



BRAVENT

BRAVENT - Rapport

Brannforløp og ventilasjon i skoler

Forfattere:

Anne-Marit Haukø, Aileen Yang, Brynhild Garberg Olsø, Andreas Aamodt

Rapportnummer:

2022:00394 - Åpen

Oppdragsgiver:

Oslobygg KF v/Per Henning Samuelsen



BRAVENT - Rapport

Brannforløp og ventilasjon i skoler

EMNEORD:

Litteraturstudie
Feltundersøkelse Brann
Inneklima Drift
Undervisningsbygg
Ventilasjonsanlegg
Aggregat Filter Kanal
Sikkerhet Temperatur
Trykk

VERSJON

1.0

DATO

2022-10-29

FORFATTERE

Anne-Marit Haukø, Aileen Yang, Brynhild Garberg Olsø, Andreas Aamodt

OPPDRAUGSGIVER

Oslobygg KF v/Per Henning Samuelsen

OPPDRAUGSGIVERS

REFERANSE

Per Henning Samuelsen

PROSJEKTNUMMER

102023523

ANTALL SIDER OG

VEDLEGG:

68 + 0 Bilag/vedlegg

INNHold

Denne rapporten er en delleveranse i arbeidspakke WP1 i prosjektet *BRAVENT – Effektiv ventilasjon av røyk fra små branner*. Rapporten inneholder litteratursøk relatert til branner i skolebygg og ventilasjonsstrategier, resultater fra fullskala funksjonstester av ventilasjonsanlegg under brann ved ulike skoler, kartlegging av statistikk og brannforløp ved tidligere skolebranner, samt betraktninger rundt inneklima og helse etter branntilløp. Rapporten brukes som videre underlag for arbeidspakke *WP2 Komponenttesting og WP3 Kontroll og dokumentasjon av ventilasjonssystemer*.

UTARBEIDET AV

Anne-Marit Haukø

SIGNATUR

Anne-Marit Haukø

Anne-Marit Haukø (Oct 29, 2022 12:07 GMT+2)

KONTROLLERT AV

Brynhild Garberg Olsø

SIGNATUR

Brynhild Garberg Olsø

GODKJENT AV

Ola Asphaug

SIGNATUR

Ola Asphaug

Ola Asphaug (Oct 28, 2022 09:45 GMT+2)

RAPPORTNUMMER

2022:00394

ISBN

978-82-14-
07517-5

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen





BRAVENT

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2022-10-29	Original

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	6
2	Introduksjon	7
2.1	Bakgrunn	7
2.2	Formål	8
2.3	Fagbetegnelser.....	7
3	Metodikk	9
3.1	Litteratursøk.....	9
3.2	Funksjonstesting	9
3.3	Intervju.....	10
4	Hovedfunn fra litteratursøk	10
4.1	Statistikk - brann i skolebygg	10
4.2	Konsekvenser på ventilasjonssystem/kanalnett etter brann	11
4.3	Trykk og røykspredning.....	12
5	Funksjonstesting av ventilasjonsanlegg under brann	14
5.1	Skole A, Oslo kommune	14
5.1.1	Brannkonsept	14
5.1.2	Teknisk beskrivelse	14
5.1.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	15
5.2	Skole B, Oslo kommune	15
5.2.1	Brannkonsept	15
5.2.2	Teknisk beskrivelse	16
5.2.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	16
5.3	Skole C, Oslo kommune	17
5.3.1	Brannkonsept	17
5.3.2	Teknisk beskrivelse	17
5.3.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	18
5.4	Skole D, Oslo kommune	18
5.4.1	Brannkonsept	18
5.4.2	Teknisk beskrivelse	18
5.4.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	19
5.5	Skole E, Oslo kommune.....	19
5.5.1	Brannkonsept	19
5.5.2	Teknisk beskrivelse	19
5.5.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	19

