



Brannsikkerhet i bygg med berøringsfrie dørsensorer

RISE RAPPORT 2026:19

Janne Siren Fjærestad

Dag Olav Snersrud

Kristian Hox

Brannsikkerhet i bygg med berøringsfrie dørsensorer

Janne Siren Fjærestad, Dag Olav Snersrud, Kristian Hox

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2026:19

ISBN: 978-91-90109-13-7

Prosjektnummer: 0421-24FOR-3

Kvalitetssikring: Anne Steen-Hansen

Finansiert av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og Statsbygg

Forsidebilde: Architecture, Corridor, Hallway image from Pixabay. Photo free to use under the Pixabay Content License.

Trondheim 2026

Innhold

Innhold	2
Executive Summary	4
Sammendrag	5
Forord	6
1 Introduksjon	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Målsetning	7
1.3 Metodebeskrivelse	7
1.4 Omfang og begrensinger.....	8
1.5 Ordliste	9
2 Kartlegging	10
2.1 Berøringsfrie automatiske dører	10
2.2 Sensorteknologier	11
2.2.1 IR-sensorer.....	11
2.2.2 Mikrobølgesensorer	12
2.2.3 Kapasitive sensorer	12
2.3 Regelverk.....	13
2.3.1 Byggteknisk forskrift	13
2.3.2 Maskinforskriften.....	13
2.3.3 Forskrift om brannforebygging.....	14
2.3.4 Brann- og eksplosjonsvernloven.....	15
3 Brannforsøk	16
3.1 Forsøksoppsett	16
3.2 Sensorer	17
3.3 Røykkilder	21
3.3.1 Kald røyk	21
3.3.2 Treverk.....	21
3.3.3 Papir.....	22
3.4 Slokkesystem	23
3.4.1 Sprinkleranlegg.....	23
3.4.2 Vanntåke	23
3.5 Utførte forsøk.....	24
4 Resultater	25
4.1 Påvirkes sensorene av røyk?	26
4.2 Påvirkes sensorene av vannbaserte slokkesystemer?.....	30
5 Diskusjon og resultatenes betydning	34

5.1	Diskusjon av metode.....	34
5.2	Hvordan vil ulike sensorer reagere ved brann?.....	35
5.2.1	Åpningssensorer.....	35
5.2.2	Sikkerhetssensor	36
5.3	Eksisterende bygg med berøringsfrie sensorer	36
5.4	Nye bygg med berøringsfrie sensorer	37
6	Konklusjoner	38
7	Forslag til videre arbeid.....	39
	Referanser	40

Executive Summary

Fire Safety in buildings with touchless door sensors

This study is funded by the Norwegian Directorate for Civil Protection (DSB), the Norwegian Building Authority (DiBK) and Statsbygg as part of the project portfolio under the research agreement between DSB and RISE Fire Research.

A touchless automatic door is a door that opens and closes automatically without any physical contact with either the door itself or an associated door opener. These doors are equipped with an opening sensor that, upon detecting movement, proximity, or hand gestures, sends a signal to the door to open. Many of these doors are also equipped with safety sensors that detect obstacles within the door's movement area and stop or reverse the door's motion to prevent injury to people or property damage.

The use of touchless door openers has increased significantly in recent years and has become especially popular during the COVID-19 pandemic, as they reduce the risk of contact transmission while simplifying daily routines for staff, such as in hospitals. Over time, concerns have arisen about whether touchless door sensors might also open doors when exposed to smoke, potentially compromising fire safety if doors in fire partitions fail to remain closed as intended during a fire or smoke development.

The main objective of the study has been to increase knowledge about how touchless door mechanisms behave during a fire. The following research questions were addressed:

1. Which technologies/sensors are used for touchless door mechanisms?
2. Do smoke from different fire sources affect the sensors to varying degrees?
3. Are the sensors affected by water from water-based extinguishing systems?
4. How can safety be ensured in existing buildings with such technology?

A large-scale test series was conducted in a room equivalent to a corridor, utilising smoke from three different sources and water from two types of extinguishing systems, to assess the impact of smoke and water on 18 different touchless sensors from eight suppliers.

In the tests performed, smoke caused false activation of seven out of eight sensors using IR technology, while none of the sensors using microwave or capacitive technology were falsely triggered by smoke. Water-based extinguishing systems posed greater challenges for the sensors: sprinkler discharge caused false activation across all tested sensor technologies, although not every individual sensor was triggered. High-pressure water mist also led to false activation of both microwave and IR sensors. Of the 18 touchless sensors installed, only three were confirmed not to be falsely activated in any of the tests. All of these were opening sensors: one using IR technology and two using microwave technology.

The report further discusses relevant fire safety regulations and the use of touchless sensors. The implications of the test findings for fire safety in buildings equipped with such sensors are also considered, as well as possible measures to prevent fire compartments from losing their function due to unintended door openings in fire partitions.

Key words: touchless door sensors, automatic doors, opening sensor, safety sensor, smoke, extinguishing systems, fire compartment

Sammendrag

Brannsikkerhet i bygg med berøringsfrie dørsensorer

Denne studien er finansiert av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og Statsbygg, og studien inngår som en del av prosjektporteføljen under forskningsavtalen mellom DSB og RISE Fire Research.

En berøringsfri automatisk dør er en dør som åpnes og lukkes automatisk uten at man fysisk berører hverken selve døren eller en tilhørende døråpner. Slike dører har en åpningssensor som når den registrerer bevegelse, nærhet eller håndbevegelser sender signal til døren om at den skal åpnes. Mange slike dører er også utstyrt med sikkerhetssensorer som detekterer hindringer i dørens bevegelsesområde, og stopper eller reverserer dørens bevegelse for å forhindre skade på personer og materiell.

Bruken av berøringsfrie døråpnere har økt betydelig i de siste årene og de ble spesielt populære under koronapandemien fordi de reduserer risikoen for kontaktsmitte samtidig som de forenkler hverdagen for ansatte, for eksempel på sykehus. Etter hvert har det oppstått bekymring for om berøringsfrie dørsensorer også vil åpne dørene dersom de utsettes for røyk, noe som kan redusere brannsikkerheten dersom det medfører at dører i brannskiller ikke holdes lukket som forutsatt ved brann eller røykutvikling.

Hovedmålet med studien har vært å øke kunnskapen om hvordan berøringsfrie dørmekanismer oppfører seg ved brann. Disse forskningsspørsmålene blir belyst:

1. Hvilke teknologier/sensorer brukes for berøringsfrie dørmekanismer?
2. Påvirker røyk fra ulike brannkilder sensorene i ulik grad?
3. Påvirkes sensorene av vann fra vannbaserte slukkesystemer?
4. Hvordan kan man ivareta sikkerheten i eksisterende bygg med slik teknologi?

Det er utført en storskala forsøksserie i et rom tilsvarende en korridor, med røyk fra tre ulike røykkilder og vann fra to ulike slukkesystemer. Hensikten var å undersøke hvordan 18 ulike berøringsfrie sensorer fra åtte leverandører påvirkes av røyk og vann.

Røyk førte til feilaktig aktivering av syv av åtte sensorer med IR-teknologi, mens ingen av sensorene med mikrobølge- eller kapasitiv teknologi ble feilaktig aktivert av røyk. Vannbaserte slukkesystemer var utfordrende for sensorene, og utløsning av sprinkleranlegget forårsaket feilaktig aktivering av alle de undersøkte sensorteknologiene, selv om ikke alle sensorene ble aktivert. Høytrykksvanntåke førte også til feilaktig aktivering av både mikrobølge- og IR-sensorer. Av de 18 berøringsfrie sensorene som ble undersøkt, var det bare tre sensorer som med sikkerhet ikke ble feilaktig aktivert i noen av forsøkene. Alle disse sensorene var åpningssensorer, hvorav en med IR-teknologi og to med mikrobølgeteknologi.

Rapporten omtaler relevant regelverk for brannsikkerhet og bruk av berøringsfrie sensorer. Det vurderes også hvilken betydning funnene fra forsøkene kan ha for brannsikkerheten i bygninger med slike sensorer, samt hvilke muligheter som finnes for å hindre at brannceller mister sin funksjon som følge av utilsiktet åpning av en dør i brannskillet.

Nøkkelord: berøringsfrie dørsensorer, automatiske dører, åpningssensor, sikkerhetssensor, røyk, slukkesystemer, branncelle, brannsikkerhet

Forord

Dette prosjektet er finansiert av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og Statsbygg som en del av prosjektporteføljen under forskningsavtalen mellom DSB og RISE Fire Research.

Vi vil takke produsenter og leverandører som bidro både med sensorer til forsøkene og kunnskap om berøringsfrie sensorer gjennom samtaler underveis i prosjektet.

Takk også til Norske Låsesmeders Forening for hjelp til å distribuere informasjonsskriv om prosjektet til produsenter og leverandører i Norge.

Janne Siren Fjærestad, prosjektleder

Trondheim februar, 2026

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

En berøringsfri automatisk dør er en dør som åpnes og lukkes automatisk med motorkraft, uten at man fysisk berører hverken selve døren eller en tilhørende døråpner. Slike dører har en åpningssensor som når den registrerer bevegelse, nærhet eller håndbevegelser sender signal til døren om at den skal åpnes. Dører som åpner seg med motorkraft kommer innunder maskinforskriften [1], og de må derfor ha en sikkerhetsfunksjon som sikrer at personer ikke kan komme til skade når døren beveger seg. Mange slike dører er derfor utstyrt med sikkerhetssensorer som detekterer hindringer i dørens bevegelsesområde, og stopper eller reverserer dørens bevegelse for å forhindre skade på personer og materiell.

DSB, DiBK og Statsbygg er kjent med at enkle tester har vist at slike sensorer i enkelte tilfeller kan reagere på røyk, slik at dørene åpner seg eller forblir åpne under brann. Det er ikke kjent hvordan vann fra vannbaserte sløkkesystem påvirker slike sensorer.

Hovedformålet med å dele byggverk inn i brannceller er å forsinke og begrense spredning av brann og røyk til andre deler av bygget [2]. For at dette skal fungere, må dører i brannskiller lukke som forutsatt ved brann eller røykutvikling, og de må også være pålitelige og i samsvar med regelverket under evakuering og forflytning i bygget.

Sensorstyrt åpne- og lukkeautomatikk kan være svært nyttig i daglig drift, spesielt i bygg med høy trafikk eller behov for berøringsfri betjening. Likevel kan ikke hensynet til effektivitet og brukervennlighet gå på bekostning av brannsikkerheten, og dermed liv og helse.

1.2 Målsetning

Målet med prosjektet er å øke kunnskapen om hvordan berøringsfrie dørmekanismer oppfører seg ved brann, og å gi anbefalinger for bruk av slike dørmekanismer.

Prosjektet skal belyse følgende forskningsspørsmål:

1. Hvilke teknologier/sensorer brukes for berøringsfrie dørmekanismer?
2. Påvirker røyk fra ulike brannkilder sensorene i ulik grad?
3. Påvirkes sensorene av vann fra vannbaserte sløkkesystemer, og tilfelle hvordan?
4. Hvordan kan man ivareta sikkerheten i eksisterende bygg med slik teknologi?

1.3 Metodebeskrivelse

Det er utført kartlegging av norsk regelverk som er relevant for brannsikkerhet og bruk av berøringsfrie dørsensorer i bygg. Informasjon om ulike sensorteknologier er funnet gjennom informasjonssøk på internett og fra kommunikasjon med leverandører og produsenter av slike sensorer.

For å undersøke hvordan slike sensorer påvirkes av røyk og vann fra sløkkesystemer ble det utført en storskala forsøksserie i et rom tilsvarende en korridor. Det ble brukt reell røyk fra tre

ulike røykkilder, vann fra to ulike slukkesystemer og de berøringsfrie sensorene var plassert i henhold til monteringsanvisningen.

For å få et bredt utvalg av sensorer, kontaktet vi produsenter og leverandører på den norske markedet med et informasjonsskriv om prosjektet og en forespørsel om å teste de sensorene de mente var relevante. Informasjonsskrivet ble publisert på internett via LinkedIn-siden til RISE Fire Research, og i tillegg distribuert gjennom Norske Låsesmeders Forening til alle deres medlemmer. Alle de testede sensorene ble gitt kostnadsfritt til prosjektet av produsentene selv eller norske leverandører.

Det ble vinteren 2025 utført en mindre testserie av berøringsfrie dørsensorer i et kommersielt prosjekt hos RISE Fire Research. Oppdragsgiver av dette prosjektet ga oss tilgang på informasjon og resultater fra testene, noe som gjorde det mulig for oss å bygge videre på dette i planleggingen av vår egen studie.

1.4 Omfang og begrensinger

I de utførte forsøkene ble sensorene montert og justert slik at det representerer vanlig bruk. Det er altså ikke undersøkt hvordan eventuelle innstillinger av sensitivitet for de ulike sensorene kan påvirke resultatene.

Sensorenes funksjon er undersøkt under påvirkning av reell brannrøyk og ved bruk av reelle vannbaserte slukkesystemer. Det er ikke undersøkt hvordan høy varmepåvirkning vil påvirke sensorene eller tilhørende elektronikk.

Målgruppen for rapporten er bygningseiere, byggherrer, brannrådgivere, produsenter og leverandører av dørsensorer og andre fagpersoner som gjennom sitt arbeid trenger innsikt i hvordan berøringsfrie dørsensorer kan påvirkes røyk eller vann fra slukkesystem og hvilke konsekvenser dette kan ha for brannsikkerheten.

