høyden på døråpningen var henholdsvis 0,8 meter og 2,1 meter, og arealet på døråpningen var omtrent 1,7 kvadratmeter.



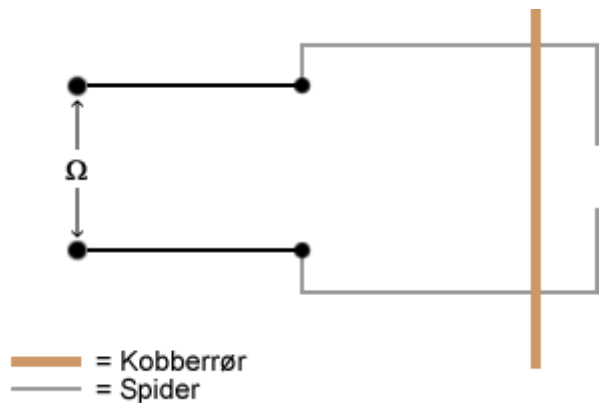
Bilde 3.1.4–1: Plassering av detektorlinjene ved ikke-brann forsøk

### 3.1.5 Feilkilde forsøk

Ved fullskala branntest ved låve ble det avdekket en mulig feilkilde ved smeltetråden Spider. Denne ble antatt å komme av overledning mellom smeltetråden, og de andre strømledende detektorene. Det ble antatt at vann fra testing av slukkesystemet bedret kontakten mellom Spider og de andre strømledende detektorene, og dermed forverret problemet med overledning. For å bekrefte disse antagelsene ble det utført to forsøk i laboratoriet ved HSH. Forsøk 1 ble utført for å bekrefte antagelsene gjort ved fullskala branntesten. Forsøk 2 ble utført for å simulere en mulig løsning på problemet med overledning.

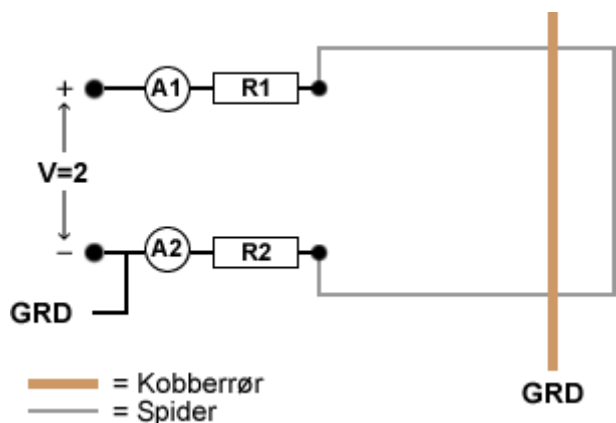
#### Testoppsett

Ved forsøk 1 ble det montert omtrent 1,5 meter linje på en sponplate, slik at den dannet en hesteskoformet krets. Et multimeter ble brukt for å måle motstanden i kretsen, mens kobberøret fra ADW 511 ble brukt for å simulere overledning. Røret fikk kontakt med Spider på to punkter, og mellom disse ble Spider brutt, og ny motstand i kretsen ble målt. Der røret fikk kontakt med Spider, ble vann påført koblingen ved hjelp av en sprayflaske. Koblingskjema for forsøk 1 er vist i Figur 3.1.5–1 nedenfor.



Figur 3.1.5–1: Kablingsskjema for ujordet overledningsforsøk

Ved forsøk 2 ble det forutsatt at de andre strømledende detektorene normalt ville vært jordet. I kretsen fra forsøk 1 ble det montert to amperemeter for å måle strømmen i kretsen, og to motstander på 1000  $\Omega$  hver for å begrense strømmen, og et voltmeter for å måle spenningen fra strømforsyningen. Strømforsyningen ble jordet, og satt til å gi en spenning på 2 volt. Overledning ble simulert med et jordet kobberrør. Kablingsskjema for forsøk 2 er vis i Figur 3.1.5–2 nedenfor.



Figur 3.1.5–2: Kablingsskjema for jordet overledningsforsøk

## 3.2 Markedsundersøkelse

Ettersom en viktig del av oppgaven var å kartlegge marked og behov for varmedetekterende linjer ble det gjennomført en markedsundersøkelse. Undersøkelsen ble utført elektronisk.

Undersøkelsen ble sendt ut til virksomheter innefor eksisterende satsningsområder for varmedetekterende linjer, både i Norge og i utlandet. I Norge har det blant annet vært satset mye på eldre trehusbebyggelse og verneverdige bygg, mens i utlandet har det fortrinnsvis blitt anvendt i industri. På bakgrunn av dette ble undersøkelsen sendt til:

- offshore/shipping
- landbasert industri (for eksempel trelast, petroleum, smelteverk)
- eiere/brukere av eldre trehusbebyggelse og verneverdige bygg

Spørsmålene og svaralternativer til undersøkelsen ble utformet i samråd med Geir Jensen fra Interconsult ASA og Jan Hantho fra Haugaland Brannsikring AS. Følgende spørsmål ble vektlagt:

- benyttes utvendig deteksjon?
- deteksjonsprinsipper ute og inne (røyk, varme, flamme)?
- kriterier for valg av deteksjon (økonomi, estetikk, vedlikehold)?
- kjent med begrepet varmedetekterende linjer?
- aktuelt å ta i bruk dersom konkurranse dyktig i forhold benyttet deteksjonsprinsipp?.

### 3.3 Evaluering av varmedetekterende linjer

Produktevaluering ble gjort opp mot fastsatte kravspesifikasjoner, som er beskrevet i avsnitt 3.3.2.

#### 3.3.1 Generell evaluering

En varmedetekterende linje kan enkelt sies å være en kabel eller et rør, som sammen med en kontrollenhet reagerer på temperaturøkning eller en satt maksimalverdi. Varmedetekterende linjer kan deles inn i tre grupper.

- integrerende linjer, som reagerer på stor nok temperaturøkning per tidsenhet.
- maksimaldetektorer, som reagerer på en satt maksimaltemperatur.
- en kombinasjon av disse.

Integrerende linjer har kortere responstid enn maksimaldetektorer. Årsaken til at maksimaldetektorene har lengre responstid, er at røykgass temperaturene øker raskere enn det linjen klarer å ta opp. I motsetning til maksimaldetektorene må integrerende linjer bli påført varme over et større område, noe som gjør dem mindre utsatt for uønskede alarmer. En kombinasjon disse to prinsippene gir en ekstra sikkerhet. Hvis røykgass temperaturen stiger så sakte at ikke grensen for maksimal temperaturøkning per tidsenhet overstiges, vil detektoren gi signal ved en gitt maksimaltemperatur.

De tre gruppene beskrevet tidligere i avsnittet kan igjen deles inn forskjellige deteksjonsprinsipper, som for eksempel:

- elektrisk ledning
- optisk fiber
- smeltetråd
- elektronikk/pneumatikk
- pneumatikk

Ved disse prinsippene finnes det ulike produkter. Noen karakteristiske trekk som skiller produktene er, følsomhet, lokalisering av brannsted, pris, estetikk og brukervennlighet. Disse karakteristiske trekkene blir ofte kalt kravspesifikasjoner, da de er avgjørende ved valg av deteksjonssystem. De mest vanlige kravspesifikasjoner blir utdypet i neste avsnitt.



### 3.3.2 Produktevaluering

Produktene som ble evaluert er beskrevet i innledningen på avsnitt 3.1. Da produktene har ulike egenskaper, er det viktig å fastsette nøyaktige kravspesifikasjoner. Dette gir en rettferdig og helhetlig evaluering av produktene, som danner grunnlaget for å vurdere produktene opp mot hverandre. Kravspesifikasjonene som er benyttet i dette prosjektet er listet opp etter betydning.

#### **Branntekniske egenskaper**

Produktene har ulike egenskaper, men felles for dem alle, er at de skal detektere brann. Dermed må de ha egenskaper som takler kravene, som stilles av området og miljøet de skal installeres i. Dette innebærer at følsomheten må være høy, men for høy følsomhet gir fare for unødige alarmer. Dette kan for eksempel skje ved sollys eller rask temperaturøkning (ikke-brann forsøk). Riktig montering av utstyret kan i stor grad forhindre dette. Det er fordelaktig dersom følsomheten kan justeres slik at detektoren kan tilpasses ulike typer miljø. En annen viktig faktor er responstid, som vil si tid fra brannstart til detektorrespons. Hvor lav denne tiden må være, avgjøres av hva som skal sikres (personsikring, verdisikring).

#### **Økonomi**

Organisatoriske og forebyggende brannvern er grunnleggende innen brannsikring, og økonomi er ofte den faktoren som begrenser dette arbeidet. Dette er en av grunnene til at mange bygg ikke har tilfredsstillende brannsikring. Dette er også gjeldene innefor deteksjon, hvor produktvalg som ofte avgjøres av kostnadene ved innkjøp. Pris per meter detektorlinje og pris på annet nødvendig utstyr (for eksempel kontrollenhet) vil bli derfor bli vektlagt. Foruten dette er også kostnadene etter at deteksjonsutstyret er tatt i bruk av betydning, som blant annet innebærer kostnader ved drift, testing og vedlikehold.

#### **Materialets egenskaper**

Levetiden til produktene avhenger ikke bare av miljøet de anvendes i, men også hvilket materiale de er laget av. Aldringen til materiale avgjøres i stor grad av motstandsevne mot miljøpåvirkninger, som blant annet sol og korrosjon. Materialets egenskaper avgjør også detektorlinjens tilstand etter brannpåkjenning. Noen linjer kan benyttes om igjen etter brann, mens andre må skiftes helt eller delvis ut. Foruten dette er også strekkfasthet interessant. Høy strekkfasthet vil hindre uønsket alarm eller feilmelding, som følge av brudd på linjen. Dette er blant annet aktuelt i trehus, ettersom de beveger seg med temperatur.

#### **Estetikk**

Detektorlinjens synlighet er i mange tilfeller betydningsfull, da et av satsningsområdene for varmedetekterende linjer er utendørs bruk. Dette gjelder for eksempel for verneverdige bygg, hvor det er ønskelig å bevare estetikken. Synligheten avgjøres blant annet av linjens diameter og farge, og hvilke festningsanordninger som benyttes. Maling vil kunne redusere synligheten dersom dette ikke svekker linjens deteksjonsevne.