5.6	Skole F, Oslo kommune.....	20
5.6.1	Brannkonsept	20
5.6.2	Teknisk beskrivelse	20
5.6.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	21
5.7	Skole G, Oslo kommune	23
5.7.1	Brannkonsept	23
5.7.2	Teknisk beskrivelse	23
5.7.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	24
5.8	Skole H, Oslo kommune	24
5.8.1	Brannkonsept	24
5.8.2	Teknisk beskrivelse	25
5.8.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	25
5.9	Skole I, Oslo kommune.....	25
5.9.1	Brannkonsept	25
5.9.2	Teknisk beskrivelse	26
5.9.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	27
5.10	Skole J, Oslo kommune	27
5.10.1	Brannkonsept	27
5.10.2	Teknisk beskrivelse	27
5.10.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	28
5.11	Skole K, Bergen kommune	29
5.11.1	Brannkonsept	29
5.11.2	Teknisk beskrivelse	31
5.11.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	31
5.12	Skole L, Bergen kommune.....	32
5.12.1	Brannkonsept	32
5.12.2	Teknisk beskrivelse	33
5.12.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	33
5.13	Skole M, Bergen kommune.....	34
5.13.1	Brannkonsept	34
5.13.2	Teknisk beskrivelse	34
5.13.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	35
5.14	Skole N, Trondheim kommune	36
5.14.1	Brannkonsept	36
5.14.2	Teknisk beskrivelse	37
5.14.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	38
5.15	Skole O, Trondheim kommune	39
5.15.1	Brannkonsept	39
5.15.2	Teknisk beskrivelse	41
5.15.3	Resultat av kartlegging og funksjonstest.....	42
5.16	Oppsummering funksjonstesting.....	44



6	Kartlegging av branntilløp i skoler	47
6.1	Statistikk brann	47
6.2	Generelt	55
6.3	Oversikt over branntilløp	58
7	Inneklima og helse etter branntilløp	63
8	Diskusjon og konklusjon	64
9	Referanser	65

BILAG/VEDLEGG

Ingen.

1 Sammendrag

Denne rapporten er en delleveranse i arbeidspakke WP1 i prosjektet *BRAVENT – Effektiv ventilasjon av røyk fra små branner*.

Det er gjort et litteratursøk som viser at det finnes mye forskning på ventilasjon og røykspredning, men ikke spesifikt på ventilasjonsanleggets funksjon under brann i skolebygg. Det er også lite litteratur å finne som omhandler "trekk ut"-strategien. Skolebygg er ofte utsatt for brannstiftelse, spesielt utendørs og innendørs i toaletter og garderober (Campell, Richard, 2020). Nyere forskning viser at trykkutvikling under tidlig brannvekstfase kan nå et kritisk nivå i løpet av kort tid, og det bygges mer lufttette bygninger enn før. Alle moderne bygninger som opprettholder normale lufttetthetskrav kan få problemer med trykkoppbygning og røykspredning ved ugunstige ventilasjonsstrategier. "Steng inne"-strategier med stengning av brannspjeld i både tilluft- og avtrekkskanaler kan føre til såpass høye trykknivåer i brannrommet at man bør vurdere om konstruksjoner og brannspjeld i bygget vil tåle belastningene (Audouin et al., 2013; Prétrel et al., 2012; Prétrel & Such, 2005). "Trek ut"-strategier har vist seg å være effektive for å avlaste trykket og kontrollere røykspredningen, men en del forutsetninger må først på plass, slik som tålegrensene for temperatur på systemkomponentene og saneringsbehovet for komponentene i etterkant av en brann.

Kartlegging og funksjonstesting av ventilasjonsanleggets funksjon under brann ved skoler i Oslo, Bergen og Trondheim kommune er utført, og viser at det er stor variasjon i dokumentasjonsgrunnlaget. Eldre skoler har som regel ikke et dokumentert brannkonsept, og man vet ikke hvordan anlegget fungerer under brann. Her vil tidligere og nåværende tekniske forskriftskrav være grunnlaget for forventet utførelse. For nyere skoler er det vanligvis beskrevet i brannkonseptet om ventilasjonsanlegget skal ha "trekk ut"- eller "steng inne"-strategi, og funksjonsbeskrivelsen fra rådgivende ingeniør VVS (RIV) samsvarer i grove trekk med det som er prosjektert i brannkonseptet. Likevel gjorde man under funksjonstesting flere observasjoner, slik som:

- VAV-spjeld går ikke i 100% maksimalt innregulerte luftmengder ved utløst brannalarm (bruker for lang tid)
- Pådrag for tilluft og avtrekksvifte starter ikke samtidig, slik at det oppstår noe ubalanse i "trekk ut"-strategien. Dette påvirker dørmiljøet slik at det kan vanskeligjøre evakuering, eller at branncellebegrensende og røykskillende dører ikke går i lås
- Aggregater starter ikke opp igjen under nattmodus selv om brannalarmen utløses
- VAV-spjeld som sitter i kanalnettet blir ikke påvirket av utløst brannalarm
- "Trek ut" funksjon stenger tilluft og girer ned avtrekk til 20 %
- Etter testslutt måtte aggregatene fysisk startes opp igjen på teknisk rom, de kunne ikke startes via det sentrale driftsanlegget (SD-anlegget)
- Røykdeteksjon i tilluft gav ingen signal til SD-anlegget eller brannalarmanlegget

Under kartleggingen ved skolene så man at driftspersonell ikke alltid kjenner til hvordan anlegget er tenkt å fungere under brann. Videre så man at det i mange tilfeller ikke finnes noen gode beskrivelser i FDV-dokumentasjonen for byggene på hvordan ventilasjonsanleggets funksjon under brann skal testes i driftstiden. Denne problemstillingen vil bli undersøkt videre i prosjektets arbeidspakke *WP3 Kontroll og dokumentasjon av ventilasjonssystemer*.

Statistikk for perioden 2000-2021 viser at det har vært 1600 branner i norske undervisningsbygg. Kostnadene ved disse brannene varierer veldig avhengig av brannstørrelsen, med utbetalte erstatningsbeløp for opptil 73 MNOK for en enkelthendelse. Dette viser at skolebranner er et samfunnsproblem som koster samfunnet store verdier hvert år. Kartlegging av skolebranner i Oslo, Bergen

og Trondheim kommune viser at brannstart ofte er utendørs eller i garderober og toalett, og da er brannen gjerne påsatt. Av ikke-påsatte branner er elektrisk feil den vanligste årsaken. Innendørs brannstart gir ofte store røykskader i bygget, og kostnadene ved sanering og gjenoppbygging er store.

Etter en brann vil kanalene og aggregatene i ventilasjonsanlegget kunne bli forurenset med sotpartikler. Hvilken innvirkning dette kan ha for inneklima og helse i etterkant av branntilløp vil bli undersøkt nærmere i prosjektets arbeidspakke *WP2 Komponenttesting*.

Følgende partnere i BRAVENT har bidratt til denne rapporten:

- Oslobygg KF
- RISE Fire Research AS
- Bergen kommune
- Trondheim Eiendom
- GK Inneklima AS
- Trox Auranor AS

2 Introduksjon

2.1 Fagbetegnelser

Følgende fagbetegnelser er brukt i rapporten:

- By-pass: Avtrekksluften styres utenom filter og varmegjenvinner ved brann for å unngå at komponenter tettes igjen med sot.
- CAV (Constant air volume): ventilasjon med kontinuerlige eller ur-styrte, konstante luftmengder
- DCV (Demand controlled ventilation): behovsstyrt ventilasjon. Luftmengde i rom blir regulert etter målt behov fra sensor eller antatt behov uten tilstedeværelse av sensor
- VAV (Variable air volume): ventilasjon med variable luftmengder. Omfatter også DCV, men forteller ikke om luftmengden reguleres etter antatt eller målt behov
- "Trek ut"-strategi: Ventilasjonssystemet skal starte/være i drift og levere 100 % prosjekterte luftmengder ved deteksjon av brann. Strategien krever normalt by-pass og brannisolering av kanalnettet
- "Trek ut light"-strategi: Ventilasjonssystemet fortsetter å gå som normalt ved brannalarm, men gires ikke nødvendigvis opp til maksimale luftmengder
- "Steng inne"-strategi: ventilasjonssystemet skal stoppe ved deteksjon av brann og motoriserte brannspjeld skal aktiveres til stengt posisjon.
- Trykkoptimalisert anlegg: Viftepådrag styres av trykksensor i hovedkanal, men trykksettpunkt blir regulert av styringsenheten slik at minst ett DCV/VAV-spjeld er i maksimalt åpen posisjon
- Spjeldoptimalisert anlegg: Styringsenheten sørger for at viftene i aggregatet til enhver tid leverer den luftmengden som er nødvendig for at minst ett DCV/VAV-spjeld står i maksimalt åpen posisjon
- Optimizer: Justering av luftmengder kan gjøre via en frekvensregulert vifte som styres med en tradisjonell kanaltrykkregulator eller et energieffektiv optimizersystem. Optimizeren leser av spjeldstillingen for hvert VAV-spjeld via MP-bus'en. Disse verdiene brukes som reguleringsparametre for å styre den frekvens-regulerte viften
- SD: Sentralt driftsanlegg
- RIV: Rådgivende ingeniør for VVS