1.5 Ordliste

Nedenfor forklares forkortelser og begreper som brukes i denne rapporten.

Tabell 1-1 Forkortelser og begreper brukt i rapporten

Begrep/forkortelse	Definisjon/forklaring
automatisk dør	Dør som åpnes med motorkraft.
branncelle	Hel eller avgrenset del av byggverk hvor en brann fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre bygninger eller deler av byggverket i løpet av en fastsatt tid [3].
DiBK	Direktoratet for byggkvalitet
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
elektrosensitive sikkerhetssystemer	Sikkerhetssystem der sikkerhetssensoren aktiveres ved brudd på eller refleksjon av stråler eller bølger [4]. I denne studien blir begrepet berøringsfri sikkerhetssensor benyttet.
FMCW	<i>Frequency-Modulated Continuous Wave</i> Sensortechnologi der sensoren sender ut kontinuerlige mikrobølger med varierende frekvens over tid.
IR	Infrarød
sikkerhetssensor	Sensor som detekterer hindringer i dørens bevegelsesområde, slik at dørens bevegelse kan stoppes eller reverseres for å forhindre skade på personer og materiell.
sikkerhetssystem	System som ved deteksjon av hindringer i dørens bevegelsesområde stopper eller reverserer dørens bevegelse for å forhindre skade på personer og materiell.
ToF	<i>Time-of-Flight</i> Sensortechnologi som sender ut en kort lysimpuls og måler tiden det tar før lyset reflekteres tilbake.
trykksensitive sikkerhetssystemer	Sikkerhetssystem der sikkerhetssensoren aktiveres når mekanisk trykk påføres overflaten [4].
universell utforming	Utforming eller tilrettelegging av hovedløsningen i de fysiske forholdene slik at virksomhetens alminnelige funksjoner kan benyttes av flest mulig [3].
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i> . Avbruddsfri strømforsyning, det vil si at produktet får strømforsyning selv om den vanlige strømforsyningen forsvinner i en periode [2].
åpningssensor	Sensor som registrerer en persons tilstedeværelse eller bevegelse ved en dør.

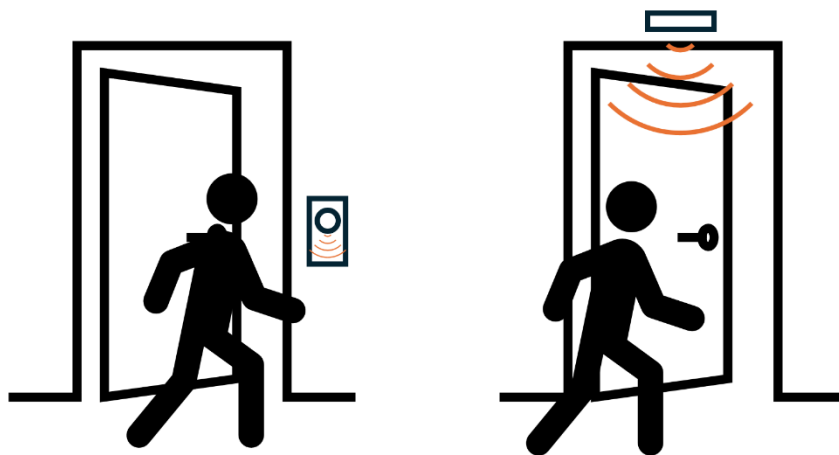
2 Kartlegging

2.1 Berøringsfrie automatiske dører

Automatiske dører åpnes med motorkraft når de mottar signal fra en bryter eller sensor. Dersom sensoren kan aktiveres uten at man er borti den, betegnes døren som en berøringsfri automatisk dør. Som det vil bli belyst i avsnittet om regelverk, kommer dører som åpner seg med motorkraft innunder Maskinforskriften [1], og de må etter denne ha en sikkerhetsfunksjon som sikrer at personer ikke kan komme til skade når døren beveger seg. Det er vanlig å løse dette med å ha en sensor som «ser» om det er en person i døråpningen, slik at dørens bevegelse da kan avbrytes. For en berøringsfri automatisk dør vil det altså være behov for to sensorer: en åpningssensor og en sikkerhetssensor.

Åpningssensoren gir signal om at døren skal åpne seg når den registrerer at en person nærmer seg eller befinner seg i nærheten av døren. Sensoren er vanligvis plassert enten ved siden av døren omtrent en meter over gulvet eller over døren mellom 2 m og 4 m over gulvet, som illustrert i Figur 2-1.

Sikkerhetssensoren overvåker området rundt en automatisk dør, og dersom den registrerer at det befinner seg en person i området gir den signal til døren om å stoppe eller reversere bevegelsen for å forhindre klemskader eller kollisjon. Sensoren er vanligvis plassert over døren, på samme måte som åpningssensoren til høyre i Figur 2-1, eller i dørkarmen.



Figur 2-1: Illustrasjon av berøringsfrie åpningssensorer. Til venstre er illustrert en berøringsfri åpningssensor som aktiveres med håndbevegelse, disse er montert på veggen ved siden av døra omtrent en meter over gulvet. Til høyre vises en berøringsfri åpningssensor som aktiveres når en person beveger seg mot døra, disse er montert på veggen over døra mellom 2 m og 4 m over gulvet.

Bruken av berøringsfrie døråpnere har økt betydelig i de siste årene, og mange offentlige bygg som sykehus, sykehjem og hoteller har nå slike døråpnere [5]. Berøringsfrie døråpnere ble spesielt populære under koronapandemien [6], fordi de reduserer risikoen for kontaktsmitte samtidig som de forenkler hverdagen for ansatte, for eksempel på sykehus [7]. Etter hvert har

det oppstått bekymring for om slike automatiske døråpnere også vil åpne dørene dersom de utsettes for røyk, noe som kan redusere brannsikkerheten [5]. Det er ikke funnet vitenskapelige studier eller offentlige tilgjengelige rapporter som omhandler dette temaet og tester av hvordan berøringsfrie sensorer påvirkes av røyk ved brann.

Dersom røyk fra en brann kan få en berøringsfri åpningssensor til å reagere slik at døren åpnes, vil røyk kunne spres fra det røykfylte rommet til rommet på andre siden av døren. Dette er spesielt kritisk for dører i brannskiller som har til hensikt å hindre spredning av brann og røyk fra en del av et bygg til en annen, og som dermed må holdes lukket ved en brann. En automatisk dør som åpnes vil lukkes av seg selv etter en gitt tid, dette gjelder både for dører som åpnes med en berøringsfri åpningssensor og dører som åpnes med en mekanisk bryter. Dersom døren har en sikkerhetssensorer som aktiveres av røyk vil lukking forhindres slik at døren forbli åpen og røyk kan spres gjennom den. Det er likevel viktig at dørene opprettholder sin funksjon

At åpningssensorer og sikkerhetssensorer ikke utløses feilaktig på grunn av røyk, eller at de faktisk detekterer personer slik de skal i røyk, er i dag ikke en del av dokumentasjonen for slike sensorer.

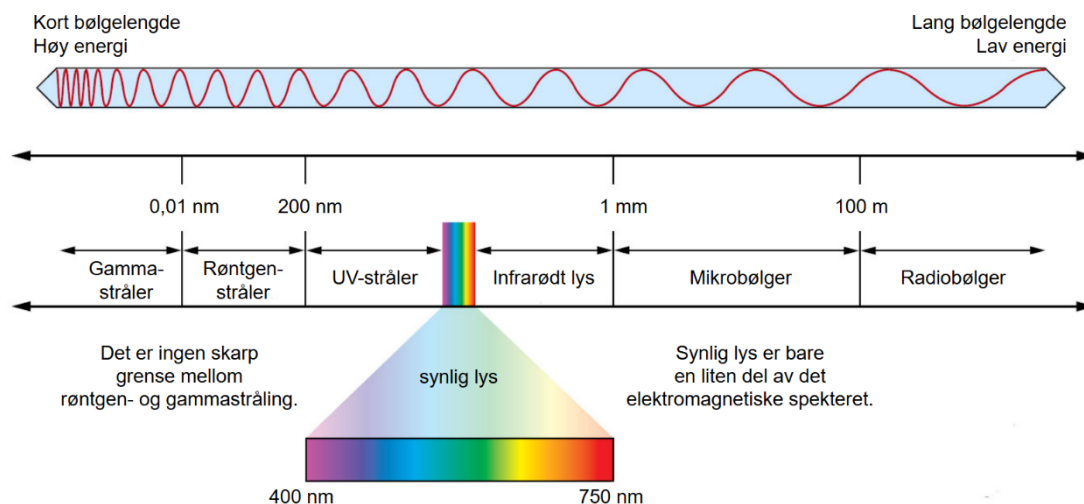
2.2 Sensorteknologier

Det finnes ulike teknologier som benyttes i berøringsfrie sensorer, både åpningssensorer og sikkerhetssensorer. De fleste av sensorene på markedet bruker teknologi som baserer seg på elektromagnetiske bølger. Nedenfor følger en kort beskrivelse av teknologiene som er i bruk.

2.2.1 IR-sensorer

IR-sensorer detekterer infrarød (IR) stråling. Infrarød stråling er elektromagnetiske bølger med bølgelengde mellom 700 nanometer og 1 millimeter, det vil si at bølgelengden er lengre enn bølgelengden for synlig lys, se Figur 2-2. Alle objekter sender ut infrarød stråling [8].

Det finnes to hovedtyper av IR-sensorer: aktive og passive. Aktive IR-sensorer sender ut infrarødt lys, ofte i området 850 – 950 nm, og dersom et objekt i nærheten reflekterer tilbake noe av dette lyset, registreres det reflekterte lyset av en mottaker. Noen av de aktive IR-sensorene sender ut en kort lysimpuls og måler tiden det tar før lyset reflekteres tilbake, disse kalles Time-of-Flight (ToF) sensorer. Disse ToF-sensorene benytter også gjerne en infrarød laserdiode. Laserstråler er monokromatiske (har kun en bølgelengde) og parallelle. Det betyr at den infrarøde strålen som sendes ut holdes fokusert over lengre distanser, noe som gir bedre presisjon og rekkevidde enn hva man oppnår når det infrarøde lyset ikke er monokromatisk og parallelt. Passive IR sensorer sender ikke ut noen infrarød stråling, men registrerer den infrarøde strålingen som sendes ut av mennesker i nærheten. IR-sensorer brukes både i åpningssensorer og sikkerhetssensorer.



Figur 2-2: Elektromagnetisk spekter, av Norheim, B., NKI Forlaget.
(<https://ndla.no/image/39345>). CC BY-NC-ND 4.0 [9].

2.2.2 Mikrobølgesensorer

Mikrobølger er elektromagnetisk stråling med lengre bølgelengde enn infrarød stråling, altså med en bølgelengde over 1 mm. Den øvre grensen for mikrobølgers bølgelengde varierer i ulike kilder, fra 30 cm [10] til 100 m som vist i illustrasjon i Figur 2-2. Mikrobølgesensorene sender kontinuerlig ut elektromagnetiske bølger i mikrobølgespekteret, og analyserer de reflekterte mikrobølgene. Sensorer som sender ut mikrobølger med en fast frekvens benytter dopplereffekten til å registrere om en person er på vei mot døren. Dopplereffekten er fenomenet der frekvensen til en lys- (eller lyd-) bølge endrer seg når observatøren og kilden flytter seg i forhold til hverandre [11]. Det vil si at personen må være i bevegelse for at en mikrobølgesensor med dopplereffekt skal kunne brukes til å detektere vedkommende. Det finnes også sensorer som sender ut kontinuerlige mikrobølger med varierende frekvens over tid, disse kalles FMCW-mikrobølgesensorer (Frequency-Modulated Continuous Wave). Disse kan i tillegg til å måle hastighet (dopplereffekt) også måle avstand, og skal dermed ikke være avhengige av at personen er i bevegelse.

2.2.3 Kapasitive sensorer

En berøringsfri dørsensor med kapasitiv teknologi har en elektrode som skaper et svakt elektrisk felt i luften foran sensoren. Når en hånd eller noe annet elektrisk ledende kommer nærme sensoren, endres dette elektriske feltet. Endringen registreres av sensoren og brukes til å sende et signal om at døren skal åpnes. Det elektriske feltet foran sensoren påvirkes av relative permittiviteten¹ til lufta. Både fuktig luft og vann har høyere relativ permittivitet enn tør luft. Derfor kan både fuktig luft og vann kunne gi en endring i det elektriske feltet foran sensoren sammenlignet med når lufta er tørr, og denne effekten vil være større for vann enn for fuktig luft. Vannbaserte slokkesystemer øker luftfuktigheten og kan gjøre overflatene i rommet våte,

¹ Et mål på en isolators evne til å bli elektrisk polarisert.

hvorvidt dette vil utløse berøringsfrie sensorer med kapasitiv teknologi slik at dørene åpnes er ikke klart.

2.3 Regelverk

Dette avsnittet presenterer norsk regelverk som er relevant for brannsikkerhet og for bruk av berøringsfrie dørsensorer i bygninger.