#### **Brukervennlighet**

Brukervennlighet kan betraktes som et samlebegrep for både montering og vedlikehold. Produktene vil som oftest inngå i automatiske brannalarmanlegg, og det er derfor ønskelig at de kan kobles opp mot standard branntavler. Når systemet er på plass, vil vedlikehold være en viktig del av det brannforebyggende arbeidet. Det vil være fordelaktig dersom det kan utføres



---

uten spesialutstyr eller hjelp fra fagpersonell. Behovet for vedlikehold avgjøres i stor grad av materialets egenskaper.

### **Anvendelsesområde**

Produsenter av varmedetekterende linjer har ofte som mål å tilby løsninger der dagens konvensjonelle detektorer ikke strekker til. Det kan for eksempel være utvendig deteksjon, eller i områder med ekstrem varme. Evne til å tilby deteksjon i slike områder avhenger av produktets operative temperaturintervall og materielle egenskaper. Et annet satsningsområde er tunneler, som innebærer deteksjon over en lang strekning. Her er det ønskelig at produktenes maksimale kretslengde er lengst mulig.

## 4. Resultater

Dette kapitlet tar for seg resultater og vurderinger av produkter og metoder beskrevet i kapitel 3.

### 4.1 Forsøk

Resultatene fra forsøkene utgjør en viktig del av grunnlaget for å kunne evaluere og sammenligne produktene.

#### 4.1.1 Innledende forsøk

Resultatene fra innledende forsøk danner grunnlaget for valg av videre forsøksmetoder, som resulterte i at det ikke ble satset på å beregne RTI-verdi. Istedenfor ble det besluttet å utføre en serie med forsøk, som vurderte produktenes deteksjonstid og følsomhet.

##### Effekten av væskebrannen

For metanol brannen ble følgende data benyttet<sup>16</sup>:

$$\begin{aligned}\chi &= 0,853 \\ \Delta H_c &= 19,83 \text{ kJ/g}\end{aligned}$$

Massefluksen ble beregnet fra målinger av væskens fordampning per tidsenhet.

$$\dot{m} = 0,89 \text{ g/s}$$

Disse verdiene innsatt i formel Formel 3.1.1–1 gir:

$$\dot{Q}_c = 0,853 \cdot 19,83 \text{ kJ/g} \cdot 0,89 \text{ g/s} \approx \underline{15 \text{ kW}}$$

##### Effekt av papirbrann

For papirbrannen ble følgende data benyttet:

$$\begin{aligned}\Delta H_c &= 19 \text{ kJ/g} \\ m &= 4,5 \text{ g} \\ t_{\text{fire}} &= 32 \text{ s}\end{aligned}$$

Disse verdiene innsatt i formel Formel 3.1.1–2 gir:

$$\dot{Q} = \frac{19 \text{ kJ/g} \cdot 4,5 \text{ g}}{32 \text{ s}} = \underline{2,67 \text{ kW}}$$

Innledende forsøk viste at papir egnet seg best som brensel for tid-til-deteksjon forsøkene, ettersom effekten lot seg justere ved å legge til eller fjerne papirark. Grunnen til at metanol ikke ble valgt, var at effekten ikke lot seg lett justere, da dette vil kreve kar av ulik størrelse.



Foruten dette gav metanol en lengre branntid, slik at hyppigheten på forsøkene ville blitt lavere.

### Oppvarming av FireSys med varmepistol

Da FireSys ble varmet opp på et avgrenset punkt i 5 minutter, gav den ikke deteksjon. Derimot da den ble tvinnet i små sirkler, og varmet opp, gav den deteksjon.

### Beregning av RTI-verdi

Det ble gjort forsøk angående beregning av RTI-verdi for produktene. Utgangspunktet for beregningene var en kombinasjon av EN 54-5 og beregninger på plastrør utført av Torgrim Log. RTI målingene viste seg å ikke la seg gjennomføre av flere årsaker. Da stangen var lagt over karet etter at metanolbrannen hadde fått stabilisert seg, gav den umiddelbart deteksjon. Dermed ble tid til deteksjon var for lav, og kunne ikke regnes som pålitelig for å beregne RTI-verdien. Forsøket hvor stangen ble plassert over karet før metanolen ble antent, gav stort sett samme resultat. Effekten til metanolbrannen representert her en usikker faktor, da den ikke hadde stabilisert seg. Foruten dette var det manglende opplysninger om to av produktene (FireSys og Spider). Det var for eksempel en forutsetning å ha varmekapasiteten til detektorlinjenes metall for å kunne beregne RTI-verdien. De manglende opplysningene skyldes at produktene enda er i utviklingsfasen, og en del opplysninger blir holdt konfidensielle. Beregningen utført av Torgrim Log var dessuten kun egnet til pneumatiske systemer, og kunne ikke vært benyttet på Spider og Protectowire. En annen årsak til at det ikke ble beregnet RTI-verdi for produktene, var blant annet Schifilitis og Puccis betraktninger beskrevet i avsnitt 2.4.1 . Problemene over medførte at det ikke ble utført RTI beregninger for noen av produktene.

#### 4.1.2 Fullskala branntest ved låve

Fullskala branntestene gav god innsikt, og avdekket mulig ”fallgruver” ved montering og bruk av varmedetekterende linjer.

#### Monteringstid

Ved fullskala branntester ved låve ble det målt monteringstid for de varmedetekterende linjene Spider, FireSys og ADW 511. Monteringstiden ble vurdert for linjer med total lengde 20 meter. Tabell 4.1.2–1 viser at Spider og FireSys ligger nokså likt, mens ADW 511 tok nesten dobbelt så lang tid å montere. Hovedårsaken til lengre monteringstid på ADW 511 var skjøting de 5,5 meter lange kobberørene. Festeordningene for produktene var lik for samtlige produkter, og hadde derfor ikke innvirkning på monteringstiden.

Spider	FireSys	ADW 511
10 minutt	12 minutt	17 minutt

Tabell 4.1.2–1: Monteringstid ved låve

#### Tid til deteksjon

Tid til deteksjon ble målt for alle produktene, inkludert FireTrace. Målingene for Spider angitt i Tabell 4.1.2–2 var feil. Årsaken til at Spider ikke gav deteksjon i første forsøk var sannsynligvis overledning med FireSys, ADW 511 eller termoelementene. Den hadde også overledning i andre forsøk, men fikk da brudd samtidig med den trykksatte FireTrace. Dette

skyldes antakeligvis at deler av FireTrace ble slengt rundt på grunn av trykkutløsningen, og påførte Spider brudd på et sted uten overledning. Spider antas å ha gitt deteksjon tidligere enn FireTrace, da det ble observert brudd på flere plasser hvor FireTrace ikke hadde vært i kontakt med Spider. Ved ADW 511 anses tid til deteksjon å være riktig i første forsøk. I andre forsøk antas verdien å være feil. Denne antagelsen er bygget på at linjen ble eksponert for solly, og at tid til deteksjon er lavere enn i første forsøk, på tross av at avstand til brannen er høyere. Verdiene for FireSys antas å være korrekte for begge forsøkene.

	Spider	FireSys	ADW 511	FireTrace
Test 1	Ingen måling	24 sekund	40 sekund	75 sekund
Test 2	87 sekund	35 sekund	29 sekund	87 sekund

Tabell 4.1.2–2: Tid til deteksjon ved fullskala branntest

### Feilkilder

Observerte feilmeldinger fra forsøkene med Spider var overledning. Årsaken til dette var kombinasjonen med andre strømførende elementer, som for eksempel kobbertråder til ADW 511. Vannet fra vanntåkeanlegget kan også ha bidratt til overledning, ettersom vann kan danne en strømførende bro mellom deteksjonslinjen og andre strømførende elementer. Det er derfor viktig at Spider monteres i sikker avstand fra andre strømførende deler. Observerte feilmeldinger fra forsøkene med ADW 511, var for følsom kalibrering av kontrollenheten. Dette medførte sannsynligvis at sollyset gav deteksjon, på tross av at bare  $\frac{1}{6}$  av linjen ble direkte eksponert for solly.

### 4.1.3 Tid til deteksjon forsøk

Utgangspunktet for alle forsøkene var 50 ark, noe som gav deteksjon på alle produktene. Forsøkene ble stoppet når to forsøk med samme antall ark, ikke gav deteksjon. Branntiden ble definert som tiden fra antenning til brannen opphørte.

#### Innstilling av produktene

Protectowire kabelen som ble testet var av typen PHSC-155-EPC, hvor 155 er alarmtemperaturen i Fahrenheit. Dette tilsvarer 68,3°C. Spider hadde en smeltetemperatur på 180°C. For ADW 511 ble det benyttet en forhåndsprogrammert innstilling, som er godkjent som EN 54-5-klasse 1 detektor. Dette tilsvarer en utløsningstemperatur på 58°C. FireSys var innstilt på normal følsomhet.

#### Branntid

Effekten for hvert forsøk ble beregnet ved Formel 3.1.1–2. Effekten på brannen varierte for samme antall ark. Årsaken var branntiden, som ble avgjort av nøyaktighet i antennelsesfasen. For maksimaldetektorene har branntiden større betydning for tid til deteksjon, enn effekten til brannen. Det kan forklares ved at temperaturen var høy nok til å gi deteksjon, men tiden detektoren ble eksponert var for liten. Som Tabell 4.1.3–3 viser, gav Spider deteksjon på 40 ark, da branntiden var 39 sekund. Derimot gav den ikke deteksjon på samme antall ark, da branntiden var 35 sekund, hvor igjen effekten var større. Det ble observert i siste nevnte forsøk, at linjen hadde mistet sin bruddfasthet, dersom den hadde blitt eksponert i et par sekunder til. Dette kan også sees ut fra Tabell 4.1.3–4, hvor forsøket med høyest effekt og dermed lavest branntid ikke gav deteksjon. Foruten branntidens lengde, viste det seg at



avstanden mellom festene for Spider var meget avgjørende for deteksjonstiden. Når avstanden mellom festen var 0,5 meter gav Spider ikke deteksjon på 50 ark, men den gav derimot deteksjon når avstanden ble doblet. Dermed er avstanden mellom feste avgjørende for deteksjonstiden til Spider.