2.2 Bakgrunn

I følge brannstatistikk.no er det årlig over 100 brannhendelser i norske skoler. Selv om de fleste av disse brannene er små, kan de gi store røykskader. En vanlig strategi for å hindre brann- og røykspredning via



ventilasjonsanlegget er at avtrekks- og tilluftskanaler lukkes med brannspjeld ved brannalarm for å forhindre at røyken sprer seg til andre rom ("steng inne"-strategi). Denne strategien kan imidlertid være dyr fordi den krever brannklassifiserte spjeld for å sikre at ventilasjonskanalene lukkes ordentlig. En annen strategi er en blandingsstrategi, hvor brannrommet lukkes med brannspjeld, og at ventilasjonsanlegget ellers fortsetter å gå i normal drift men uten by-pass på aggregatet. En tredje vanlig løsning er "trekk ut"-strategien hvor ventilasjonssystemet skal starte/være i drift og levere 100 % prosjekterte luftmengder ved deteksjon av brann. Strategien krever normalt by-pass og brannisolering eller sprinklerbeskyttelse av kanalnett. Denne løsningen er plasskrevende både når det gjelder by-pass og isolering, og vil kreve store oppgraderinger i eldre skolebygg.

BRAVENT-prosjektet vil derfor utforske en alternativ "trekk ut"-strategi som bare er avhengig av eksisterende system for komfortventilasjon. Strategien skal bidra til å kontrollere trykkoppbyggingen forårsaket av brannen ved at røyken trekkes ut av bygget via ventilasjonskanalene, uten bruk av by-pass og brannisolering av kanalnett. Denne strategien kan være spesielt egnet for de vanligste skolebrannene, som kjennetegnes av små branner med moderat varmeutvikling. Dersom alternativ strategi lar seg gjennomføre vil dette være kostnadsbesparende for eldre anlegg som ikke må bygges om via kanalnett eller styringsfunksjoner. Det forutsettes at forrigling av sikkerhetsfunksjoner er ivaretatt ved bekreftet brann i bygget.

Det er imidlertid noen utfordringer knyttet til å bruke komfortventilasjonssystemet for "trekk ut"-strategien for skoler: for eksempel varierer utformingen av bygningene betydelig, hvilket medfører tilsvarende forskjell i ventilasjonssystemene. Videre er det ukjent hvilke temperaturer de ulike systemkomponentene som vifter og VAV/DCV-spjeld tåler. I tillegg kan det å trekke ut røyken via ventilasjonskanalene føre til at det samler seg sot i ventilasjonssystemet, noe som vil medføre stenging av arealer og sanering etter brann. Utilstrekkelig sanering vil i tillegg kunne gi dårlig inneklime i etterkant av en brann.

For å møte de ovennevnte utfordringene vil prosjektet kartlegge ventilasjonsanlegg i en rekke skoler og samle informasjon om tidligere inntrufne branner. Prosjektet vil bruke denne informasjonen til å etablere en ventilasjonsstrategi som sikrer effektiv røykkontroll i tilfelle brann. En slik strategi kan også være nyttig for andre offentlige formålsbygg.

Videre vil potensialet for sotakkumulering bli vurdert gjennom branntesting av de viktigste ventilasjonskomponentene. Til slutt vil effektiviteten av "trekk ut"-strategien for små branner bli verifisert gjennom storskala brannekspesimer og ved hjelp av datasimuleringer.

BRAVENT er et innovasjonsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd, program SAMRISK-2-Samfunnssikkerhet og risiko, prosjektnummer 321099, samt av partnere. Prosjekteier er Oslobygg KF og prosjektleder er RISE Fire Research. Øvrige partnere i prosjektet er SINTEF Community, Trondheim Eiendom, Bergen Kommune, GK Inneklime og TROX Auranor Norge.