2.3.1 Byggteknisk forskrift

Generelle krav til byggverks sikkerhet ved brann finnes i kapittel 11 av byggteknisk forskrift (TEK17) [2]. Etter § 11-8 *Brannceller* ledd (1), skal byggverk deles opp i brannceller på en hensiktsmessig måte. I henhold til veiledningen skal en slik oppdeling i brannceller bidra til å sikre tid til rømning og redning, til å forsinke og begrense brann- og røykspredning slik at det ikke oppstår unødige store materielle skader, og til å lette sløkkearbeidet. Videre krever § 11-8 ledd (2) at brannceller skal være utført slik at de forhindrer spredning av brann og branngasser til andre brannceller i den tiden som er nødvendig for rømning og redning. Hovedhensikten med å dele byggverk opp i brannceller blir i veiledningen oppgitt til å være å forsinke og begrense brann- og røykspredning utenfor den branncellen der brannen starter. Det blir påpekt at det er spesielt viktig å hindre brann- og røykspredning til rømningsveiene i den tiden som skal være tilgjengelig for rømning. Det er i veiledningen gitt preaksepterte ytelser for dørers brannmotstand og røyktetthet. I tillegg påpekes det at krav til åpningskraft for dører i atkomst- og rømningsveier er gitt i § 12-13 *Dør, port og lignende*.

Etter § 11-10 *Tekniske installasjoner* skal tekniske installasjoner prosjekteres og utføres slik at de ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg. Videre skal installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann, være prosjektert og utført slik at deres funksjon opprettholdes i den tiden som er nødvendig.

§ 11-13 *Utgang fra branncelle* og § 11-14 *Rømningsvei* krever at henholdsvis dør til rømningsvei og dør i rømningsvei skal prosjekteres og utføres slik at den sikrer rask rømning, og slik at det ikke oppstår fare for oppstuvning. I veiledningen til begge disse paragrafene spesifiseres det at krav til åpningskraft for dører i rømningsvei gjelder også når brannalarm er utløst, og at dette vanligvis vil innebære at selvlukkende dører (med dørpumpe) må ha dørautomatikk og ha UPS (avbruddsfri strømforsyning) fram til dør. Som preakseptert ytelser gis det for både § 11-13 og § 11-14 at åpningskraft for dører til rømningsvei må være maksimalt 67 N dersom det ikke følger andre krav av § 12-13 *Dør, port og lignende*.

§ 12-13 ledd (3) krever at i bygninger med krav om tilgjengelig boenhet skal dører som er beregnet for manuell åpning til og i atkomst- og rømningsveier kunne åpnes med åpningskraft på maksimum 30 N. § 12-13 ledd (4) krever at i bygninger med krav om universell utforming skal dør til og i hovedatkomstvei og hovedrømningsvei kunne åpnes med en åpningskraft på maksimum 30 N.

2.3.2 Maskinforskriften

I Norge reguleres krav til maskiner i forskrift om maskiner (maskinforskriften) [1]. Maskinforskriften er den norske gjennomføringen av EUs maskindirektiv (MD) 2006/42/EC [12]. Formålet til forskriften er å forhindre og forebygge skade på liv og helse som kan finne

sted ved konstruksjon, bygging, og omsetning av maskiner, samt å bidra til fri flyt av varer i EU/EØS-området [13]. Maskinforskriften [1] definerer en maskin som *en enhet som er utstyrt med eller beregnet til å utstyres med et drivsystem, som ikke kommer fra direkte drivkraft fra mennesker eller dyr, og som består av sammensatte deler eller komponenter, hvor minst en del er bevegelig og som er sammensatt for et bestemt bruk*. En automatisk dør har et motorisert drivsystem og bevegelige deler som er satt sammen for å åpne og lukke døren. Derfor regnes en automatisk dør som en maskin og omfattes av kravene i maskinforskriften og maskindirektivet.

Den harmoniserte standarden NS-EN 16005 *Elektrisk drevne dører – Sikkerhet ved bruk – Krav og prøvingsmetoder* [4] omhandler sikkerhetskrav og testmetoder for automatiske dører beregnet for gående. Ved å følge denne harmoniserte standarden, vil man også oppfylle kravene i EUs maskindirektiv og dermed også maskinforskriften. Etter NS-EN 16005 kan det benyttes enten trykksensitive² eller elektrosensitive³ sikkerhetssystemer for å beskytte personer mot klem- og støtskader når døren lukker seg. Elektrosensitive sikkerhetssystemer blir i standarden beskrevet som sikkerhetssystemer der sensorfunksjonen aktiveres ved *brudd på eller refleksjon av stråler eller bølger*, det vil si at berøringsfrie sikkerhetssensorer som beskrevet i Kapittel 2 kan benyttes i elektrosensitive sikkerhetssystemer. Det spesifiseres at slike elektrosensitive sikkerhetssystemer også må tilfredsstillе NS-EN 12978 *Porter og inngangsdører – Beskyttelsesinnretninger for maskindrevne porter og inngangsdører – Krav og prøvingsmetoder* [14]. I NS-EN 12978 stilles det ikke spesielle krav til det elektrosensitive sikkerhetssystemets funksjon i røykfylte omgivelser som i en brann, men ved utendørs bruk stilles det krav om at funksjon ved tåke, fukt og regn enten må verifiseres, eller så må døren stoppes automatisk. I NS-EN 16005 beskrives også en lavenergi-modus hvor dørens bevegelse er så sakte og har så lite energi, at det ikke skal medføre fare for personer som befinner seg i døråpningen. Da er elektrosensitive sikkerhetssystemer normalt ikke nødvendig. Lavenergi-modusen skal likevel ikke brukes uten at det er utført en risikovurdering som tar hensyn til barn, eldre og personer med funksjonsnedsettelse. Denne lavenergi-modusen krever etter NS-EN 16005 at ved strømbortfall eller feil på motor, skal døren kunne åpnes med en kraft på mindre enn 90 N. Dette tilfredsstiller ikke kravene som stilles i TEK 17, verken etter § 11-13 *Utgang fra branncelle* og § 11-14 *Rømningsvei*, eller etter § 12-13 for bygninger med krav om tilgjengelig boenhet og for byggverk med krav om universell utforming.

2.3.3 Forskrift om brannforebygging

I Kapittel 2 av Forskrift om brannforebygging [15] beskrives forebyggende plikter for eieren av et bygg i § 4 og § 5. Eieren skal bl.a. ha kunnskap om bygningsdeler, installasjoner og utstyr i byggverket som skal oppdage brann eller begrense konsekvensene av brann, og eier skal gjøre brukeren av bygget kjent med kravene som gjelder for bruken av byggverket, og med alle egenskapene ved byggverket som har betydning for brannsikkerheten. Videre er eier ansvarlig for at bygningsdeler, installasjoner og utstyr i byggverket som skal oppdage brann eller begrense konsekvensene av brann, blir kontrollert og vedlikeholdt slik at de fungerer som forutsatt.

² Pressure-sensitive protective equipment (PSPE)

³ Electro-sensitive protective equipment (ESPE)

I samme forskrift beskrives forebyggende plikter for brukeren av byggverket i Kapittel 3. Brukeren har blant annet plikt til å informere eier om endringer, forfall og skader i byggverket eller sikkerhetsinnretningene som kan påvirke sikkerheten mot brann,

2.3.4 Brann- og eksplosjonsvernloven

I Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsloven) [16] beskrives i Kapittel 2 Alminnelige plikter, herunder i § 6 plikter angående forebygging, sikringstiltak og vedlikehold. Her plikter eier av byggverk, område, transportmiddel, produksjonsutstyr, annen innretning eller produkt å sørge for nødvendige sikringstiltak for å forebygge og begrense brann, eksplosjon eller annen ulykke. Videre plikter både eier og bruker av byggverk, område, transportmiddel, produksjonsutstyr, annen innretning eller produkt å holde bygningstekniske konstruksjoner, sikkerhetsinnretninger og øvrige sikringstiltak til vern mot brann, eksplosjon eller annen ulykke i forsvarlig stand, og påse at disse til enhver tid virker etter sin hensikt.

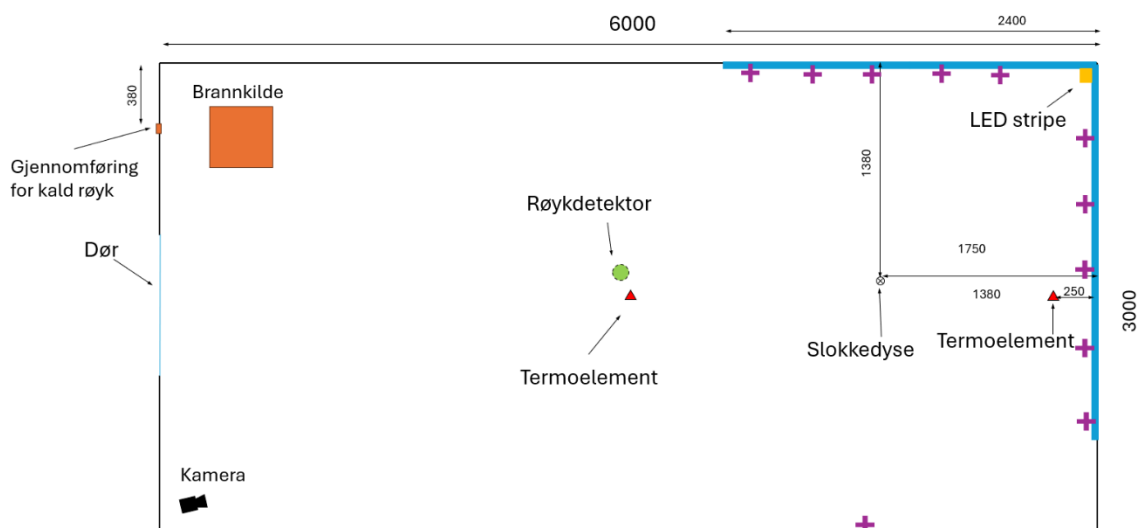
3 Brannforsøk

For å undersøke hvordan berøringsfrie dørsensorer påvirkes av røyk og vann fra slokkesystemer ble det utført en storskala forsøksserie i et rom tilsvarende en korridor. I dette kapitlet beskrives først forsøksoppsettet og sensorene som ble undersøkt, videre beskrives røykkildene og slokkesystemene som ble benyttet, før det avslutningsvis gis en beskrivelse av de 10 utførte forsøkene.

3.1 Forsøksoppsett

Brannforsøkene ble utført i et forsøksoppsett tilsvarende en korridor med dimensjonene 3 m x 6 m x 3 m som vist i Figur 3-1. Rommet er bygget av 1,5 mm tykke stålelementer direkte på betonggulvet. De blå strekene langs to av veggene i Figur 3-1 indikerer at veggene her var kledd med isolasjon: 50 mm steinullisolasjon, ett lag OSB-plate og to lag med 12,5 mm tykke type A gipsplater. Sensorenes plassering er angitt med lilla kryss. På de to gipsveggene ble sensorene montert i to ulike høyder ovenfor hverandre og kryssenes plassering viser ikke nøyaktig plassering for enkeltsensorer, men indikerer hvilke områder sensorene var montert i. Én sensor var som vist på figuren montert på stålvegg i samme enda av rommet, men på den tredje veggen. De ulike sensorenes plassering beskrives mer detaljert i Kapittel 3.2.

Det ble brukt videokamera til å dokumentere forsøkene, og det var montert en vertikal LED-stripe i ene hjørnet av korridoren, merket med gult på figuren. Denne ble benyttet som indikator på hvordan sikten var i forsøkene, sammen med observasjoner gjort av person som ble sendt inn i rommet undervegs i forsøkene. Til høyre for døren var det et vindu i plexiglass som muliggjorde innsyn inn i rommet undervegs i forsøkene uten at døren ble åpnet. Det ble målt temperatur med 1,5 mm type K termoelement i to ulike høyder, 80 cm og 200 cm over gulvet, på to ulike steder i rommet. En optisk røykdetektor var installert i taket, denne var ikke koblet til alarmsentral eller loggesystemet, men man kunne høre utenfra når alarmen gikk.



Figur 3-1: Skisse av rommet som ble brukt i forsøkene. Målene på skissen er gitt i mm. De lilla kryssene markerer områdene sensorene var montert. Skissen viser også plassering av brannkilde, slokkedyse, røykdetektor, termoelementer, LED-stripe og gjennomføring i vegg for tilføring av kald røyk.

For å undersøke om rommets ventilasjonsstrategi påvirker hvordan sensorene reagerer på røyk, ble det i noen av forsøkene brukt mekanisk ventilasjon. Som beskrevet i Kapittel 2.2 reagerer mikrobølgesensorene som baserer seg på dopplereffekten bare på objekter som er i bevegelse, og det var derfor ønskelig å se om man så noen effekt av om rommets ventilasjon var slått av eller skrudd på. Rommet var i utgangspunktet utstyrt med mekanisk ventilasjon med separat tillufts- og avtrekksvifte. Inne i rommet var posisjonen til avtrekksventilen rett over området som var aktuelt for plassering av brannkilden. Avtrekksventilen ble derfor avstengt, og avtrekksvifta ble ikke brukt. I stedet ble det i de forsøkene der det ble benyttet mekanisk ventilasjon åpnet en luke i taket, slik at det ble naturlig ventilasjon av luft og røyk ut av rommet. Inne i rommet var det to tilluftsventiler montert i taket, disse hadde sirkulær underplate med mange små sirkulære dyser i rotasjonsmønster for effektiv blanding romlufta og den tilførte lufta [17]. Det ble brukt to ulike innstillinger for tilluft i forsøksserien: 16 ACH (Air changes per hour) og 30 ACH, det vil si at lufta i rommet ble skiftet ut henholdsvis 16 eller 30 ganger i timen. I forsøkene uten mekanisk ventilasjon var både tilluftskanal, avtrekkskanal og luke i taket lukket.