### **Røykgasshastighet**

Røykgasshastigheten ble beregnet ved Formel 2.4.1–2. Tallene for røykgasshastighet må regnes å være tvilsomme, da formelen de er beregnet fra er basert på eksperimentelle data, fra testbranner med effekter fra 668 kilowatt og oppover i rom med høyder fra og med 4,6 meter. Effektene av brannene i ISO-rommet var mer en fire ganger lavere enn dette, samtidig som høyden på rommet var omtrent halvparten. Dette svekker validiteten til de beregnede røykgasshastighetene, men det er allikevel grunnlag til å anta at deteksjonstiden reduseres med økende røykgasshastighet, som Diagram 4.1.3–1 og Diagram 4.1.3–2 viser på side 32. Denne antagelsen er rimelig ettersom varmeoverføring til en detektor hovedsakelig skjer som konveksjon fra den varme røykgassen<sup>18</sup>. Konveksjon avgjøres i stor grad av gassens egenskaper og strømningsparametere, hvor røykgasshastigheten er inkludert i sistnevnte. Dette betyr at økende røykgasshastighet gir økende konveksjon, som igjen gir redusert deteksjonstid.

### **Følsomhet**

Resultatene viser at de elektrisk pneumatiske linjedetektorene ADW 511 og FireSys er omtrent like følsomme, da begge gav deteksjon på så lite som to ark. Tabell 4.1.3–2 og Tabell 4.1.3–1 viser henholdsvis at de elektrisk pneumatiske detektorene, FireSys og ADW 511, hadde jevn tid til deteksjon i sine respektive forsøk, med en liten økning når effekten går under omtrent 14 kilowatt. Resultatene viser også at de har omtrent lik følsomhet, men at FireSys har kortere tid til deteksjon. En gjennomsnittsverdi for deteksjonstid på ADW 511 og FireSys gir henholdsvis 27 og 9 sekunder. Det vil si at FireSys i snitt gav deteksjon 3 ganger raskere. Dette tatt i betraktning med at metallmassen på FireSys omtrent er 3 ganger mindre, tyder på at massen som må oppvarmes er avgjørende for deteksjonstiden. Samtidig er det rimelig å anta at FireSys har lavere RTI-verdi enn ADW 511, da denne verdien uttrykker forsinkelsen i reaksjonen til detektoren. ADW 511 kunne også gi deteksjon ved at trykket oversteg en maksimalverdi. Tabell 4.1.3–1 viser at alarm for maksimaltrykk stort sett ble gitt etter brannen opphørte. Dette skyldes at røret også etter brannstopp ble påført varme, ved konveksjon fra røykgassene, og dermed steg trykket i røret over den fastsatte maksimalverdi. For Spider og Protectowire, som er av typen maksimaldetektor, viser resultatene at de har lavere følsomhet enn de elektrisk pneumatiske. Se Tabell 4.1.3–3 og Tabell 4.1.3–4.

### **Diagrammer**

Sammenhengen mellom deteksjonstid og røykgass hastighet for de elektrisk pneumatiske detektorene kommer frem ved å plote dataene i diagram. En logaritmisk trendlinje viser at deteksjonstiden reduseres ved økende røykgasshastighet. Se Diagram 4.1.3–1 og Diagram 4.1.3–2. På tross av liten datamengde på maksimaldetektorene viser også disse denne sammenhengen. Se Diagram 4.1.3–4 og Diagram 4.1.3–3.

## ADW 511

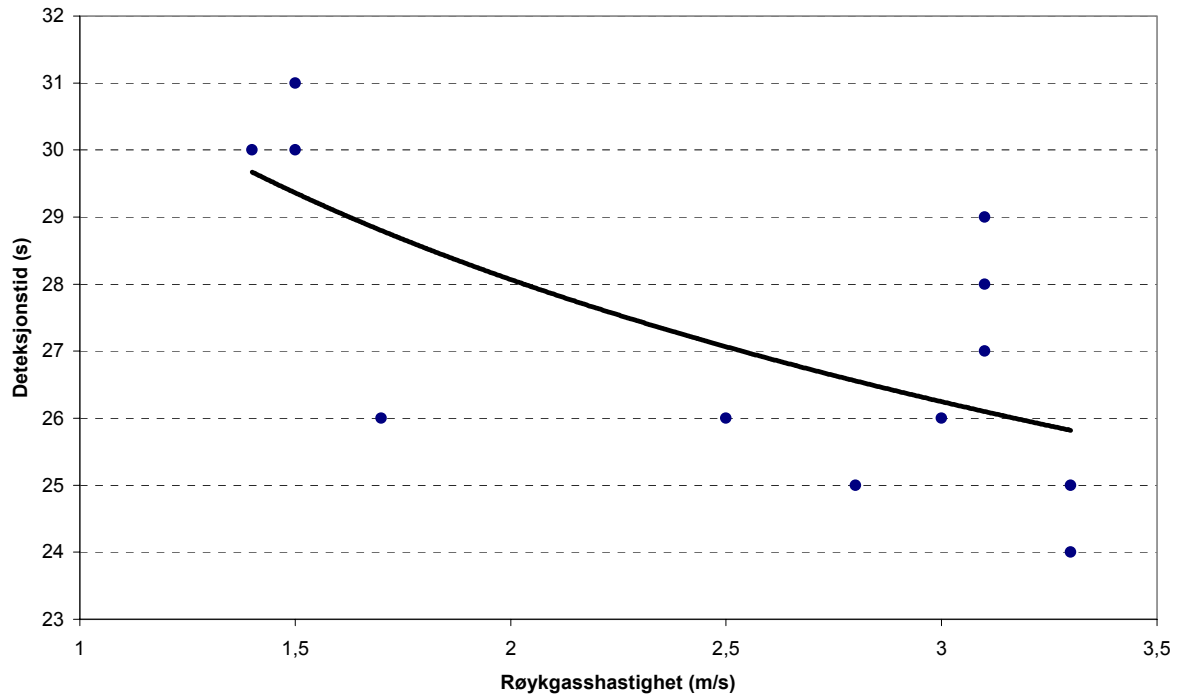


Diagram 4.1.3-1: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for ADW 511

Antall ark	Masse ark (g)	Branntid (s)	Effekt (kW)	Deteksjonstid (Diff/Maks) (s)		Røykgasshastighet (m/s)
				Diff	Maks	
50	225,0	58	73,7	26	42	3,0
40	180,0	35	97,7	25	34	3,3
40	180,0	39	87,7	29	45	3,1
35	157,5	34	88,0	27	36	3,1
30	135,0	30	85,5	28	36	3,1
30	135,0	24	106,9	24	34	3,3
20	90,0	27	63,3	25	31	2,8
10	45,0	18	47,5	26	55	2,5
5	22,5	29	14,7	26	-	1,7
3	13,5	27	9,5	31	-	1,5
2	9,0	18	9,5	30	-	1,5
2	9,0	20	8,5	30	-	1,4
1	4,5	21	4,1	-	-	1,1
1	4,5	23	3,7	-	-	1,1

Tabell 4.1.3-1: Tid til deteksjon for ADW 511

## FireSys

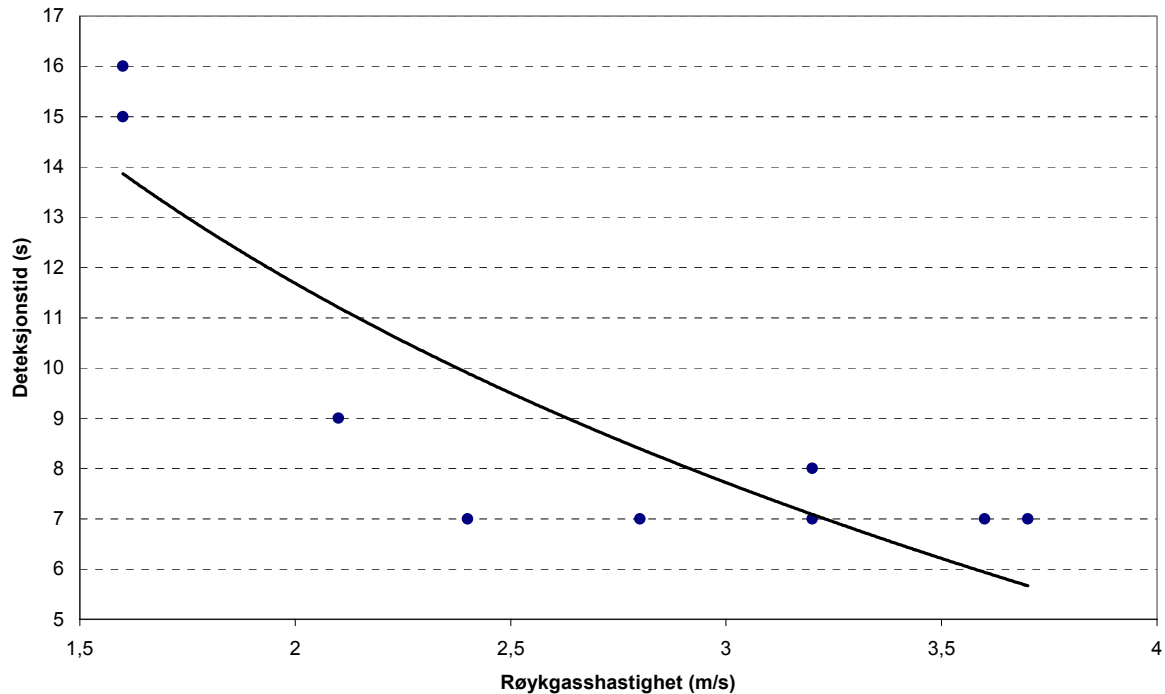


Diagram 4.1.3-2: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for FireSys

Antall ark	Masse ark (g)	Branntid (s)	Effekt (kW)	Deteksjonstid (s)	Røykgasshastighet (m/s)
50	225,0	33	129,5	7	3,6
50	225,0	48	89,0	8	3,2
50	225,0	30	142,5	7	3,7
25	112,5	22	97,2	7	3,2
15	67,5	20	64,1	7	2,8
10	45,0	22	38,9	7	2,4
5	22,5	15	28,5	9	2,1
3	13,5	20	12,8	15	1,6
2	9,0	16	10,7	16	1,6
1	4,5	25	3,4	-	1,0
1	4,5	31	2,7	-	1,0