2.3 Formål

Et overordnet mål i *BRAVENT – Efficient smoke ventilation of small fires* er å utvikle og dokumentere en generell og kostnadseffektiv løsning for å kontrollere røyk og trykk ved små branner i skolebygg. Dette ved bruk av eksisterende systemer, fortrinnsvis behovsstyrt ventilasjon (VAV/DCV).

Formålet med WP1 er å finne representative testforhold og få et bedre innblikk i brannhendelsene på skolene ved å utføre en systematisk kartlegging av brannhendelser og ventilasjonssystemer i skoler i flere kommuner. Blant annet vil det bli samlet informasjon om tidligere brannhendelser, vedlikehold og kostnader for ventilasjonssystemene etter brann. Aktuell informasjon vil være hva som har forårsaket brannhendelsene og hvilken innvirkning har brannene hatt på ventilasjonssystemet. Det vil også bli utført fullskala funksjonstesting av ventilasjonsanleggets funksjon under brann ved ulike skoler. Som et ledd i arbeidet vil det også bli utført et litteratursøk for å finne studier relatert til ventilasjonsanlegg i skolebygg og deres funksjon under brann, samt statistikk.

3 Metodikk

3.1 Litteratursøk

Et litteratursøk er utført for å finne studier på brannhendelser i skoler som har styring av ventilasjon med funksjon under et brannforløp. Det ble gjort søk i tittel, sammendrag og nøkkelord på Science Direct, Google Scholar og Scopus med ulike kombinasjoner av følgende nøkkelord:

- fire incidents
- school
- ventilation system
- extraction strategy
- Smoke and Heat Exhaust Ventilation Systems (SHEVS)
- maintenance
- costs
- smoke extraction
- smoke ventilation
- fire ventilation

3.2 Funksjonstesting

Funksjonstester av ventilasjonsanleggets funksjon ved utløst brannalarm ble utført på skoler i Oslo, Bergen og Trondheim. Sjekklister for registrering utarbeidet av Oslobygg ble brukt som grunnlag. Følgende fremgangsmåte og registreringer ble brukt ved funksjonstesting ved skole A-F, H-J, L, N og O:

- Møte med driftsteknikere på den enkelte skole ble holdt i forkant for å kartlegge hvordan ventilasjonsanlegget var bygget opp, samt hvilken funksjon det var tenkt å ha under brann
- Byggets FDV-dokumentasjon ble gjennomgått for å finne brannkonsept, systembeskrivelse VVS, produktdatablad og andre relevante dokumenter knyttet til ventilasjonsanlegg og brann
- Aggregatnummer og årstall for installasjon ble registrert
- Kan aggregatet styres fra SD-anlegget? (Ja/Nei)
- Brukere av bygget og 110-sentralen ble varslet i forkant av selve testen
- Alarmorganer ble utkoblet under testing
- I dag-modus og natt-modus: Starter ventilasjonsaggregatet ved brannalarm? (Ja/Nei)
- I dag-modus og natt-modus: Er det kobling mot/fra brannalarmanlegget? (Ja/Nei)
- I dag-modus og natt-modus: Stopper ventilasjonsaggregatet ved brannalarm? (Ja/Nei)
- Dersom by-pass: Starter den på lokal deteksjon? Og er lokal deteksjon koblet mot/fra brannalarmanlegget? (Ja/Nei)
- Er det brannspjeld i ventilasjonskanaler? (Ja/Nei)
- Er det VAV/DCV spjeld? (Ja/Nei)
- Er det detektorer i ventilasjonskanaler ved aggregat? (Ja/Nei)

- Er bygningen sprinklet? (Ja/Nei)

3.3 Intervju

Ansatte i kommunene ble intervjuet om tidligere brannforløp med tanke på hendelsesforløp, skadeomfang og kostnader for utbedring. For skolebranner i Oslo med større økonomiske konsekvenser (>300k NOK) er denne informasjonen også hentet ut fra forsikringselskap.