På skissen i Figur 3-1 vises hvor brannkilde, kamera, slokkedyse, LED stripe, røykdetektor, kamera, sensorer og termoelementer var plassert.

3.2 Sensorer

I alt 19 ulike berøringsfrie sensorer fra 8 ulike leverandører var montert i forsøksoppsettet. Sensorene ble montert i innerste del av korridoren som vist i bildene i Figur 3-2. Sensorene er anonymisert i figuren, men numrene på figuren tilsvarer numrene i Tabell 3-1 som gir oversikt over de monterte sensorene. Sensorene var montert i to ulike høyder i henhold til sensorenes monteringsanvisning, enten 1 m over gulv eller 2,2 m over gulv.



Figur 3-2: Viser hvor de ulike sensorene var montert i korridoren. Numrene er de samme som ID numrene i Tabell 3-1. Bildet til venstre viser sensorene montert på veggen til venstre når man går inn i rommet, mens bildet til høyre viser sensorene som er montert på veggen rett frem i tillegg til sensor nummer 19 som var montert på vegg til høyre.

Det var montert 14 åpningssensorer og 5 sikkerhetssensorer. De fleste av sensorene ble montert enten av produsenten selv eller av en montør de hadde avtale med og som derfor var kjent med sensorene, de resterende ble montert av teknikere fra RISE Fire Research etter instruksjon fra produsenten.

Tabell 3-1: Oversikt over de 19 sensorene som ble installert. ID er samme nummeret som er vist på bildet i Figur 3-2.

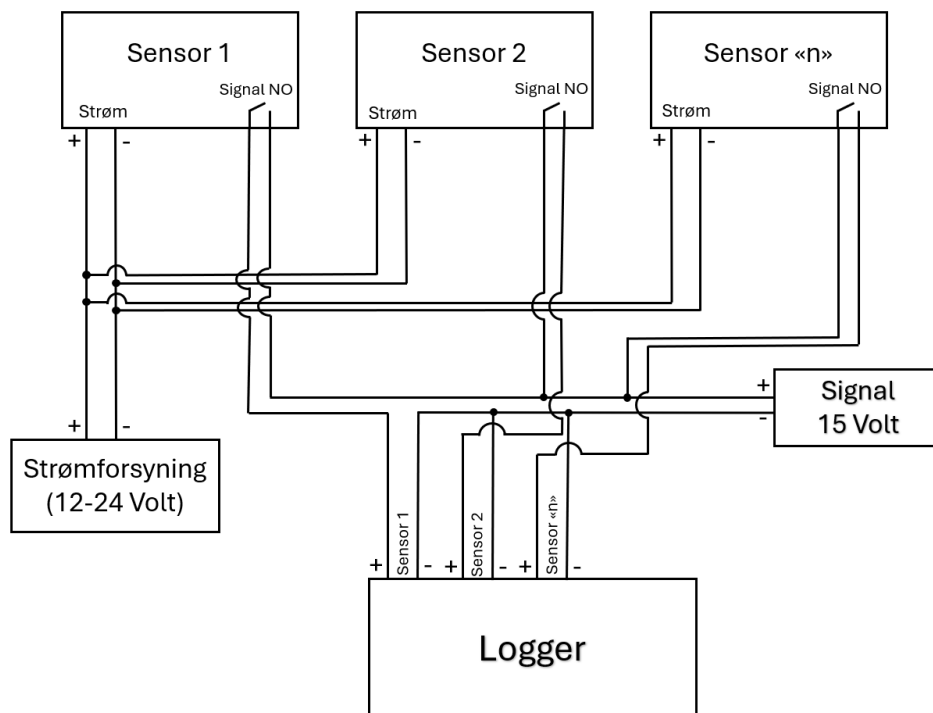
ID	Type sensor	Teknologi	Monteringshøyde over gulv (m)
1	Sikkerhet	IR (ToF, Laser)	2,2
2	Åpning	Mikrobølge	2,2
3	Sikkerhet	IR (ToF, Laser)	2,2
4	Sikkerhet	IR (ToF, Laser)	2,2
5	Åpning	Mikrobølge	2,2
6	Åpning	Mikrobølge (FMCW)	2,2
7	Sikkerhet	IR	2,2
8	Sikkerhet	IR	2,2
9	Åpning	IR (ToF, Laser)	2,2
10	Åpning	Mikrobølge	1,0
11	Åpning	Kapasitiv	1,0
12	Åpning	IR (ToF)	1,0
13	Åpning	IR	1,0
14	Åpning	Mikrobølge	1,0
15	Åpning	Kapasitiv	1,0
16	Åpning	Mikrobølge	1,0
17	Åpning	IR	1,0
18	Åpning	Mikrobølge	1,0
19	Åpning	Mikrobølge	1,0

Alle de 5 sikkerhetssensorene benyttet seg av aktiv IR-teknologi, hvorav 3 av disse benyttet laserdiode og ToF-teknologi. Blant de 14 åpningssensorene var det 4 som benyttet seg av IR-teknologi, 8 som benyttet seg av mikrobølge-teknologi og 2 som benyttet kapasitiv teknologi. Av IR-sensorene var det 2 som oppga å benytte seg av ToF-teknologi, og av mikrobølgesensorene var det en som oppga å benytte seg av FMCW-teknologi.

En av åpningssensorene var en kombinasjonssensor hvor den øverste delen var en berøringsfri sensor med IR-teknologi og den nederste delen var en mekanisk bryter. Ved bruk skal denne kombinasjonssensoren kobles til byggets brannalarmsystem, og ved brannalarm skal den berøringsfrie sensoren kobles ut slik at man unngår problematikken med feilaktig detektering på grunn av røyk. Ettersom det var formålet med forsøkene var å undersøke hvordan berøringsfrie sensorer reagerer på røyk og vann var det IR-sensorens signal som ble logget fra denne

kombinasjonssensoren. Den mekaniske funksjonaliteten ble undersøkt ved å installere en ren mekanisk bryter fra samme leverandør.

For å holde oversikten over hvilke sensorer som ga signal til enhver tid, ble dørsensorer, temperaturmålere og trykkmålere koblet opp til et dataloggesystem. Loggesystemet som ble tatt i bruk var av typen KEYSIGHT 34972A, og hadde loggeintervall på én logging hvert tredje sekund. Dørsensorene ble ikke koblet til en døråpner, men det ble montert opp en ekstern strømforsyning som ga et konstant voltsignal på 15 V. På døråpnerne ble det eksterne signalet koblet på slik at det sto i NO-modus (Normally open), som betyr at det ikke går strøm igjennom kretsen før bryteren blir aktivert. Når dørsensorene gir signal om å åpne døren, lukkes kretsen, og det eksterne voltsignalet blir plukket opp i loggesystemet, se Figur 3-3. I praksis betyr dette at loggesystemet plukket opp et signal på 0 V helt til dørsensorene ble aktivert, noe som lukket kretsen og endret loggsignalet til 15 V.



Figur 3-3 Skjemaet viser hvordan dørsensorene ble koblet opp slik at sensorene både fikk strøm, og ga et signal som kunne logges ved aktivering. Det ble brukt mange sensorer i forsøkene, men kun tre er tegnet inn. Alle sensorene ble koblet på samme måte, og «sensor n» i skjemaet representerer hvordan den neste sensoren i rekken ville blitt montert.

På grunn av antallet individuelle sensorer og målepunkter, kunne ikke loggehastigheten økes til mer enn én logging hvert tredje sekund. Dette resulterte i noen utfordringer knyttet til å fange opp signalene fra alle dørsensorene. Normalt finnes det to ulike innstillinger for ut-signalet til sensorene, nemlig «toggle-mode» og «pulse-mode». I «toggle-mode» vil sensoren ved aktivering gi et konstant signal som ikke stopper før sensoren eventuelt blir aktivert på nytt. Dette signalet er lett å plukke opp, fordi det varer lenge, og med det anvendte loggeintervallet vil signalet plukkes opp uten problemer. I «pulse-mode» vil sensoren ved aktivering gi et signal i form av en puls som varer en gitt tid. Hvor lenge pulsen varer varierer fra sensor til sensor, og dersom pulsen er kortere enn tre sekunder kan signalet falle mellom to logginger, noe som betyr

at signaler i verste fall kan gå tapt. Sensorene som hadde «toggle-mode» som et valg ble derfor satt i «toggle-mode», og sensorene som kun hadde «pulse-mode» ble satt til å gi så lang puls som mulig. Dette fungerte for de fleste sensorene, men det var fire sensorer som hadde for kort puls til å kunne garantere at signalet ble plukket opp (kortere enn tre sekunder). Dette var to IR-sensorer og de to kapasitive sensorene. For en av IR-sensorene ble dette løst fra og med forsøk 2 (se Tabell 3-2) ved å benytte sensorens egen mobilapplikasjon til å følge med på om sensoren ble aktivert eller ikke. For alle de fire sensorene med kort puls ble det montert inn en kondensator på loggesignalet etter forsøk 5. Denne fungerer ved at elektrisk energi lagres mellom to poler, som i denne sammenhengen gjorde resulterte i en treghet i loggesignalet, slik at det var kunne registreres.

3.3 Røykkilder

Dette avsnittet beskriver de ulike røykkildene som ble brukt i forsøkene. Valg av røykkilder ble gjort på bakgrunn av resultatene fra en tidligere utført testserie. I denne testserien ble både kald røyk, diesel, skummadrass, plastball og treverk brukt som røykkilde, og av disse var det kald røyk og treverk som aktiverte flest sensorer. Det ble derfor valgt å benytte kald røyk og treverk på samme måte i denne nye forsøksserien som det ble gjort i den tidligere testserien. I tillegg ble avisapir valgt som ny røykkilde, da brennende avisapir ikke bare produserer røyk, men også små flak av delvis brent papir som virvles opp i lufta. Disse flakene er større enn røykpartikler og vil kunne påvirke sensorene på en annen måte enn selve røyken.

3.3.1 Kald røyk

I de to første forsøkene ble det benyttet kald teaterøyk som brensel. Den kalde røyken ble produsert av en røykmaskin som fungerer ved å varme opp en blanding av glykol og vann. Når denne blandingen slippes ut i rommet og møter kaldere luft, kondenserer den og danner små dråper som gir inntrykk av lys gråhvit røyk. Slik kald teaterøyk skiller seg altså fra reell brannrøyk ved at teaterøyk består av små dråper i lufta, mens brannrøyk består av små partikler og sot, derfor kan også sensorene reagere ulikt på teaterøyk og reell brannrøyk. Kald teaterøyk er enklere i bruk enn en reell brann og har ikke de negative helseeffektene som brannrøyk har, derfor har også kald røyk blitt brukt i enklere demonstrasjoner som har vist at berøringsfrie dørsensorer aktiveres av røyk. I den utførte forsøksserien ble også de to forsøkene med kald røyk brukt til å øve på prosedyren for personen som ble sendt inn i det røykfylte rommet for å aktivere sensorene. Røyken ble produsert med en røykmaskin på utsiden av rommet, og ført inn i rommet gjennom et hull i veggen ved siden av døren som vist i Figur 3-1. Hullet hadde en diameter på 8 cm, og avstanden fra gulvet til senter av hullet var 66 cm.

3.3.2 Treverk

Det ble brukt en standard trekrybbe i henhold til standarden FM 5560 [18] som brensel i to av forsøkene. Trekrybben bestod av 32 lekter av gran med dimensjonene 3,81 cm x 3,81 cm x 30,5 cm stablet i 8 lag, og hadde en total vekt på omtrent 6,2 kg. Trekrybbene hadde vært oppbevart i klimarom i minst 48 timer før forsøksstart for å sikre likt fuktighetsinnhold i treverket og dermed gi repeterbar brannutvikling. Trekrybben ble plassert oppi et kar med 2 dl diesel og 1 dl heptan, og brannen ble startet ved å antenne blandingen av heptan og diesel med en gassbrenner.

Figur 3-4 (a) viser en av trekrybbene som ble brukt og i Figur 3-4 (b) vises trekrybbens plassering i rommet, avstanden mellom trekrybben og veggene i hjørnet var 30 cm.



(a)



(b)

Figur 3-4: Trekrybbe som brensel: (a) før forsøk, (b) underveis i forsøk. Trekrybben bestod av 32 lekter av gran, og hadde en ferdig dimensjon på 30,5 cm x 30,5 cm x 30,5 cm og en vekt på omtrent 6,2 kg.

3.3.3 Papir

Avispapir ble brukt som brensel i fire av forsøkene. Det ble brukt total 5 kg avispapir i hvert forsøk. 1,2 kg av dette ble krøllet i baller og fylt oppi et metallkurv med dimensjonene 25 cm x 25 cm x 35 cm. Resterende papir (ca. 3,8 kg) ble lagt i en stabel oppå papiret i gitteret som vist i Figur 3-5. Kurven med avispapir plassert oppå et kar med 2 dl diesel og 1 dl heptan og plassert i hjørnet av rommet 30 cm fra veggene. Brannen ble startet ved å antenne blandingen av heptan og diesel med en gassbrenner.



(a)



(b)

Figur 3-5: Avispapir som brensel: (a) før forsøk, (b) kort tid etter antenning. 1,2 kg avispapir ble krøllet og plassert oppi en metallkurv og 3,8 kg aviser ble lagt oppå kurven.