Tabell 4.1.3-2: Tid til deteksjon for FireSys



## Spider

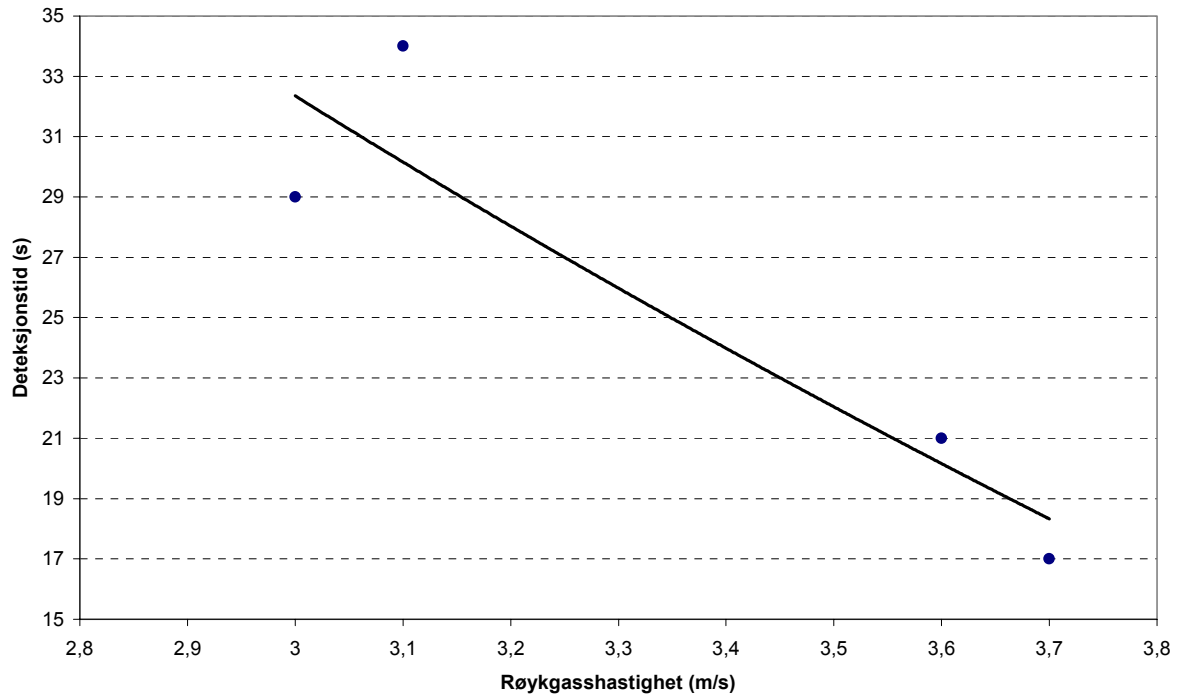


Diagram 4.1.3-3: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for Spider

Antall ark	Masse ark (g)	Branntid (s)	Effekt (kW)	Deteksjonstid (s)	Røykgasshastighet (m/s)
50	225,0	58	73,7	29	3,0
50	225,0	30	142,5	17	3,7
50	225,0	33	129,5	21	3,6
40	180,0	39	87,7	34	3,1
40	180,0	35	97,7	-	3,2
40	180,0	34	100,6	-	3,3

Tabell 4.1.3-3: Tid til deteksjon for Spider

## Protectowire

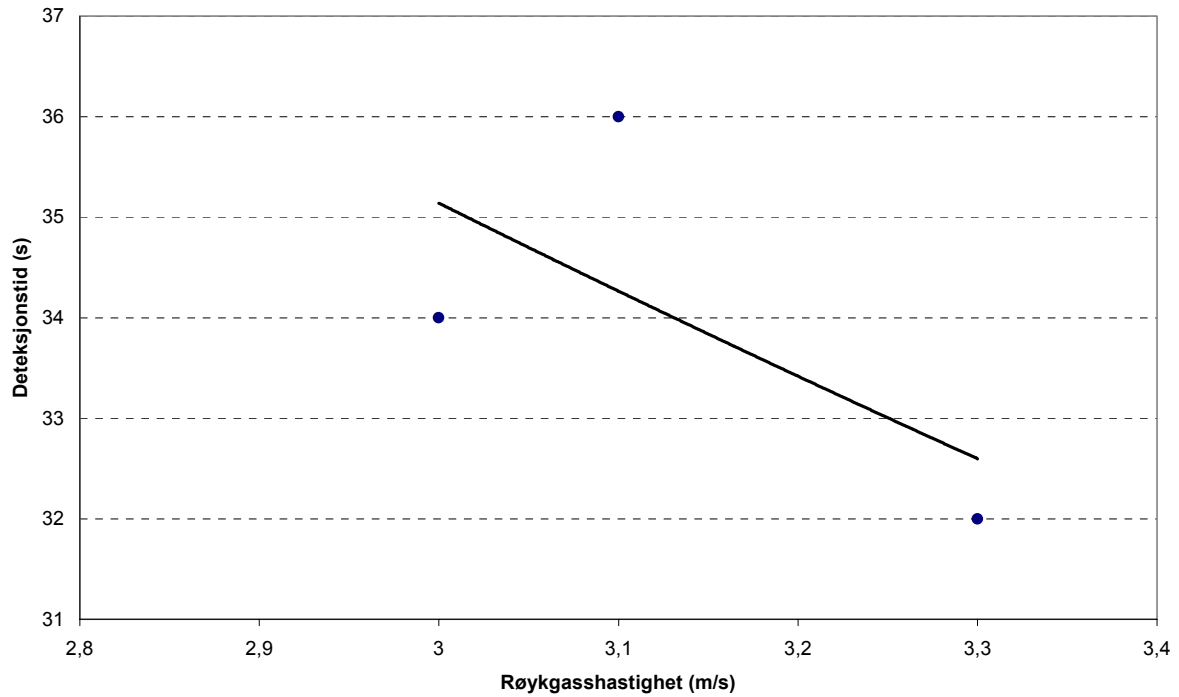


Diagram 4.1.3-4: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for Protectowire PHSC-155-EPC

Antall ark	Masse ark (g)	Branntid (s)	Effekt (kW)	Deteksjonstid (s)	Røykgasshastighet (m/s)
50	225,0	58	73,7	34	3,0
40	180,0	35	97,7	32	3,3
35	157,5	34	88,0	36	3,1
30	135,0	24	106,9	-	3,4
30	135,0	30	85,5	-	3,1

Tabell 4.1.3-4: Tid til deteksjon for Protectowire PHSC-155-EPC



#### 4.1.4 Ikke-brann forsøk

Elektrisk pneumatisk linjedetektorer, som reagerer på hurtig temperaturøkning, kan være utsatt for uønskede alarmer. Dette kan for eksempel være aktuelt på en kald vinterdag, med høy innetemperatur. . Åpning av dør eller vindu kan føre til rask temperaturstigning under takutstikk, hvor detektorlinjen ofte er montert. En slik situasjon ble forsøkt simulert i et ISO-rommet.

Ved første forsøk var det en temperaturforskjell på 32°C mellom ”ute” og inne, da temperaturen innen- og utendørs var henholdsvis 52°C og 20°C. Denne testen gav ikke utslag på FireSys, men derimot på ADW 511, som reagerte etter 50 sekund. ADW 511 var ved dette forsøket innstilt på det mest følsomme forhåndsprogrammet, som krever en temperaturøkning på 15°C per minutt for å gi deteksjon. FireSys var innstilt på normal følsomhet, som vil si at det kreves en temperaturøkning på 7-8°C per minutt for å få deteksjon.

I forkant av det andre forsøket ble følsomheten til ADW 511 justert til det nest følsomme programmet. FireSys deltok på dette forsøket med samme innstilling som beskrevet ovenfor. Temperaturforskjellen var her 35°C. Ved dette forsøket gav ingen av detektorene deteksjon.

I begge forsøkene ble det registrert en mindre strømkning på omtrent 0,02 milliampere i kretsen til FireSys. En slik økning er ikke uvanlig rett før FireSys gir deteksjon. Dette gjør det rimelig å anta at en økning i innstilling av følsomhet ville gitt alarm ved slike forsøk.

Et interessant moment ved oppvarmingen av ISO-rommet, var at det ble varmet opp meget sakte (90 minutter), noe som førte til lav luftfuktighet. Årsaken til den tørre luften var den lange oppvarmingstiden, kombinert med elektriske ovner. Dette resulterte i at tilnærmet all luftfuktigheten fordampet, som var ugunstig med tanke på varmeoverføring til detektorlinjen. Tørr luft gir hovedsakelig varmeoverføring ved hjelp av konveksjon, mens fuktig luft gir en kombinasjon av konveksjon og varmeledning. Grunnen til at varmeledning bidrar ved fuktig luft er at den varme dampen legger seg på linjen.

#### 4.1.5 Feilkilde forsøk

Ved fullskala branntest ved låve ble det avdekket mulig feilkilde med smeltetråden Spider. Dette var grunnlaget for feilkilde forsøkene. Forsøk 1 ble utført for å bekrefte denne antagelsen, mens forsøk 2 simulerte en mulig løsning på problemet.

Ved første forsøk ble motstanden i kretsen målt til å være meget liten, omkring 0,4Ω. Ved simulering av overledning og brudd, ble det fremdeles målt omtrent samme motstand, som ved normal drift. Det vil si antagelsene om overledning sannsynligvis er korrekte. Når det gjelder virkningen av vann spray, ble det funnet at den ikke hadde særlig betydning, da det allerede var god kontakt mellom Spider og kobber røret.

Ved forsøk 2 ble strømmen i kretsen målt til å være omkring 0,991 milliampere ved A1 og A2, før overledning. Etter overledning ble strømmen ved A1 målt til omtrent 1,889 milliampere, mens A2 viste 0,001 milliampere. Disse verdiene er angitt i Tabell 4.1.5-1 nedenfor.

	Normaltilstand	Feil ved overledning
Amperemeter A1	0,964 milliampere	1,856 milliampere
Amperemeter A2	0,964 milliampere	0,004 milliampere

**Tabell 4.1.5–1: Målinger ved feilkilde forsøk 2**

Målingene i tabellen ovenfor ble verifisert ved beregninger med Ohms lov:

$$U = R \cdot I$$

$$U = \text{spenning} \quad [V]$$

$$R = \text{motstand} \quad [\Omega]$$

$$I = \text{strømstyrke} \quad [A]$$

**Formel 4.1.5–1: Ohms lov**

Spenningen i kretsen var 2 volt. Total motstand var  $2000\Omega$  ved normal tilstand, mens den skulle være  $1000\Omega$  ved overledning. Strømmen i kretsen ved normal tilstand blir da ved Ohms lov 1 milliampere, mens den ved overledning blir 2 milliampere.

Ved forsøk og beregninger ble det observert at en eventuell overledning kunne registreres ved å benytte koblings skjema lignende Figur 3.1.5–2 på side 23. Det er en forutsetning for disse målingene at andre strømledende deler er jordet, noe som for eksempel er vanlig ved installering av VVS anlegg.