3.4 Slokkesystem

3.4.1 Sprinkleranlegg

I ett av forsøkene ble det studert hvordan sensorene påvirkes av vann fra sprinkleranlegg. Det var montert en sprinklerdyse i taket i samme ende av korridoren som sensorene var plassert. Dysen var plassert 8 cm under taket, og den nøyaktige plasseringen i korridoren kan ses på Figur 3-1. Plassering, trykk og vannmengde er typisk det man kan finne i bygg der en dyse blir utløst. Dysen er en dyse for ordinær fareklasse etter NS-EN 12845 *Faste brannslukkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold* [19], med flytfaktor (K-faktor) på $80 \text{ L min}^{-1} \text{ bar}^{-1/2}$ og vanntrykket som ble brukt i testen var 1,8 bar.

3.4.2 Vanntåke

I ett av forsøkene ble det studert hvordan sensorene påvirkes av vann fra et høytrykksvanntåkeanlegg. Det var montert en dyse i taket i samme posisjon som sprinklerdysen, men vanntåkedysen var plassert 7 cm under taket. Vanntåkedysen er beregnet for hotell/kontor/restaurant/korridor/bolig og sammenliknbare risikoer i henhold til NS-EN 14972-1 *Faste brannslukkesystemer Vanntåkesystemer Del 1: Dimensjonering, installasjon, inspeksjon og vedlikehold* [20] og NS-EN 14972-3 *Faste brannslukkesystemer Vanntåkekomponenter Del 3: Prøvingsprotokoll for automatiske dysesystemer for kontorer, klasserom og hoteller* [21]. Vanntåkedysen hadde en flytfaktor på $2,74 \text{ L min}^{-1} \text{ bar}^{-1/2}$, og vanntrykket som ble brukt var 100 bar, som er minimum trykket for den aktuelle vanntåkedysen.

3.5 Utførte forsøk

Forsøksserien bestod av ti forsøk som beskrevet i Tabell 3-2. De utførte forsøkene ble alle utført etter samme prosedyre, ved at røykkilden eller slukkesystemet ble startet før operatøren umiddelbart forlot rommet og lukket døren. Rommet stod da uberørt en gitt tid før en person ble sendt inn for å undersøke om sensorene klarte å detektere personen i de utfordrende omgivelsene. Tiden fra røykkilden eller slukkesystemet ble startet til personen gikk inn i rommet er angitt som varighet av forsøket i Tabell 3-2. Etter dette, ble rommet luftet ut, før det så ble sjekket om sensorene detekterte personen i vanlige omgivelser, også etter at de var utsatt for røyk og vann fra forsøkene. Dette ble gjort for å sikre at de fungerte som de skulle i påfølgende forsøk.

I forsøkene med kald røyk ble personen sendt inn etter 6 minutter, da var rommet fylt med så mye røyk at det ikke var mulig å se LED-stripa fra døren 3,3 m unna. I forsøkene med avispir, ble personen sendt inn da brannen begynte å avta etter 10 minutter. Det var da så mye røyk i rommet at det ikke var mulig å se LED-stripa fra døren. Med trekrybbe som brensel tok det lenger tid før rommet fyltes med røyk enn med avispir. Personen ble i disse forsøkene sendt inn etter 30 minutter, da det ble vurdert at sikten i rommet ikke lenger ble dårligere. For begge de to vannbaserte slukkesystemene ble personen sendt inn etter 15 minutter.

Tabell 3-2: Oversikt over utførte forsøk med informasjon om hvilken røykkilde eller slukkesystem som ble brukt, hvilken ventilasjon som ble brukt og hvor lang tid forøket varte fra røykkilden eller slukkesystemet ble igangsatt til personen ble sendt inn.

Forsøk nr.	Røykkilde / slukkesystem	Ventilasjon (ACH)	Varighet av forsøket (min)
1	Kald røyk	-	6
2	Kald røyk	-	6
3	Trekrybbe	-	30
4	Avispir	-	10
5	Avispir	16	10
6	Avispir	30	10
7	Trekrybbe	16	30
8	Avispir	-	10
9	Sprinkler	-	15
10	Høytrykksvanntåke	-	15

* ACH (Air changes per hour): antall ganger lufta i rommet blir fullstendig skiftet ut i løpet av en time.

4 Resultater

Det ble i alt utført ti ulike forsøk, åtte med ulike røykilder og to med vannbaserte slokkesystem. Resultatene blir presentert basert på hvilken sensorteknologi som er benyttet, og de enkelte sensorene vil ikke bli identifiserte.

Resultatene baseres på en gjennomgang av loggedataene fra forsøkene. Tabell 4-1 viser en oppsummering av resultatene. Som beskrevet i kapittel 3.2, var sensorene og loggesystemet satt opp slik at når sensoren detekterte en person, skulle det logges et signal på 15 V. For fire av sensorene var det utfordrende at signalet de ga ved aktivering hadde kortere varighet enn tidsintervallet mellom to loggepunkt. Dette førte til at en aktivering av sensoren ikke nødvendigvis var synlig i loggedataene. Den ene IR-sensoren kunne kobles opp mot en medfølgende mobilapplikasjon, og resultatene fra denne sensoren baseres derfor på registreringer i denne appen. For de to kapasitive sensorene er signalene fra hvert forsøk gjennomgått, og selv om signalet som ble logget når sensoren ble aktivert av en person ikke alltid steg helt til 15 V, ble det likevel logget en spenningstopp som tydelig skilte seg ut. For den siste IR-sensoren (sensor nummer 17) var det dessverre ikke mulig å tolke fra loggesignalet om sensoren var aktivert eller ikke, selv ikke når det var en person som aktiverte sensoren uten røyk i rommet. I presentasjonen og diskusjonen av resultatene vil det derfor kun være 18 sensorer som nevnes, 5 åpningssensorer og 13 sikkerhetssensorer.

Tabell 4-1: Oversikt over hvilke sensorer som ble aktivert av røyk eller vann i de utførte forsøkene.

ID	Type sensor	Teknologi	(1) Kald røyk	(2) Kald røyk	(3) Trekrybbe	(4) Avispapir	(5) Avispapir	(6) Avispapir	(7) Trekrybbe	(8) Avispapir	(9) Sprinkler	(10) Høytrykksvannfåke
1	Sikkerhet	IR (ToF, Laser)	x	x	x	x	x	x		x	x	x
2	Åpning	Mikrobølge									x	
3	Sikkerhet	IR (ToF, Laser)	x	x	x	x	x	x		x	x	x
4	Sikkerhet	IR (ToF, Laser)	x	x		x	x	x		x	x	x
5	Åpning	Mikrobølge									x	
6	Åpning	Mikrobølge (FMCW)									x	x
7	Sikkerhet	IR	x	x	x	x	x	x		x	x	x
8	Sikkerhet	IR		x							x	
9	Åpning	IR (ToF, Laser)	---		x	x	x	x	x	x	x	---
10	Åpning	Mikrobølge									x	x
11	Åpning	Kapasitiv									?	
12	Åpning	IR (ToF)	x	x	x	x	x	x		x	x	x
13	Åpning	IR										
14	Åpning	Mikrobølge										
15	Åpning	Kapasitiv									x	---
16	Åpning	Mikrobølge									x	
17	Åpning	IR	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
18	Åpning	Mikrobølge										
19	Åpning	Mikrobølge									x	

x Indikerer at sensoren ble aktivert av enten røyk eller vann i det aktuelle forsøket.

--- Indikerer at sensor ikke fungerte i forsøket eller at loggedata ikke er tilgjengelig.

? Indikerer usikkerhet med hensyn til hvordan loggesignal skal tolkes.

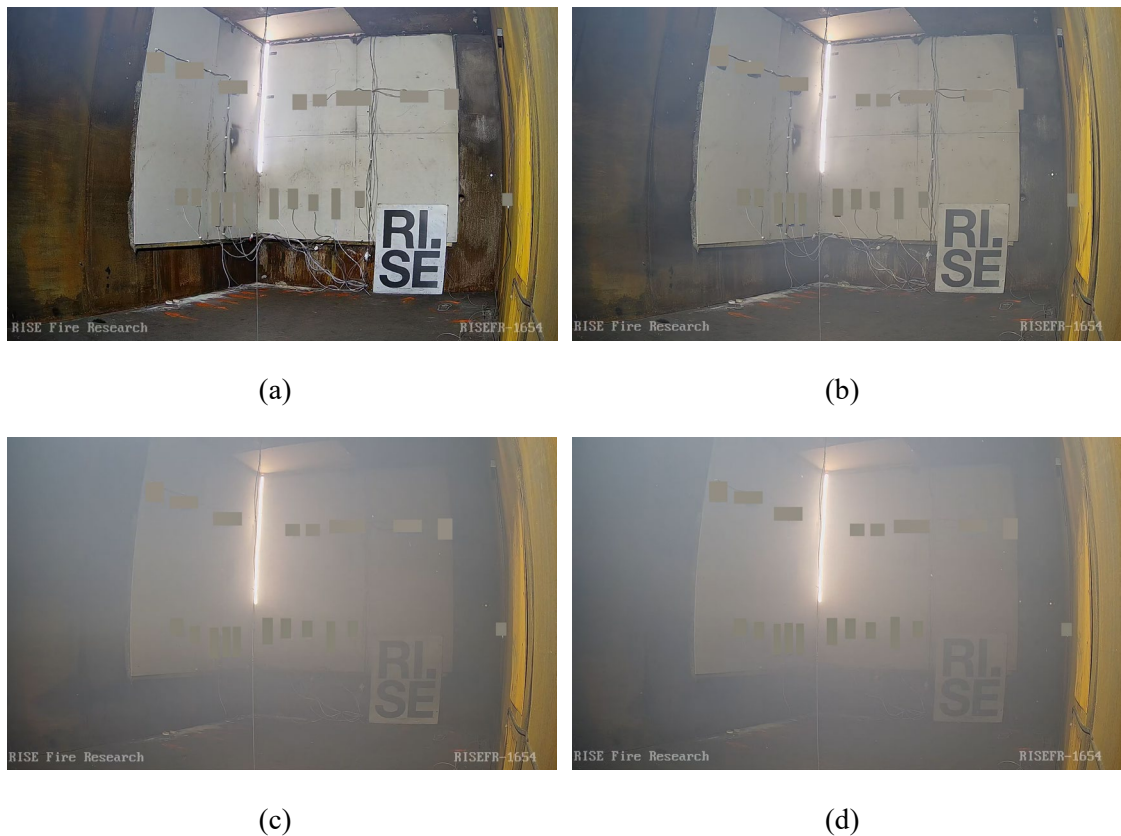
De høyeste temperaturene ble målt i forsøket med trekrybbe som brensel uten ventilasjon. Da ble det målt opptil omtrent 100 °C i målepunktene 200 cm over gulvet, og opptil omtrent 65 °C i målepunktene 80 cm over gulvet. For forsøkene med avisapir som brensel uten ventilasjon, var de tilsvarende temperaturene opptil 55 °C og 40 °C

4.1 Påvirkes sensorene av røyk?

Det ble utført i alt åtte forsøk med ulike typer røyk: to forsøk med kald røyk, to forsøk med trekrybbe og fire forsøk med avisapir. Ett av forsøkene med trekrybbe og to av forsøkene med avisapir ble utført med mekanisk ventilasjon i rommet.

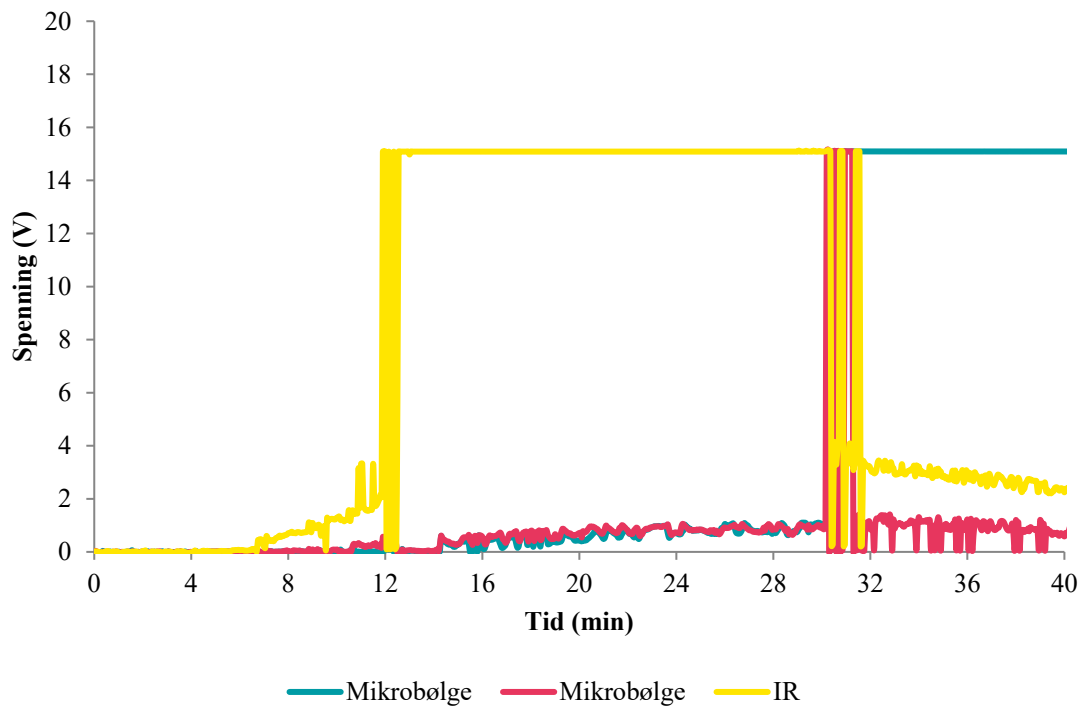
Sju av de 18 undersøkte sensorene ble aktivert av røyk i en eller flere av forsøkene, alle disse brukte IR-teknologi. Det vil si at ingen av de undersøkte sensorene med mikrobølge-teknologi eller kapasitiv teknologi ble feilaktig aktivert av røyk. Av de åtte sensorene med IR-teknologi som ble undersøkt, var det altså en sensor som ikke ble aktivert av røyk i noen av forsøkene, og en sensor som kun ble aktivert i ett av forsøkene med kald røyk. De seks andre IR-sensorene ble aktivert i minst fem av de åtte utførte forsøkene med røyk.