## 4.2 Markedsundersøkelse

Tyngden av innsamlet data i markedsundersøkelsen kommer fra landbasert industri og offshore, ettersom det er en viktig del av oppgaven å kartlegge fremtidige satsningsområder. Dette forklarer hvorfor kriterier som økonomi og estetikk er nedprioritert (se Diagram 4.1.5–3), og at flammedeteksjon, som er en meget kostbar deteksjonstype, er relativt hyppig anvendt (se Diagram 4.1.5–1/Diagram 4.1.5–2). Pålitelighet mot falske alarmer er høyt prioritert, noe som sannsynligvis tyder på at falske alarmer er et gjennomgående problem. Samtidig er det ønskelig med et deteksjonssystem som har gode branntekniske egenskaper, og evne til å operere under vanskelige forhold (se Diagram 4.1.5–3). Dagens løsninger har vanskeligheter med å oppfylle kravene. Varmedetekterende linjer dekker derimot disse kriteriene på en tilfredsstillende måte, noe som gjør at denne type industri bør være et fremtidig satsningsområde. Eldre trehusbebyggelse og verneverdige bygg er allerede et etablert satsningsområde for varmedetekterende linjer, og ble derfor ikke vektlagt i undersøkelsen. Samtidig er det også vanskelig å få informasjon om hvem som er eiere og ansvarlige for slike bygg, ettersom dette i mange tilfeller er konfidensielle opplysninger.

Spørsmålene som ble vektlagt var:

- benyttes utvendig deteksjon?
- deteksjonsprinsipper ute og inne (røyk, varme, flamme)?
- kriterier for valg av deteksjon (økonomi, estetikk, vedlikehold)?
- kjent med begrepet varmedetekterende linjer?

- aktuelt å ta i bruk dersom konkurranse dyktig i forhold benyttet deteksjonsprinsipp?

### Utvendig deteksjon

Svarene viser at mange anvender utvendig deteksjon, hvor varme og flamme er de dominerende deteksjonsprinsippene. Under begrepet andre ligger blant annet gassdeteksjon og optisk linjedeteksjon.

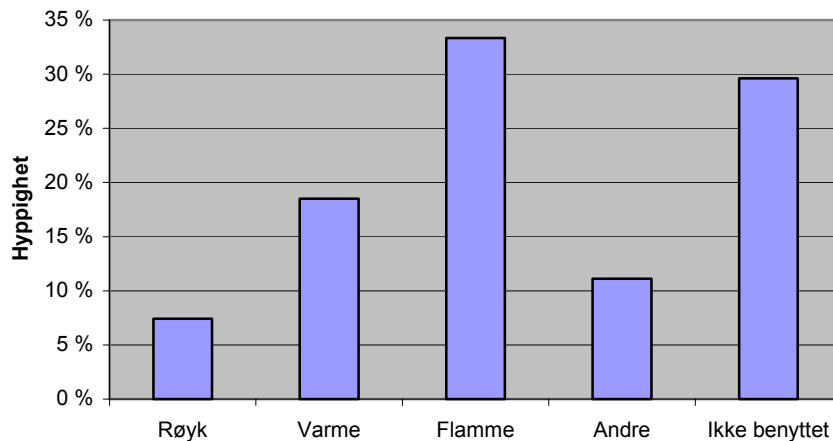


Diagram 4.1.5–1: Utvendig deteksjon

### Innvendig deteksjon

De mest brukte prinsippene for innvendig deteksjon er røyk og varme. Flamme- og gassdeteksjon blir hovedsakelig anvendt innen petroleumsindustrien.

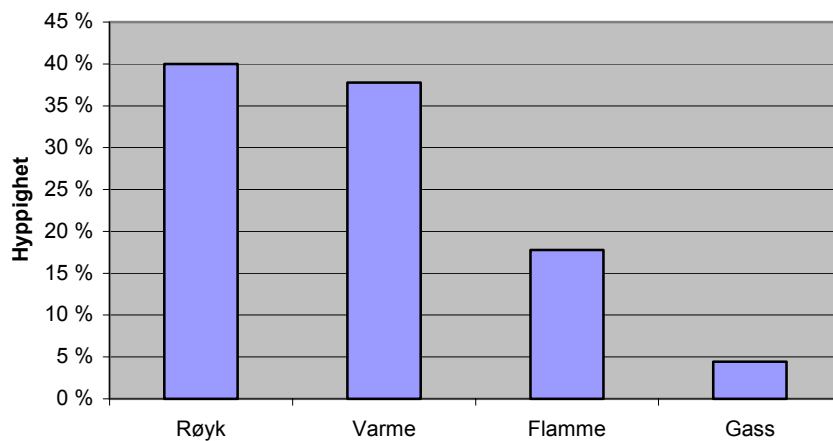


Diagram 4.1.5–2: Innvendig deteksjon

### Kriterier for valg av deteksjonsprinsipp

Branntekniske egenskaper, som vil si deteksjonstid og følsomhet, vektlegges ved valg av deteksjon. Foruten dette legges det vekt på pålitelighet mot falske alarmer, og evne til å operere under vanskelige forhold (for eksempel snøvær og korrosive miljøer).

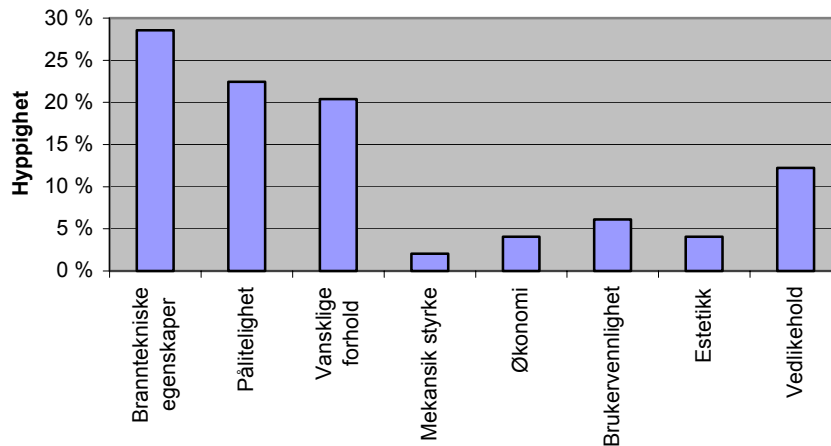


Diagram 4.1.5–3: Kriterier for valg av deteksjon

### Varmedetekterende linjer

Omkring 80% av virksomhetene i undersøkelsen svarte at det er aktuelt å ta i bruk varmedetekterende linjer, dersom disse er konkurransedyktige i forhold til dagens deteksjonsprinsipp. Dette til tross for at 75% av de spurte ikke var kjent med begrepet varmedetekterende linjer.

## 4.3 Evaluering av varmedetekterende linjer

Grunnlaget for å vurdere vurderingene beskrevet i kapittel 4.3.2 ble i stor grad utarbeidet i kapittel 4.1.

### 4.3.1 Generell evaluering

Punkt-detektorer gir forsinket respons når den varme røyksøylen fra en flammebrann treffer et sted i taket hvor det ikke er montert punkt-detektor. Når den varme røyksøylen treffer taket, og sprer seg i planet mot punkt-detektoren, vil den bli avkjølt på grunn av varmeavgivelse til tak. En linje-detektor har mye større sannsynlighet for å bli truffet av en tilfeldig varm røyksøyde. Dette kan forklares ved at branner vanligvis starter langs vegg, og får på den måten en hurtig spredning. Når punkt-detektorene normalt er plassert midt i rommet, og linjer typisk vil bli montert langs vegg, vil avstanden til en tilfeldig varm røyksøyde bli mindre hos en linje-detektor. En annen årsak at linje er bedre en punkt er at for eksempel en varmedetekterende linje kan anses som mange varmedetekterende punkt. De fleste linjer er også mindre synlige enn punkt, og er derfor gode til å bevare estetikk ved for eksempel verneverdige bygg og eldre trehus bebyggelse. Varmedetekterende linjer er også egnet til objektsikring og deteksjon over større områder.

### 4.3.2 Produktevaluering

Vurderingene gjort i dette kapitlet danner grunnlaget for evalueringene og sammenligningene beskrevet i diskusjonskapitlet.

#### Branntekniske egenskaper

Resultantene fra forsøkene viser at de elektrisk pneumatiske detektorene, FireSys og ADW 511, har høyest følsomhet, og følgelig lavest deteksjonstid. Dette medfører også at disse er mest utsatte for unødige alarmer, som avsnitt 4.1.4 viser, men dette kan unngås dersom følsomheten justeres etter miljøet. FireSys kan innstilles i intervallet 5°C til 10°C per minutt. Temperaturøkningen per tidsenhet må overstige en satt verdi i dette intervallet for å gi deteksjon. Følsomheten til ADW 511 kan enten innstilles manuelt via en datamaskin, eller ved bruk av forhåndsinnstilte programmer. Diagram 4.3.2–1 illustrerer de forhåndsinnstilte programmene 1-7, mens punkt B viser et eksempel på en manuell innstilling.

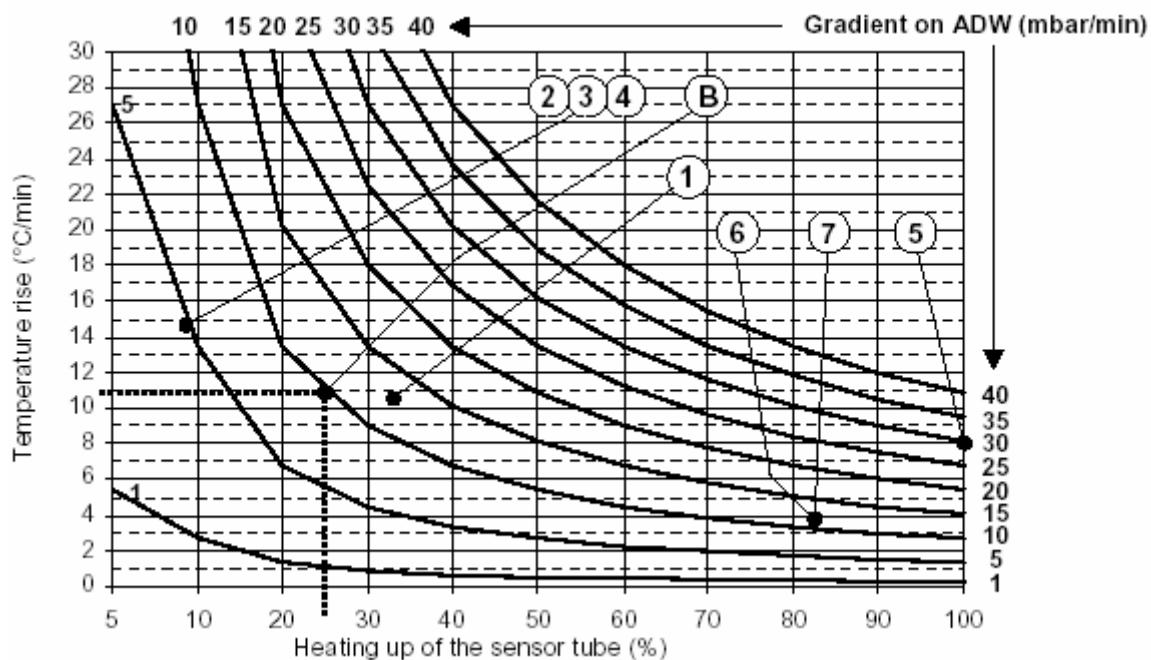


Diagram 4.3.2–1: Oversikt over innstillingene for ADW 511 (alarm differensial)

Maksimaldetektorene, Spider og Protectowire, har lavere følsomhet. De gir deteksjon ved en satt maksimaltemperatur, og har derfor ikke problemer med uønskede alarmer. Derimot vil normalt deteksjonstiden være høyere enn hos de elektrisk pneumatiske systemene.

#### Økonomi

Økonomi utgjør i mange tilfeller en avgjørende faktor ved valg av deteksjonssystem. Tabell 4.3.2–1 viser at Spider og FireSys har noenlunde lik kostand ved en standard installasjon, som vil si 50 meter linje inkludert kontrollenhet. ADW 511 er den mest kostbare løsningen, mens Protectowires pris avgjøres av hvilken kontrollenhet som velges.



Pris	Spider	FireSys	ADW 511	Protectowire
Per meter	23 kroner	Kun fast system	40 kroner <sup>a</sup>	129 kroner
Kontrollenhet	2400 kroner	Kun fast system	25860 kroner	2000-50000 kr
Standard installasjon	20000 kroner	20000 kroner	35000 kroner	Varierende <sup>b</sup>

**Tabell 4.3.2–1: Kostnader ved produktene**

<sup>a</sup> selges kun i størrelser på 5,5 meter. Prisen per rør er 210 kroner.

<sup>b</sup> avhenger av kontrollpanelet som velges.

### Materialets egenskaper

Detektorlinjenes egenskaper ble vurdert opp mot dens evne til å motstå ytre miljøpåvirkninger, som blant annet sol og korrosjon. Eksponering mot sollys er uheldig for de elektrisk pneumatiske detektorene, FireSys og ADW 511, da dette kan gi uønskede alarmer. Dette er ikke problematisk for maksimaldetektorene, Spider og Protectowire. Alle produktene har tilfredstillende motstandsevne mot fukt, og har dermed få problemer med korrosjon. Selv om detektorlinjene har tilfredstillende motstandsevne mot korrosjon, er det viktig at festeanordningene som velges har samme egenskaper.

De elektrisk pneumatiske linjene kan i de fleste tilfeller benyttes om igjen etter brann, uten at hele eller deler av røresystemet må skiftes ut. FireSys er operativ uten videre handlinger, mens ADW 511 må nullstilles. Maksimaldetektorene krever at de branneksperte delene av linjen må skiftes ut.

Spider har lavest strekkfasthet, da den er den eneste linjen som lar seg bryte ved håndkraft. Denne har en strekkfasthet på 20 kilo, mens den blir antatt å være betydelig høyere for de andre produktene. Montering med slark kan kompensere for lav strekkfasthet.

### Estetikk

Estetikk avgjøres i stor grad av diameter og farge på detektorlinjen. Tabell 4.3.2–2 nedenfor viser at Spider og FireSys har et fortrinn i forhold til ADW 511 og Protectowire, da diameteren på disse er relativt liten. Synligheten til detektorlinjene kan gjøres mindre sjenerende ved å male over dem, men dette kan medføre økning i deteksjonstiden. Denne økningen avgjøres av tykkelsen på malingen, som virker som et isolerende lag, og gir dermed varmen lenger vei å gå. Fargen på maling er av betydning, da mørk farge absorberer varme bedre enn lyse farger.

	Spider	FireSys	ADW 511	Protectowire
Diameter	1,6 millimeter <sup>a</sup>	2 millimeter	5 millimeter	4 millimeter
Farge	Matt-grå	Metall-grå	Rødbrun <sup>b</sup>	Rød <sup>c</sup>

**Tabell 4.3.2–2: Detektorlinjene estetiske egenskaper**

<sup>a</sup> Leveres også med diameter på 1 millimeter.

<sup>b</sup> Leveres også i rustfritt stål og teflon.

<sup>c</sup> Fargen avgjøres av hvilken deteksjonstemperatur som velges. PHSC-155-EPC som ble benyttet i forsøkene er rød.

Ved utendørsmontering er det ofte aktuelt å strekke linjen rundt hjørner, og det da ønskelig at linjen kan formes tettest mulig til fasaden. Spider kan enkelt formes etter vinkler opptil 180





grader. De elektrisk pneumatisk linjene, FireSys og ADW 511, krever at vinklene formes i større buer, for å hindre klem på linjene. Protectowire er vanskelig å tilpasse, da lederene samt plastlaget rundt, gjør at kableten blir uelastisk.

### Brukervennlighet

Tabell 4.1.2–1 viser monteringstiden for produktene for fullskala brann testen på låven. Den viser at Spider og FireSys er enklest å montere, da de leveres som en sammenhengende linje. ADW 511 må skjøtes for omtrent hver femte meter, og har derfor lengre monterings tid. Denne er dessuten vanskeligere å forme. Protectowire deltok ikke på fullskalatesten, men det er rimelig å anta at den ligger mellom Spider og ADW 511 i monterings tid, da den leveres som en sammenhengende linje, men er vanskeligere å forme enn Spider. Ved låven ble det benyttet identiske festeanordninger, med omtrent 0,5 meter mellom festene, for alle produktene. I praksis opererer leverandørene med produkttilpassende klemmer, og faste avstander mellom festene, som er gitt i Tabell 4.3.2–3 nedenfor.

Spider	FireSys	ADW 511	Protectowire
0,2 meter	0,2 meter	1,5-2,0 meter	Maks 7,6 meter

Tabell 4.3.2–3: Avstand mellom festeanordningene

Avstanden mellom festeanordningene gitt i Tabell 4.3.2–3 gir grunn til å anta at monterings tiden mellom produktene vil jevne seg ut i forhold til det som ble målt ved låven. Spider og FireSys bør ha tettere fester enn det som ble benyttet ved låven, og ville ved korrekt montering hatt lengre monterings tid. For ADW 511 er det motsatt, da bare omkring en tredjedel av festene benyttet på låven, var nødvendige for å ha en godkjent installasjon. Når det gjelder avstanden mellom festene til Protectowire, bør avstanden være tilsvarende Spider og FireSys for å få en pen installasjon. Detektorene vil ofte inngå som en del av et brannalarmsystem, og det er da ønskelig at de kan kobles opp mot standard brannalarmtavler. FireSys, Spider og ADW 511 er kompatibel med dagens mest brukte løsninger innen brannalarmtavler, mens Protectowire bør kobles til spesialdesignede brannalarmtavler fra Protectowire Inc.

Kontroll og vedlikehold bør i henhold til melding HO-2/98<sup>19</sup> utføres et kontraktsettersyn omtrent en gang i året. Ikke under noen omstendigheter skal dette overstige to år. Dette skal utføres av firma som kan dokumentere faglig kompetanse, relatert til brannalarmanlegg. Egenkontroll bør foretas av byggansvarlig som et supplement til kontraktsettersynet. De varmedetekterende linjer er robuste, og krever ikke hyppigere kontroll utover anbefalingene gitt i HO-2/98. Alle detektorlinjene kan skjøtes ved en eventuell skade, men vanskelighetsgrad og kostnad skiller produktene. Ved skade på et lite område, er Spider enklest og billigst å skjøte. Resterende produkter er jevne når det gjelder vanskelighetsgrad, men prisen varier. Disse er gitt Tabell 4.3.2–1.

### Anvendelsesområde

Varmedetekterende linjer er ofte egner der konvensjonelle detektorer ikke strekker til. Dette kan blant annet være områder med aggressivt miljø, ekstrem temperatur eller eksplosjonsfare. Produktene er både egnet til innen- og utendørsbruk. Konkrete brukseksempler kan være gruveanlegg, tunneler, kabelgater, parkeringshus, transformatorer, landbruk, verneverdig bygg og eldre trehusbebyggelse.

Anvendelsesområdene for produktene avgjøres av detektorlinjens maksimale kretslengde og operative temperaturintervall. Kretslengdene for produktene er gitt i Tabell 4.3.2–4 nedenfor. Alle produktene har lang nok kretslengde til å inngå i normale installasjoner, antatt å være under 100 meter. Spider, FireSys og ADW 511 kan ikke angi hvor på linjen det gis deteksjon. Protectowire kan lokalisere brannstedet, men nøyaktigheten reduseres ved valg store lengder. Spider og FireSys kan i prinsippet ha en lenger kretslengde enn angitt i tabellen nedenfor, men dette er ikke praktisk, da det ved større kretslengder ofte er ønskelig å kunne angi brannstedet. Dette kan gjøres ved soneinndeling, hvor hver sone har egen kontrollenhet, som igjen kobles opp mot en adresserbar brannalarmtavle.

Spider <sup>a</sup>	FireSys <sup>b</sup>	ADW 511 <sup>c</sup>	Protectowire <sup>d</sup>
100 meter	100 meter	100 meter	1500 meter

**Tabell 4.3.2–4: Kretslengde på detektorlinje**

<sup>a</sup> Kan i prinsippet være 500 meter.

<sup>b</sup> Kan i prinsippet være 1000 meter.

<sup>c</sup> Kan være opptil 130 meter i tunnel.

<sup>d</sup> Avgjøres av kontrollpanelet som velges.

Operativt temperaturintervall for detektorlinjen er avgjørende for produktets evne til å detektere i miljøer med ekstreme temperaturer. Alle produktene utenom Spider kan justeres etter ulike miljø. FireSys og ADW 511 har forhåndsinnstilte programmer, som kan benyttes til å endre følsomheten. Da Protectowire er en maksimaldetektor, må det velges en kabel som passer til miljøet den skal operere i.