I Figur 4-1 er det vist bilder tatt ved ulike tider mellom 2 og 30 minutter etter antennelse av trekrybben i forsøk 3. I dette forsøket aktiverte sensorene mellom 1,5 minutter og 22 minutter etter at trekrybben ble antent. Det er fra bildene i (c) og (d) vanskelig å se tydelig forskjell på sikt og røykmengde i rommet, og dette stemmer overens med observasjoner gjort underveis i forsøket. En person ble etter 30 minutter sendt inn for å kontrollere at sensorene ble aktivert av person i røyken som de skal. Med unntak av en av de kapasitive sensorene, ble alle sensorene aktivert slik de skal av personen i det røykfylte rommet.



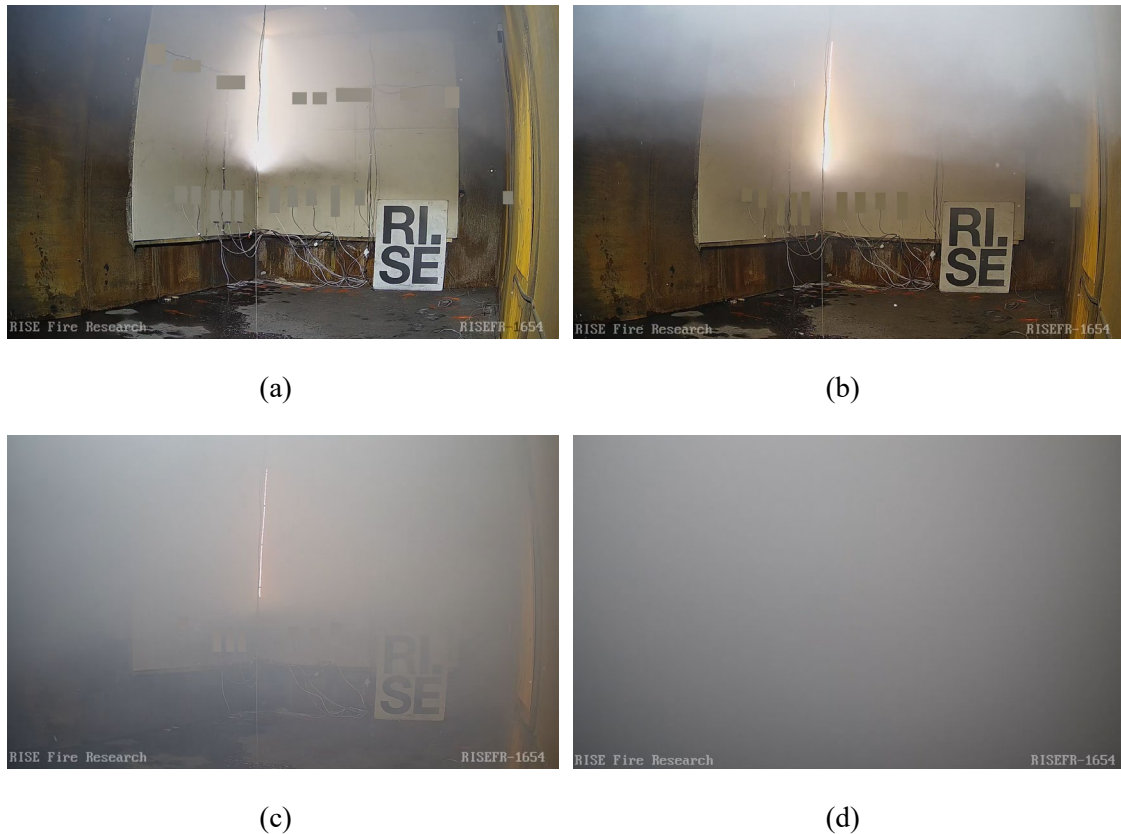
Figur 4-1: Bilder fra forsøk 3 med trekrybbe som brensel. (a) 2 minutter etter antennelse, (b) 10 minutter etter antennelse, (c) 20 minutter etter antennelse, (d) 30 minutter etter antennelse, umiddelbart før en person ble sendt inn for å undersøke om sensorene ble aktivert av person i røyk. Ventilasjonen var slått av i forsøket.

Figur 4-2 viser loggesignalet fra tre av sensorene i forsøk 3. Her ser man at IR-sensoren aktiverte etter omtrent 12 minutter, mens de to mikrobølgesensorene ikke aktiverte før etter 30 minutter, som var da personen ble sendt inn i rommet. Sensorene som ikke allerede hadde blitt aktiverte av røyken i rommet, detekterte personen i de røykfylte omgivelsene, som forventet.



Figur 4-2: Loggesignal fra tre av sensorene forsøk 3 med trekrybbe som brensel. Tiden er oppgitt i minutter fra trekrybben ble antent. Etter 30 minutter gikk en person inn i rommet for å undersøke om sensorene klarte å detektere personen i røyken.

I forsøk 8 ble avisappir brukt som brensel. Bildene i Figur 4-3 (a) – (d) viser hvordan sikten i rommet var henholdsvis 1 minutt, 1,5 minutt, 2 minutter og 10 minutter etter at avisappiret ble antent. Når man sammenligner med forsøket med trekrybbe i Figur 4-1, ser man at brann i avisappir både fylte rommet raskere med røyk, og at sikten ble dårligere enn ved brann i trekrybben, noe som også ble bekreftet av observasjoner gjort gjennom vindu underveis i forsøkene. I forsøk 8 ble 6 av sensorene aktivert av røyk, og dette skjedde etter mellom 0,5 og 2 minutter. På bildet i Figur 4-3 (d) vises det hvordan sikten i rommet var etter 10 minutter, da en person ble sendt inn for å undersøke om sensorene ville bli aktivert. På bildet vises ikke lenger LED-stripen i hjørnet.



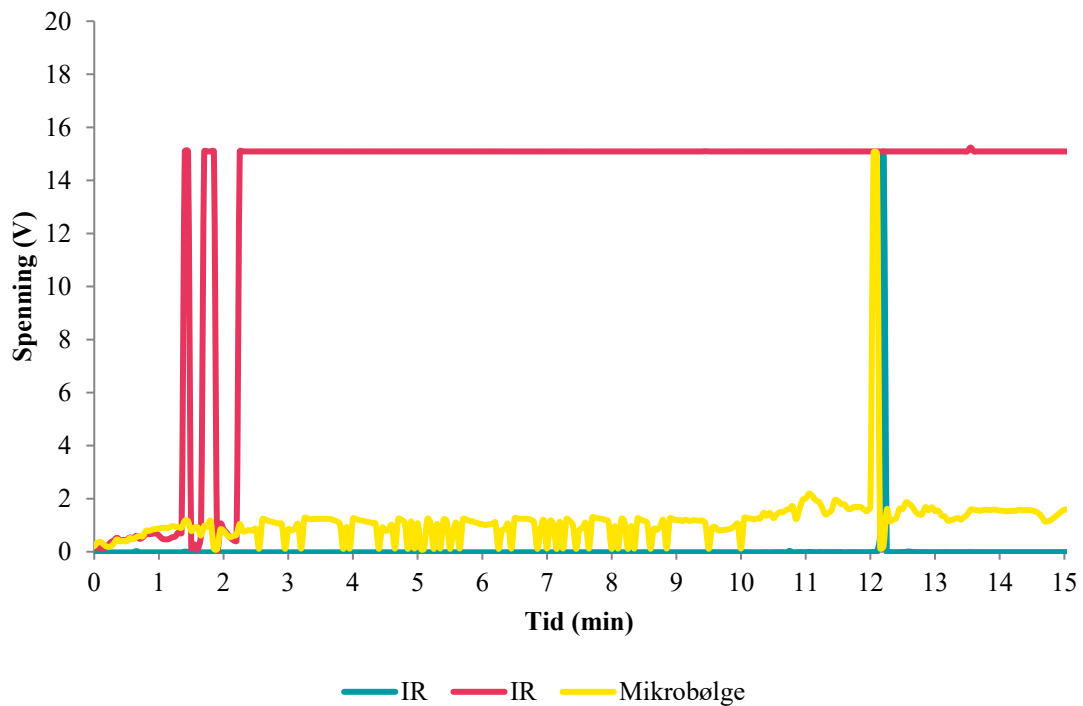
Figur 4-3: Bilder fra forsøk med avispapir som brensel. (a) 1 minutt etter antennelse, (b) 1,5 minutter etter antennelse, (c) 2 minutter etter antennelse og (d) 10 minutter etter antennelse. Ventilasjonen var slått av i dette forsøket. Sensorene som reagerte ble aktivert etter mellom 0,5 og 2 minutter.

I Figur 4-4 vises loggesignal fra tre sensorer i forsøk 8, to IR-sensorer og en mikrobølgesensor. Her ser man at den ene IR-sensoren aktiveres etter omtrent 1,5 minutter, mens den andre IR-sensoren og mikrobølgesensoren ikke aktiveres før personen ble sendt inn i rommet etter 10 minutter.

Den mekaniske bryteren som var installert, fungerte som den skulle i alle forsøkene, det vil si at den ikke ble aktivert av røyk, og at den ble aktivert hver gang den ble trykket på av personen som var inne i rommet.

I forsøk nummer 5, 6 og 7 var ventilasjonssystemet i gang. For forsøkene med avispapir som røykkilde, påvirket ikke de ulike ventilasjonsratene hvilke sensorer som ble aktiverte. Det ble mye røyk i rommet i alle disse tre forsøkene. Uten mekanisk ventilasjon kunne man ikke se LED-stripa 3,3 m unna fra døråpningen og selv med den høyeste ventilasjonsraten kunne man så vidt bare skimte LED-stripen fra døråpningen.

Med trekrybbe som brensel ble den laveste ventilasjonsraten brukt i forsøk nummer 7. Det ble da så lite røyk i rommet at bare en av sensorene ble aktivert, dette var en IR-sensor. I Figur 4-5 illustreres det hvordan sikten i rommet var etter 30 minutter (da en person ble sendt inn i det røykfylte rommet) i forsøk med trekrybbe som røykkilde uten mekanisk ventilasjon i (a) og med mekanisk ventilasjon i (b). Observasjonene gjort undervegs i forsøkene bekreftet at det var synlig mindre røyk i rommet når den mekaniske ventilasjonen var i bruk.



Figur 4-4: Loggesignal fra tre av sensorene forsøk 8 med avisapir som brensel. Tiden er oppgitt i minutter fra avisapiret ble antent. Etter 10 minutter gikk en person inn i rommet for å undersøke om sensorene klarte å detektere personen i røyken.



Figur 4-5: Illustrerer hvordan sikten var i rommet med trekrybbe som brensel og ulike ventilasjonsrater etter 30 minutter. (a) ingen mekanisk ventilasjon, forsøk 3, og (b) 16 luftutskiftninger i timen, forsøk 7.

4.2 Påvirkes sensorene av vannbaserte slokkesystemer?

Det ble utført forsøk med to ulike vannbaserte slokkesystemer: sprinkler og høytrykksvanntåke. I begge forsøkene var slokkesystemet aktivert i 15 minutter. Bildene i Figur 4-6 og Figur 4-7 viser hvordan det så ut i rommet med de to slokkesystemene aktiverte. Bildet med høytrykksvantåke er tatt ett minutt etter at vanntåkesystemet ble aktivert. Det var ingen tydelig

endring i siktforholdene gjennom resten av forsøket. For forsøket med sprinkleranlegg var sikten i rommet lik gjennom hele forsøket. Bruk av sprinkleranlegg reduserte i svært liten grad sikten i rommet, men både vegger og gulv ble veldig våte. Bruk av høytrykksvanntåke reduserte derimot sikten betydelig, men LED-stripen kunne likevel sees fra døra 3,3 m unna hele perioden vanntåkesystemet var aktivert.



Figur 4-6: Viser forsøk 9 med aktivert sprinkleranlegg.



Figur 4-7 Fra video av forsøk med høytrykksvanntåke, bildet er tatt 1 minutt etter at slukkesystemet ble aktivert, forsøk 10.