	Spider	FireSys	ADW 511	Protectowire
Øvre grense	+100°C	+350°C	+160°C	+121°C
Nedre grense	-279°C	-60°C	-20°C	-40°C

**Tabell 4.3.2–5: Operativt temperaturintervall for detektorlinje**

## 5. Diskusjon

Grunnlaget for evalueringene og sammenligningene gjort i dette kapitlet, kommer fra de forestående kapitlene.

### 5.1 Produktevaluering

ADW 511 er den mest fleksible detektoren med hensyn på innstillinger av følsomhet. Den kan både benytte forhåndsprogrammerte innstillinger, samtidig som den kan programmeres manuelt via en datamaskin. I motsetning til de resterende produktene benytter ADW 511 begge prinsippene innenfor varmedeteksjon, da den kan gi deteksjon både på hurtig temperaturøkning og maksimaltemperatur. Dette gjør at ADW 511 er den mest tilpassningsdyktige detektoren, da den kan fininnstilles til å operere i de fleste miljøer, men den bør ikke anvendes ved temperaturer under  $-20^{\circ}\text{C}$ . Detektoren får dermed relativt stort anvendelsesområde, og kan for eksempel tilpasses både offshore og verneverdige bygg. Ved utendørs bruk, spesielt opp mot verneverdige bygg, er det essensielt å bevare estetikken. ADW 511 er det produktet som har størst diameter på detektorlinjen, som har en rødbrun farge. Med tanke på at detektorlinjen også kan overmales, vil den kunne bevare estetikken på en tilfredsstillende måte. Utfordringen er ofte å strekke linjen rundt  $90$  graders hjørner, og her må de pneumatiske rørene monteres slik at klem unngås. Rørene levers i lengder på  $5,5$  meter, som må skjøtes med egne koblinger for å holde rørsystemet pneumatisk tett.

ADW 511 er sammen FireSys den detektoren med høyest følsomhet, og kan for eksempel ved programmet med lavest følsomhet fungere som tidlig deteksjon. Tid-til-deteksjon forsøkene i avsnitt 3.1.3 og 4.1.3 bekrefter dette. Der detektoren benyttes til tidlig deteksjon, er det viktig å være oppmerksom på faren ved uønskede alarmer. Ikke-brann forsøket bekrefter dette, men ved riktig innstilling av detektoren er ikke dette et problem. ADW 511 er den detektoren som har nest lavest deteksjonstid i testene, kun slått av FireSys. Da disse to detektorene har lik følsomhet, er grunn til å anta at ADW 511 har høyere RTI-verdi. Denne verdien uttrykker forsinkelsen i reaksjonen.

I de aller fleste tilfeller etter at ADW 511 har vært utsatt for branneksposering kan den benyttes videre etter en nullstilling. Dette kan forklares ved at detektorlinjen er robust. Disse faktorene gjør produktet økonomisk gunstig med tanke reparasjon og vedlikehold. Dette gir lave driftskostnader, som kompenserer for høy innkjøpspris. Totalt sett gir dette lave langsiktige kostnader.

Den andre elektrisk pneumatiske detektoren, FireSys, har mange av de samme egenskapene som ADW 511. Dette er naturlig da begge bygger på det elektrisk pneumatiske prinsippet. FireSys har også forhåndsinnstilte programmer, som gjør det mulig å regulere følsomheten. I tid-til-deteksjon forsøkene var FireSys innstilt på normal følsomhet, men gav allikevel deteksjon før ADW 511. Deteksjonstiden kan reduseres ytterligere ved å sette opp følsomheten. Dette gjør FireSys mer egnet som tidlig deteksjon, men som for ADW 511 er det viktig å være oppmerksom på falske alarmer. FireSys gav nesten deteksjon på ikke-brann forsøket, og det er grunn til å anta at en økning av følsomheten vil kunne gi problemer med uønskede alarmer. Den justerbare følsomheten, kombinert med et vidt operativt temperaturintervall, gjør at den kan tilpasses de aller fleste miljøer. FireSys er egnet både til



innen- og utendørsbruk, og ved sistnevnte er estetikk av betydning. Detektorlinjen har en metallgrå farge, og en diameter på 2 millimeter. Leverandøren anbefaler ikke å male over linjen, men allikevel bevarer grunnfargen estetikken på en meget tilfredsstillende måte. Både formlighet og diameter gir FireSys et fortrinn i forhold til ADW 511 med tanke på å bevare estetikk.

FireSys er i de fleste tilfeller umiddelbart operativ etter branneksporing. Kontrollenheten krever ikke noen form for nullstilling. Reparasjon og vedlikehold er som for ADW 511, men den er mer økonomisk gunstig med tanke på lavere innkjøpspris.

Protectowire er en maksimaldetektor som reagerer på en satt temperatur. Kablene finnes i ulike varianter med ulik deteksjonstemperatur, hvor laveste og høyeste temperatur er henholdsvis 68,3°C og 180°C. Fargene på kablene varierer, men opprinnelig farge kan endres ved å male over dem. Kabelen består av en kombinasjon av plastikk og to ledere av metall, som totalt sett gir en diameter på 4 millimeter. Dette gjør kabelen uelastisk og vanskeligere å forme enn de andre produktene. Disse faktorene gjør at produktet ikke er blant de beste til å bevare estetikken. Dette gjenspeiles i leverandørens satsningsområder, som blant annet er tung industri, tunneler, hangarer og offshore. I slike områder er det viktig å unngå uønskede alarmer, som representerer store kostnader. Da er maksimaldetektorer godt egnet, ettersom uønskede alarmer sjelden eller aldri forekommer. Dette kan være et problemområde for de mer følsomme elektrisk pneumatiske systemene, som kan gi alarm på uforutsette temperaturøkninger. Lavere følsomhet for maksimaldetektorene resulterer i lengre deteksjonstid i forhold til elektrisk pneumatiske systemene. En annen ulempe ved maksimaldetektorer er at den delen som brannekspores må byttes ut, noe som innebærer merkostnader. Protectowire systemet har høyest kostnad per meter linje. Totalkostnaden avhenger av hvilken kontrollenhet som velges. Protectowire kan, som eneste detektor i rapporten, angi lokalisering av brannen, dersom den kobles opp mot riktig kontrollenhet.

Spider er også en maksimaldetektor, som har smeltetemperatur på 180°C. På tross av høyere deteksjonstemperatur har den lavere deteksjonstid enn Protectowire. Dette kommer frem i tid-til-deteksjon forsøkene. Årsaken til denne forskjellen er at Spider har bedre varmeledningsevne, og mindre diameter enn Protectowire. Mindre diameter, kombinert med en matt gråfarge og god formbarhet, bevarer estetikken svært tilfredsstillende. Dette gjør at leverandøren satser på områder hvor bevaring av estetikk er viktig, som for eksempel eldre trehusbebyggelse og verneverdige bygg. Spider er mekanisk svakt i forhold til de andre produktene, noe som utelukker installasjon i mekanisk tøffe miljøer, som for eksempel offshore. Når det gjelder uønskede alarmer har Spider samme fordeler og ulemper som nevnt for Protectowire ovenfor. Ved en eventuell brann er det, som ved Protectowire, kun nødvendig å bytte ut den branneksporete delen av linjen. På grunn av lav kostnad per meter linje medfører ikke dette noen store utgifter.

## 5.2 Produktsammenligning

Ved sammenligning av produktene ble de vurdert opp mot aktuelle anvendelsesområder, med hovedvekt på verneverdige bygg og eldre trehusbebyggelse. Kriteriene for valg av deteksjonssystem, rangeres ulikt i de forskjellige anvendelsesområdene. Dette er lagt vekt på i vurderingene nedenfor.



## **Verneverdige bygg og eldre trehusbebyggelse**

Ved slike bygninger er økonomi ofte en avgjørende faktor, da eiere av slike bygg sjelden har råd til å engasjere konsulenter eller å anskaffe kostbare løsninger. Finansieringen er i mange tilfeller basert på støtte fra blant annet kommune, fylke eller Riksantikvaren, det er derfor viktig at løsningen som velges er økonomisk forsvarlig. Når de økonomiske rammene er satt, vektlegges hensynet til estetikk. Alle deteksjonssystemer, inkludert varmedetekterende linjer, vil oppfattes som sjenerende inngrep på den opprinnelige byggeskikken. Det er derfor viktig at disse inngrepene gjøres minst mulig synlig. Et annet viktig kriterie er produktenes branntekniske egenskaper, herunder deteksjonstid. Dette kriteriet må vurderes i sammenheng med estetikk, da systemer som skal velges må oppfylle disse to kravene på en tilfredsstillende måte. Kravet til brukervennlighet er som oftest ikke en avgjørende faktor ved valg av deteksjonssystem, men kan være utslagsgivende i eventuelle tvilstilfeller.

Protectowire og ADW 511 er minst tilfredsstillende med hensyn på estetikk, og utelukker disse i forhold til Spider og FireSys på et slikt anvendelsesområde. På økonomisk grunnlag er det vanskelig å skille Spider og FireSys, men derimot har FireSys bedre branntekniske egenskaper enn Spider. Ved FireSys kan følsomheten justeres slik at den kan benyttes som tidelig deteksjon, men det er viktig å være oppmerksom på problemstillingen med unødige alarmer. Dette er ikke et problem ved Spider, men den kan være utsatt for sabotasje, for eksempel ved å varme opp linjen på et begrenset punkt. Når det gjelder estetikk er linjediameteren omtrent lik, men Spider er noe mer formelig, og vil dermed følge konturene på bygningen bortimot perfekt. Med tanke på brukervennlighet, er FireSys det beste alternativet. Den har størst mekanisk stryke, og krever følgelig minst vedlikehold. Foruten dette er den også operativ etter brannpåkjenning.

På grunnlag av vurderingene ovenfor anbefales FireSys til bruk ved verneverdig bygg og eldre trehusbebyggelse, da den er det beste alternativet med tanke på branntekniske egenskaper og brukervennlighet. På de resterende kriterier, økonomi og estetikk, stiller FireSys og Spider noenlunde likt.

## **Offshore**

Offshore er et kapitalsterk anvendelsesområde, som satser sikkerhet og prioriterer kvalitet. Dette gjør at penger som regel ikke er et hinder ved valg av deteksjonssystem. Høy kvalitet og tilfredsstillende branntekniske egenskaper ved det valgte systemet, minimaliserer kostnadene og risikoen ved å koble ut detektoren på grunn av vedlikehold. Samtidig er ønskelig at uønskede alarmer reduseres til et minimum.

Spider og Protectowire kan utelukkes, henholdsvis på grunn av dårlig mekanisk styrke og lav følsomhet. Av de elektrisk pneumatiske detektorene er ADW 511 det beste valget, da den kan fininnstilles til å operere presist i de aller fleste offshoremiljø. Detektorlinjen til ADW 511, som ble benyttet i denne rapporten, var av kobber, men den leveres også i rustfritt stål. En slik løsning vil bety minimalt med vedlikehold og uønskede alarmer.

## **Tunneler**

Tunneler er et område det er fokusert mye på med tanke på brannsikkerhet. I et slikt anvendelsesområde er maksimal kretslengde per kontrollenhet, og nøyaktig stedsangivelse avgjørende faktorer. Soneinndeling fordyrer ofte deteksjonssystemer, da det krever en



kontrollenhet per sone. I tillegg til at linjen har lang kretslengde, må den kunne operere i et aggressivt miljø, særlig med tanke på avgass fra asfalt og kjøretøy. Foruten dette må systemet ha tilfredstillende branntekniske egenskaper.

Spider, FireSys og ADW 511 krever soneinndeling, med en kontrollenhet per sone, for å kunne gi stedsangivelse. Dette er i praksis ugunstig, samtidig som det medfører store kostnader. Dersom stedangivelse er nødvendig vil Protectowire være det beste alternativet. Denne operere med kretslengder opptil 1500 meter. Der stedangivelse ikke er nødvendig, vil de elektriske pneumatiske systemene være bedre egnet, da deres branntekniske egenskaper overstiger disse egenskapene hos Protectowire.

### **Landbruk**

I landbruk vektlegges deteksjonstid, for å ivareta dyrenes sikkerhet. Økonomi og brukervennlighet vil også være avgjørende.

Resultatene fra låven viser at FireSys var det beste alternativet. Den har lavest deteksjonstid, samtidig som den er meget brukervennlig, da den krever lite vedlikehold og er enkel å montere. Utfordringen er å montere linjen, slik at forholdene legges rette for tidlig deteksjon. Økonomisk sett er FireSys et meget bra alternativ, da den er rimelig ved innkjøp og har lave vedlikehold og driftskostnader. Dette gir minimale langsiktige kostnader. Når det gjelder de andre produktene, har både Spider og Protectowire lite tilfredstillende deteksjonstid, mens ADW 511 er brannteknisk, økonomisk og brukervennlig ugunstig i forhold til FireSys i en slik brukssituasjon.

### **Andre anvendelsesområder**

Andre anvendelsesområder kan være for eksempel være kabelgater, gruver, transformatorer og hangarer. Generelt sett kan det sies at dersom branntekniske egenskaper har avgjørende betydning, bør et av de elektrisk pneumatiske systemene velges. Av disse har FireSys best egenskaper på dette området. Dersom estetiske forhold legges til grunn er produktene med minst diameter mest egnet. Dette gjør at Spider, som i tillegg er lett å forme, er ledende med tanke på å bevare estetikk. Der evnen til å detektere over et lengre strekk, er Protectowire praktisk, da den kan ha kretslengde inntill 1500 meter, samtidig som den kan angi brannsted.



---

## Konklusjon

Varmedetekterende linjer er et bra alternativ der dagens konvensjonelle løsninger ikke strekker til, som blant annet utendørsdeteksjon ved verneverdige bygg og tett trehusbebyggelse. I en slik brukssituasjon er FireSys det beste alternativet. Samtlige forsøk viser at dette produktet har lavest deteksjonstid, og følgelig høyest følsomhet. Foruten dette er FireSys mest brukervennlig, samtidig er den økonomisk gunstig.

Denne rapporten avdekker langt fra alle forholdene ved varmedetekterende linjer, og videre arbeid bør utføres på dette området. I første omgang bør det utføres andre typer ikke-brann forsøk for de elektrisk pneumatiske systemene. Det bør også utføres tid-til-deteksjons forsøk i aktuelle brukssituasjoner, for eksempel ved montering under takutstikk. Et annet forhold som kunne blitt vurdert, er å påføre Spider varmeledende lakk, for å undersøke om den blir mer motstandsdyktig mot overledning.



# Dataregister

## Diagrammer

Diagram 4.1.3–1: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for ADW 511 .....	31
Diagram 4.1.3–2: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for FireSys.....	32
Diagram 4.1.3–3: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for Spider.....	33
Diagram 4.1.3–4: Deteksjonstid som funksjon av røykgasshastighet for Protectowire PHSC-155-EPC .....	34
Diagram 4.1.5–1: Utvendig deteksjon.....	37
Diagram 4.1.5–2: Innvendig deteksjon .....	37
Diagram 4.1.5–3: Kriterier for valg av deteksjon .....	38
Diagram 4.3.2–1: Oversikt over innstillingene for ADW 511 (alarm differensial).....	39

## Figurer

Figur 2.4.1–1: Skisse til formel for røykgass hastighet.....	12
Figur 2.5.2–1: Prinsippskisse for Protectowire .....	16
Figur 3.1.5–1: Koblingskjema for ujordet overledningsforsøk .....	23
Figur 3.1.5–2: Koblingskjema for jordet overledningsforsøk .....	23

## Formler

Formel 2.4.1–1: Tid til deteksjon .....	11
Formel 2.4.1–2: Røykgass hastighet ved taket.....	12
Formel 3.1.1–1: Effekt av væske brann .....	17
Formel 3.1.1–2: Effekt ved forbrenning av papir.....	17
Formel 4.1.5–1: Ohms lov.....	36

## Tabeller

Tabell 4.1.2–1: Monteringstid ved låve .....	28
Tabell 4.1.2–2: Tid til deteksjon ved fullskala branntest .....	29
Tabell 4.1.3–1: Tid til deteksjon for ADW 511 .....	31
Tabell 4.1.3–2: Tid til deteksjon for FireSys .....	32
Tabell 4.1.3–3: Tid til deteksjon for Spider .....	33
Tabell 4.1.3–4: Tid til deteksjon for Protectowire PHSC-155-EPC .....	34
Tabell 4.1.5–1: Målinger ved feilkilde forsøk 2.....	36
Tabell 4.3.2–1: Kostnader ved produktene <sup>a</sup> selges kun i størrelser på 5,5 meter. Prisen per rør er 210 kroner. <sup>b</sup> avhenger av kontrollpanelet som velges. ....	40
Tabell 4.3.2–2: Detektorlinjene estetiske egenskaper <sup>a</sup> Leveres også med diameter på 1 millimeter. <sup>b</sup> Leveres også i rustfritt stål og teflon. <sup>c</sup> Fargen avgjøres av hvilken deteksjonstemperatur som velges. PHSC-155-EPC som ble benyttet i forsøkene er rød.40	40
Tabell 4.3.2–3: Avstand mellom festeanordningene.....	41
Tabell 4.3.2–4: Kretslengde på detektorlinje <sup>a</sup> Kan i prinsippet være 500 meter. <sup>b</sup> Kan i prinsippet være 1000 meter. <sup>c</sup> Kan være opptil 130 meter i tunnel. <sup>d</sup> Avgjøres av kontrollpanelet som velges.....	42
Tabell 4.3.2–5: Operativt temperaturintervall for detektorlinje.....	42





## Referanser

- <sup>1</sup> Rådgivende Ingeniører MRIF *Vennesla – Test av Spider Fire Wire* (2001)
- <sup>2</sup> FireSys *The Ultimate Electronic Linear Type Fire/Heat Detector* (2001)
- <sup>3</sup> InterConsult Group ASA *Gamlebyen i Fredrikstad brannsikres* (2001)
- <sup>4</sup> Arbeids- og administrasjonsdepartementet *Stortingsmelding nr. 41 – 2000-2001 Brann og eksplosjonsvern* (Elanders Publishing AS, Oslo, 27. april 2001)
- <sup>5</sup> Kommunal- og regionaldepartementet *Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77* (Norsk Byggjenestenes Forlag, Oslo, 1985)
- <sup>6</sup> Kommunal- og regionaldepartementet *Lov om brannvern m.v. av 5. juni 1987 nr. 26* (Norsk Byggjenestenes Forlag, Oslo, 1987)
- <sup>7</sup> Kommunal- og regionaldepartementet *Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk av 22. januar 1997 nr. 35* (Norsk Byggjenestenes Forlag, Oslo, 1997)
- <sup>8</sup> Statens Bygningstekniske etat *REN veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997* (Norsk Byggjenestenes Forlag, Oslo, 1997)
- <sup>9</sup> Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern *Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn av 5. juli 1990 nr. 546* (Norsk Byggjenestenes Forlag, Oslo, 1990)
- <sup>10</sup> Forsikringselskapenes Godkjennelsesnevnd *Regler for automatisk brannalarmanlegg* (Norges Forsikringsforbund, Oslo, 6. januar 1987)
- <sup>11</sup> Opstad, K., Stensaas, J.P. *Håndbok i Branntekniske Analyser og –Beregninger* (SINTEF Bygg og Miljøteknikk - Norges branntekniske laboratorium, Trondheim, 1998)
- <sup>12</sup> National Fire Protection Association *NFPA 72-1999 National Fire Alarm Code Section 2-2.1.3* (NFPA, Quincy MA, 1999)
- <sup>13</sup> Underwriters Laboratories Inc. *UL 521 Standard for Heat Detectors for Fire Protective Signaling Systems* (Pdf format, USA, 1999)
- <sup>14</sup> National Committee *Fire detection and fire alarm systems – Part 5: Heat detectors – Point detectors EN 54-5* (2000)
- <sup>15</sup> Interconsult ASA *Den enkle vinner* (2002)
- <sup>16</sup> Douglas Drysdale *An Introduction to Fire Dynamics Second Edition* (John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England, 1998)
- <sup>17</sup> Torgrim Log *Responstider for temperaturredetektorer til vanntåkesystem ved brannbeskyttelse av stavkirker etc.* (Haugesund, 1994)
- <sup>18</sup> Prof. Hadjisophocleous, G., Ph.D., P.Eng. *Sprinklers and Heat Detectors* (Powerpoint presentasjon, Carleton University, høsten 2001)
- <sup>19</sup> DBE/BE *Melding HO-2/98 Brannalarm – Temaveiledning* (Norsk Byggjenestenes Forlag, Oslo, 1998)