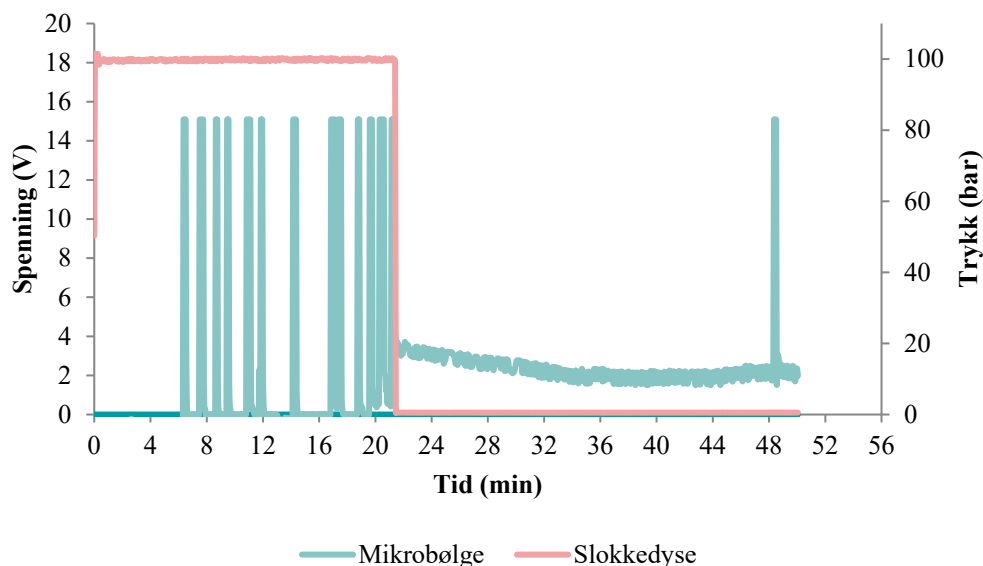
Sprinkler aktiverte 14 av de 18 undersøkte sensorene. Fra den ene kapasitive sensoren ble det målt et forhøyet signal på rundt 10 V hele tidsrommet sprinkleranlegget stod på, men det er usikkert hvorvidt dette skal tolkes som at sensoren var aktivert eller ikke. Av de tre sensorene

som med sikkerhet ikke ble aktivert av sprinkleranlegget, var det én sensor med IR-teknologi og to sensorer med mikrobølgeteknologi. Alle disse tre sensorene var åpningssensorer, og de detekterte en person som ble sendt inn i rommet etter 15 minutter mens sprinkleranlegget fortsatt stod på. Det vil si at med sprinkleranlegget aktivert, ble 8 sensorer med IR-teknologi, 5 sensorer med mikrobølgeteknologi og én av sensorene med kapasitiv teknologi feilaktig aktivert av vann fra sprinkleranlegget. 18 timer etter at forsøket med sprinkleranlegg var fullført, ble det undersøkt om sensorene fortsatt fungerte som de skulle. Det ble da avdekket at den ene av de to sensorene med kapasitiv teknologi, og en av sensorene med IR-teknologi, var blitt ødelagt. Det var ikke mulig å få installert nye sensorer i tide før forsøket med høytrykksvannståke.

Forsøket med høytrykksvannståke ble derfor utført med 16 fungerende berøringsfrie sensorer: 7 med IR-teknologi, 8 med mikrobølgeteknologi og én med kapasitiv teknologi. I Tabell 4-1 er det angitt hvilke sensorer som ikke fungerte i forsøk 10.

Høytrykksvannståke utløste 5 av sensorene med IR-teknologi og 2 av sensorene med mikrobølgeteknologi. Det vil si at det var 2 av sensorene med IR-teknologi (en åpningssensor og en sikkerhetssensor) og 6 av sensorene med mikrobølgeteknologi (åpningssensorer), og én av sensorene med kapasitiv teknologi som ikke ble aktivert av høytrykksvannståke. Alle disse 9 sensorene klarte likevel å registrere personen som ble sendt inn etter 15 minutter mens sløkkeanlegget fortsatt var aktivert.

Figur 4-8 viser eksempel på loggesignal fra en mikrobølgesensor i forsøket med høytrykksvannståke. Denne sensoren ble aktivert første gang etter omtrent 6,5 minutter.



Figur 4-8: Loggesignal fra mikrobølgesensor (akse til venstre) og vanntrykk sløkkedyse (akse til høyre) i forsøk 10 med høytrykksvannståke. I forsøket ble en person sendt inn i rommet etter 15 minutter mens sløkkesystemet fortsatt var aktivert. Spenningstoppen etter omtrent 48 minutter viser at sensoren detekterte personen i rommet etter at sløkkesystemet var slått av og rommet luftet ut.

Den mekaniske bryteren som var installert fungerte som den skulle i alle forsøkene. Det vil si at den ikke ble aktivert av noen av de vannbaserte slukkesystemene, og at den aktiverte hver gang den ble trykket på av personen som var inne i rommet mens slukkesystemene var aktive.

5 Diskusjon og resultatenes betydning

I dette kapittelet diskuteres forsøksoppsettet og resultatenes betydning for brannsikkerhet ved bruk av berøringsfrie dørsensorer i dører i brannskiller.

5.1 Diskusjon av metode

Henvendelsen som ble sendt ut med forespørsel om å få levert aktuelle sensorer til forsøkene ble møtt med stor interesse, og åtte ulike produsenter bidro med til sammen 19 berøringsfrie sensorer. For sensorer som kunne settes opp med ulik sensitivitet, ble de satt opp med en innstilling som var representativ for typisk bruk. Det ble ikke gjennomført undersøkelser av hvordan ulike innstillinger for sensitivitet påvirker sensorenes funksjon når de utsettes for røyk eller vann. Dette kan ha påvirket resultatene på sensornivå, men med det store antallet sensorer som ble undersøkt i forsøkene, mener vi at resultatene likevel danner et godt bilde av hvordan slike sensorer i praksis vil reagere på forholdene de utsettes for i en brannhendelse.

Som beskrevet i kapittel 3 var det i utgangspunktet 4 av de 19 sensorene som hadde kort eller svak signalpuls. Dette ble forsøkt utbedret underveis i forsøksserien ved å montere inn en kondensator for å forlenge varigheten av signalet sensoren ga ved aktivering. Det ble ingen tydelige forskjeller i loggesignalene som følge av dette. Ettersom det for den ene IR-sensoren ikke var mulig å identifisere deteksjon av person fra sensorens loggesignal ble resultatene fra denne IR-sensoren ble forkastet, og det rapporteres derfor resultater kun for 18 sensorer. For den andre IR-sensoren som hadde kort signalpuls baseres gjengivelsen av resultatene på om det ble registrert aktivering av sensoren i medfølgende applikasjon på mobiltelefon. For de to kapasitive sensorene ble det vurdert at signalet ved deteksjon av person skilte seg tilstrekkelig fra resten av loggesignalet til at man med ganske god sikkerhet kunne si at sensorene ikke ble aktivert av røyk alene i de utførte forsøkene. Sensorene ble utsatt for røyk over en periode på mellom 6 og 30 minutter, og resultatene viser at de andre sensorene som ble aktivert av røyk aktiverte mange ganger i løpet av denne tidsperioden. Det fremstår derfor som lite sannsynlig at feilaktige aktiveringer av de kapasitive sensorene ved røypåvirking tilfeldigvis skulle forekomme mellom to loggepunkter, og dermed ikke vises, i alle disse forsøkene.

For IR-sensorene som ikke benytter ToF-teknologien, er det den reflekterte infrarøde strålingen som analyseres. Denne reflekterte strålingen vil avhenge av mange faktorer som ikke kunne kontrolleres i forsøkene, slik som vegg- eller gulvfarge, og farge på røyken. I de utførte forsøkene var det tre slike IR-sensorer: én åpningssensor og to sikkerhetssensorer. Åpningssensoren ble ikke aktivert av røyk eller vann i noen av forsøkene. Den ene sikkerhetssensoren ble kun aktivert av sprinkler og i det ene forsøket med kald røyk. Den andre sikkerhetssensoren ble aktivert i det fleste forsøkene med både vann og røyk. Hva forskjellene mellom disse tre sensorene med tilsynelatende lik teknologi skyldes, er ikke klart. Men at den ene IR-sensoren ikke feilet i noen av forsøkene, kan tyde på at det er mulig å videreutvikle IR-teknologien til å ikke reagere på røyk.

I noen av forsøkene ble det benyttet ventilasjon for å undersøke om bevegelsen av røyken ville påvirke resultatene. Det ble benyttet tilluftsventiler med sirkulære underplater for realistisk bevegelse av tillufta, utover det ble det ikke undersøkt hvordan lufta beveget seg i rommet.

De høyeste temperaturene som ble målt i rommet underveis i forsøkene var omtrent 100 °C målt 200 cm over gulvet og omtrent 65 °C målt 80 cm over gulvet. Sensorenes funksjon ved høyere temperaturer har altså ikke blitt undersøkt. Det er i storskala forsøk med ventilasjonsanlegg vist at varmepåvirkning av enkelte komponenter i systemet kan medføre kortslutning av sikring med påfølgende tap av kontroll på hele ventilasjonsanlegget [22]. En tilsvarende feilmekanisme i styring av automatiske dører vil kunne være kritisk ved en brann.

5.2 Hvordan vil ulike sensorer reagere ved brann?

Resultatene fra de utførte forsøkene viser at de fleste av sensorene ble aktivert feilaktig av enten røyk eller vann fra slukkesystem, eller begge deler. Det blir i de følgende avsnittene diskutert hvordan åpningssensorene og sikkerhetssensorene ble påvirket av røyk og vann ved en brannhendelse.

5.2.1 Åpningssensorer

I den utførte forsøksserien var det 13 ulike åpningssensorer med 3 ulike hovedtyper av teknologier: IR, mikrobølge og kapasitiv teknologi.

Aktivering av sprinkleranlegget var det mest utfordrende for disse sensorene og vann fra sprinkleranlegget medførte at totalt 9 sensorer fra alle de tre teknologitypene ble aktiverte. For bygninger med mer enn to etasjer i risikoklasse 4 og alle bygninger i risikoklasse 6 er det krav om automatisk slukkeanlegg, og det er i hovedsak sprinkler som blir brukt. I tillegg brukes automatiske slukkeanlegg til å øke arealene innenfor en brannseksjon, og er et mye brukt kompenserende tiltak i fraviksvurderinger av andre branntekniske ytelser. Automatiske slukkeanlegg som aktiveres av en gitt temperatur, aktiveres bare i rom der temperaturen er høy nok og det er da sannsynlig at det brenner i rommet. Dersom vann fra slukkeanlegget kan aktivere berøringsfrie dørsensorer, vil dette derfor medføre røykspredning og potensielt brannspredning.

Høytrykksvanntåke aktiverte åpningssensorer med både IR-teknologi og mikrobølgeteknologi. Det var bare en sensor med kapasitiv teknologi som var i drift i forsøket med høytrykksvanntåke, og det er derfor for lite datagrunnlag til å si sikkert at denne teknologien ikke vil feilaktig aktivere av høytrykksvanntåke.

De ulike røykkildene aktiverte kun sensorer med IR-teknologi, og altså ingen sensorer med mikrobølgeteknologi og kapasitiv teknologi. Likevel var det en av åpningssensorene med IR-teknologi og to av åpningssensorene med mikrobølgeteknologi som ikke ble aktivert i noen av forsøkene, hverken med røyk eller vann. Dette kan tyde på at det er mulig å utvikle åpningssensorer som er robuste mot påvirkning av både røyk og vann.

Ved en brannhendelse er det viktig at personer som befinner seg i et røykfyllt rom har mulighet til å åpne døren og rømme, det er derfor viktig at berøringsfrie åpningssensorer også klarer å registrere når en person i et røykfyllt rom ønsker å åpne døren. Dette klarte alle de testede sensorene.

5.2.2 Sikkerhetssensor

Alle de 5 undersøkte sikkerhetssensorene som var installert i forsøkene ble feilaktig aktivert ved påvirkning av både røyk og vann. Sikkerhetssensorene hadde alle en form for IR-teknologi. Det er likevel interessant at en av sensorene bare ble aktivert i ett av forsøkene med kald røyk, og ikke i noen av de andre forsøkene med røyk. Denne sensoren aktiverte heller ikke ved høytrykksvanntåke slik alle de andre fire sikkerhetssensorene gjorde. Som nevnt tidligere er det ikke klart hvorfor noen av IR-sensorene i mye mindre grad enn de andre ble aktivert av røyk og vann enn de andre, men det kan tyde på at det er mulig å videreutvikle teknologien og lage sikkerhetssensorer ikke aktiveres når de utsettes for røyk eller vann.

Problemet med at slike sikkerhetssensorer aktiveres av røyk eller brann er relevant for alle typer automatiske dører, også for dører med mekanisk åpningsmekanisme, da disse også etter maskinforskriften må ha en sikkerhetsmekanisme for å hindre klem- og støtskader. For sikkerhetssensorer montert i dører i brannskiller, er det uheldig om en dør som har blitt åpnet i en rømningssituasjon blir hindret i å lukkes igjen. Dette kan skje om sikkerhetssensoren reagerer på røyk eller vann og dermed stopper dørens bevegelse, noe som kan gi røykspredning gjennom den åpne døren.

5.3 Eksisterende bygg med berøringsfrie sensorer

Ettersom det bare var 3 av 18 sensorer som ikke ble aktiverte ved påvirkning av enten røyk, vann eller begge deler, må man for allerede installerte berøringsfrie sensorer i eksisterende bygg anta at det er stor sannsynlighet for at en installert sensor vil medføre at døren åpnes eller blir utilsiktet stående åpen i en brannsituasjon. For å tilfredsstille både forskrift om brannforebygging, brann- og eksplosjonsvernloven og hensikten i TEK 17 kapittel 11 med tanke på å hindre røykspredning mellom brannceller, må man finne en løsning som forhindrer at dører i brannskiller utilsiktet åpnes eller holdes åpne, eller ved analyse vise at valgt løsning oppfyller funksjonskravene i forskriften (TEK § 2-2 (2)).

Et alternativ er å skifte ut berøringsfrie døråpnere for dører i brannskiller med døråpnere som ikke aktiveres av røyk eller vann. Da det ikke finnes noen teststandard for døråpnere som sikrer at de fungerer også når du utsettes for røyk eller vann i en brannhendelse, er det vanskelig å vite hvilke produkter på markedet, annet enn mekaniske brytere, som vil fungere i en slik situasjon. Ettersom det ikke finnes relevante standardiserte metoder for dette, må det gjøres en dokumentert fagkyndig vurdering av at valg av berøringsfrie sensorer ikke bryter med funksjonskravene i TEK, med eksempelvis testing som en del av dokumentasjonsgrunnlaget (TEK § 2-3 (1)).

Det er også mulig å installere mekaniske døråpnere i tillegg til de berøringsfrie sensorene, slik at den berøringsfrie sensoren kobles bort ved deteksjon av brann, og den mekaniske døråpneren aktiveres. Dette kan imidlertid medføre usikkerhet for personer i en rømningssituasjon, når døren ikke lenger vil åpnes med den berøringsfrie sensoren slik brukere av bygget har blitt vant til. Det finnes også produkter på markedet som kombinerer berøringsfri åpningsmekanisme med mekanisk bryter i samme enhet. Ved signal fra brannalarmsystemet deaktiveres den berøringsfrie sensoren slik at denne ikke kan utløse en utilsiktet døråpning ved brann. Begge disse løsningene synes å være mer robuste med tanke på røyk- og vannpåvirkning enn bruk av berøringsfrie dørsensorer i en brannsituasjon. De krever imidlertid at dørene er koblet mot

brannalarmanlegget, noe som øker kompleksiteten, og dermed kan medføre en risiko for feilfunksjon.

Etter maskinforskriften kreves det en sikkerhetsanordning som sikrer at de bevegelige delene i en automatisk dør ikke kan føre til personskade. Dette er bakgrunnen for at automatiske dører har sikkerhetssensorer som stopper bevegelsen om det er en person i veien for dørens bevegelse. Maskinforskriften må oppfylles også i en brannsituasjon, og man kan derfor ikke løse problemet med at sikkerhetssensorene aktiveres av røyk eller vann med å koble ut sensorene ved brannalarm.

I den harmoniserte europeiske standarden NS-EN 16005 er det beskrevet at ved å benytte seg av en såkalt lav-energi modus, der døren beveger seg så sakte at den ikke vil skade personer den måtte treffe, så kan man unngå å bruke sikkerhetssensorer. Dette vil også kreve at døren mottar signal fra brannalarmsystemet, slik at denne lav-energi modusen aktiveres ved brann. Her er det viktig å være oppmerksom på at kravene i TEK 17 når det gjelder maksimal åpningskraft er strengere enn angitt i NS-EN 16005, og man må derfor passe på at valgt løsning også tilfredsstiller kravet til åpningskraft i TEK 17. For bygninger oppført etter eldre regelverk, kan kravene til åpningskraft være angitt på en annen måte, og det er ikke krav om oppgradering til dagens standard med mindre det utføres tiltak som utløser søknadsplikt. For disse byggene er det dermed større rom for å tillate bruk av lav-energi modus med noe høyere åpningskraft enn etter dagens krav. Det er likevel anbefalt å finne løsninger som oppfyller dagens krav også for eldre bygninger. For kravet om branncelleskiller er ikke dette endret stort siden byggeforskrift 85, som er minimum sikkerhetsnivå i henhold til forskrift om brannforebygging, og kravet må uansett bli ivaretatt.

For enkelte dører i et bygg vil spredning av røyk være spesielt kritisk, slik som for eksempel dører inn til trapperom i rømningsveier, og dører i brannseksjoneringsskiller. Røykspredning inn til trapperommet vil medføre reduserte muligheter for å rømme for alle som skal bruke denne trappeoppgangen. Byggteknisk forskrift har strenge krav til brannseksjoneringsskiller for å hindre brannspredning. En risikovurdering av potensielle konsekvenser av å enten koble ut sikkerhetssensoren, eller å risikere røykspredning til trappeoppgangen, vil kunne resultere i at man anser det som hensiktsmessig å koble ut sikkerhetssensoren fremfor å risikere røykspredning. Det vil imidlertid ikke være rom for slike risikovurderinger når det gjelder maskinforskriften.

I denne studien er det kun testet IR-sensorer som teknologi for berøringsfrie sikkerhetssensorer. Ettersom sikkerhetssensorene etter maskinforskriften ikke kan kobles ut, bør det undersøkes om det finnes annen teknologi på markedet som kan benyttes i berøringsfrie sikkerhetssensorer. Et annet alternativ er å benytte trykksensitive sikkerhetssystemer som også er beskrevet i NS-EN 16005.

5.4 Nye bygg med berøringsfrie sensorer

Vurderingene gjort i kapittel 5.3 gjelder også for nye bygg, men dette vil være en kjent problemstilling. Det bør derfor være opp til prosjekterende, produsenter og utførende å dokumentere, i henhold til kapittel 2 i TEK 17, at valgte løsninger følger regelverket. Det bør sikres at det ikke velges produkter uten dokumentasjon på at de fungerer som tiltenkt, også i en brannsituasjon.

6 Konklusjoner

Berøringsfrie dørsensorer kan ha mange fordeler i daglig bruk, de bidrar til enkel, sikker og effektiv åpning og lukking av automatiske dører. Forsøkene i dette prosjektet viser imidlertid at sensorer som er tilgjengelige på dagens marked ikke ukritisk kan benyttes for dører i brannskiller om man skal opprettholde tilstrekkelig brannsikkerhet. Problemet er ikke bare knyttet til berøringsfrie døråpnere, da også dører med mekaniske brytere kan ha berøringsfrie sikkerhetssensorer som feilaktig aktiveres av røyk eller vann.

I de utførte forsøkene ga røyk feilaktig aktivering av syv av åtte sensorer med IR-teknologi, mens ingen av sensorene med mikrobølge- eller kapasitiv teknologi feilaktig ble aktivert av røyk. Vannbaserte sløkkesystemer var utfordrende for sensorene, og utløsning av sprinkleranlegget forårsaket feilaktig aktivering av alle de undersøkte sensorteknologiene, selv om ikke alle sensorene ble aktivert. Høytrykksvanntåke førte også til feilaktig aktivering av både mikrobølge- og IR-sensorer. Av de 18 berøringsfrie sensorene som var installert var det bare tre sensorer som med sikkerhet ikke ble feilaktig aktivert i noen av de utførte forsøkene. Alle disse sensorene var åpningssensorer, hvorav en med IR-teknologi og to med mikrobølgeteknologi.

For å oppfylle kravene i forskrift om brannforebygging, brann- og eksplosjonsvernloven og TEK 17 kapittel 11, må man enten etablere en løsning som hindrer utilsiktet åpning av dører i brannskiller, eller dokumentere gjennom en analyse at valgt løsning oppfyller funksjonskravene (TEK § 2-2 (2)). Dersom det kan dokumenteres at en berøringsfri åpningssensor ikke reagerer på røyk eller vann, kan den brukes. Hvis ikke, må man vurdere alternativer som mekaniske brytere, kombinasjonsbrytere eller systemer som deaktiverer åpningssensoren ved brannalarm. Fordi det ikke finnes standardiserte testmetoder for dette, må dokumentasjonen baseres på spesialtilpassede forsøk og fagkyndig vurdering (TEK § 2-3 (1)).

Maskinforskriften gjelder også ved brann, og sikkerhetssensorer kan derfor ikke kobles ut ved brannalarm. Man må da velge sikkerhetssensorer som kan dokumenteres å fungere under forhold med røyk og vann eller man kan, som beskrevet i NS-EN 16005, benytte trykksensitive sikkerhetssystemer eller lavenergi-modus. Valgt løsning må også tilfredsstille kravene i brannregelverket og TEK 17. Eksempelvis er ikke kravene til maksimal åpningskraft for en dør like strenge i NS-EN 16005 som kravene som stilles i TEK 17. Dette er kompliserende, og stiller krav til god kompetanse og oversikt over ulike regelverk for å sikre at valgt løsning oppfyller alle gjeldende krav.

For både produsenter, leverandører og tiltakshavere er det utfordrende å vite hva som er «godt nok» når det gjelder sensorenes funksjon ved påvirkning av røyk og vann, da dette ikke er en del av teststandardene for automatiske dører. Det bør derfor etableres en teststandard som kan brukes for å sikre at slike sensorer har tilstrekkelig funksjon, også ved en brannhendelse.

7 Forslag til videre arbeid

Som belyst i rapporten eksisterer det ikke noen teststandard som kan brukes til å dokumentere at automatiske dører med berøringsfrie sensorer vil opprettholde nødvendig funksjonalitet i en brannhendelse. Det bør derfor utvikles en metode for dokumentasjon av funksjonen til berøringsfrie dørsensorer. Forhold og faktorer vi mener er relevante for en slik metode er:

- Røyktype og røyktetthet
- Ulike typer sløkkesystem
- Kombinasjon av sløkkesystem og røyk
- Hvorvidt sensorene må testes i stor skala eller om man kan gjennomføre representative tester i mindre skala

Referanser

- [1] Arbeids- og inkluderingsdepartementet, Justis- og beredskapsdepartementet, Klima- og miljødepartementet, *Forskrift om maskiner*. 2009.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. 2017.
- [3] “Kollegiet for brannfaglig terminologi,” 2025. [Online]. Available: <http://www.kbt.no>.
- [4] Standard Norge, “NS-EN 16005:2023+A1:2024 Power operated pedestrian doorsets - Safety in use - Requirements and test methods.” Apr. 2024.
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, “Brannører og sikkerhet,” 04 July. 2024. .
- [6] Tjernshaugen, Andreas; Hiis, Halvard; Bernt, Jan Fridthjof; Braut, Geir Sverre; Bahu, Vegard Bø; Simonsen, Marit M.; Klein, Jörn; “Koronapandemien,” *Store norske leksikon, nettutgave*. 18 Oct. 2025.
- [7] Akershus universitetssykehus, “Berøringsfrie dører skaper bedre flyt og reduserer smitte,” 27 Feb. 2023. .
- [8] Trygve Holtebekk, Johannes Skaar, and Øyvind Grøn, “Infrarød stråling,” *Store norske leksikon, nettutgave*. 08 Oct. 2025.
- [9] B. Nordheim, *Elektromagnetisk spekter*, NKI Forlaget.
- [10] Øyvind Grøn, “Mikrobølger,” *Store norske leksikon, nettutgave*. 08 Oct. 2025.
- [11] Trygve Holtebekk, “Dopplereffekt,” *Store norske leksikon, nettutgave*. 08 Oct. 2025.
- [12] European Parliament and Council, *Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast)*. 2006, pp. 24–86.
- [13] Sondre Landvik, “Maskinforskriften,” *Store norske leksikon, nettutgave*. 01 Sept. 2025.
- [14] Standard Norge, “NS-EN 12978:2024 Industrial, commercial and garage doors and gates and pedestrian doorsets - Protective devices for power operated doors and gates - Requirements and test methods.” Dec. 2024.
- [15] Justis- og beredskapsdepartementet, *Forskrift om brannforebygging*. 2015.
- [16] Justis- og beredskapsdepartementet, *Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann og eksplosjonsvernloven), LOV-2002-06-14-20*. 2002.
- [17] “TLG-LØV tilluftsventil,” *TROX Auranor*, 09 Oct. 2025. [Online]. Available: <https://www.trox.no/ventiler-med-rotasjonsm%C3%B8nster/tlg-l%C3%B8v-tilluftsventil-2f97bcdbeb306fd5>. [Accessed: 09 Oct. 2025].
- [18] “FM 5560 Examination Standard for Water Mist Systems, Januar 2021 edition.” FM Approvals, Jan. 2021.

- [19] “NS-EN 12845:2015+A1:2019 Faste brannslukkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold.” Standard Norge, Apr. 2020.
- [20] “NS-EN 14972-1:2020+A1 Faste brannslukkesystemer Vanntåkesystemer Del 1: Dimensjonering, installasjon, inspeksjon og vedlikehold.” Standard Norge, 2025.
- [21] “NS-EN 14972-3:2021 Faste brannslukkesystemer Vanntåkekomponenter Del 3: Prøvingsprotokoll for automatiske dysesystemer for kontorer, klasserom og hoteller.” Standard Norge, Aug. 2021.
- [22] J. S. Fjærestad, A. Yang, C. Meraner, F. Dovran, and J. Olsen, “BRAVENT – Storskala branntester (del 1): Brannytelse for ikke-brannklassifiserte ventilasjonskomponenter,” RISE Fire Research, RISE-rapport 2024:37, 2024.

RISE – Research Institutes of Sweden

ri.se / info@ri.se / post@risefr.no / (+47) 464 18 000 / risefr.no
Postboks 4767 Torgården, 7465 Trondheim

RISE Fire Research

RISE Rapport: 2026:19

ISBN: 978-91-90109-13-7