4 Hovedfunn fra litteratursøk

Det var begrenset med studier der komfortventilasjonsystemet har blitt brukt som en del av ventilasjonsstrategien ved brann, spesielt for skolebygg. Studier relatert til skolebygg handlet hovedsakelig om brannsikkerhet i skoler, og et kunnskapshull er derfor identifisert for temaet ventilasjon og brann i skoler. Studier om brannsikkerhet i skoler gav også informasjon om konsekvensene av småbranner og hva som forårsaket de. Disse rapportene er oppsummert i kap. 4.1. Studier av hvilke konsekvenser en brann vil ha på ulike komponenter ventilasjonssystem/kanalnett er oppsummert i kap. 4.2. Det var flere studier om røykspredning i bygg og om effekten av brannindusert trykk og røykspredning gjennom mekaniske ventilasjonsanlegg. Disse studiene er oppsummert i kap. 4.3.

4.1 Statistikk - brann i skolebygg

Brann i skolebygg, spesielt påtente branner er ansett som et problem ikke bare i Norge, men også ellers i verden. I Sverige, der påtente skolebranner er et særskilt problem, ble det i 2020 publisert en rapport hvor blant annet tekniske aspekter knyttet til brannstiftelse (f.eks. antennelseskilder, startområder og hvordan ulike brannsikringssystemer fungerte) ble undersøkt (Johansson, N. et al., 2020). Fra 1998 – 2018 oppstod det ca. 300 skolebranner årlig i Sverige, hvorav påtente branner utgjorde ca. 45-50 %. Andre årsaker er av mer tilfeldig karakter, f.eks. "komfyr" og "utstyrsfeil". Brannhendelser skjer oftest i trapperom/korridor eller toaletter, med en økende tendens på skolekjøkkenet. En del skjer også utenfor skolebygget, og disse har ofte ført til mer omfattende branner og resultert i store skader på bygget. Fra år 2010 viser statistikken at innen redningstjenesten ankommer har andelen av slokket brann økt og andelen av branner som pågikk i startobjektet eller i rommet hvor brannen startet er blitt redusert, sammenlignet med årene før 2010. Toalettrom er et av de vanligste stedene for ildpåsettelse, men generelt er få av brannene pågående når redningstjenesten ankommer og har sjeldent spredt seg til andre brannceller. Det ble også undersøkt ulike brannsikringssystemer i skoler, men fra 2016 registreres ikke forekomst av automatisk brannalarm av redningstjenesten. Data i rapporten er dermed fra 1998-2015, og andelen hvor automatisk brannalarm "ikke eksisterte" sank jevnt og trutt. Kostnader ved skolebranner ble hentet fra to forsikringselskap, henholdsvis Gøteborg og Stockholm. I perioden 2006 – 2018 var det 100 branner på skoler eller førskoler (hvorav 70 % i grunnskolen), og gjennomsnittsverdien for totale skadekostnader for en påtent brann i skole var ca. 13,2 millioner SEK per år. For grunnskolen var gjennomsnittskostnaden ca. 2 millioner SEK (medianverdi 230 000 SEK). I Stockholm var gjennomsnittskostnaden for brann i grunnskole ca. 120 000 SEK (medianverdi 45 000 SEK).

Intervjurunde med et utvalg av representanter fra storbyområdene i Sverige avdekket at de fleste opplever at den vanligste typen er små branner som er påsatt i ubetjent plass, f.eks. i en søppelbøtte i en korridor, et ubemannet klasserom eller toalett. Problemet er spesielt konsentrert på toaletter. Mange skoler med automatisk brannalarm har bevisst fjernet detektorer på toalettet fordi brannalarmen utløses manuelt for å skape skoleavbrudd og ikke av brannårsaker, noe som ofte fører til store skader på detektoren. Mange kommuner har installert ulike tekniske systemer for å redusere antall branner i skoler, f.eks. deteksjon i takfot, varmesensorer, automatiske alarmer, valg av ikke-brennbart fasademateriale, forbedret utebelysning mm. Ifølge intervjuobjektene er skolebranner blitt høyt prioritert innad i kommunene og de har sett effekten av tiltakene som har blitt jobbet med i senere år. Det er vanskelig å trekke frem enkelttiltak,

men det ser ut til å være en kombinasjon av tekniske tiltak (eksempelvis bruk av kameraovervåkning), et systematisk brannvernarbeid (som å begrense brennbart materiale) og en økt bevissthet innad i skolen, men også på høyere nivå innad i kommunen. Et konkret tiltak som kan sees i statistikken er at stadig flere skoler og barnehager som redningstjenesten rykker ut til har installert automatisk brannalarm (Johansson, N. et al., 2020).

En rapport om branner i undervisningsbygg i USA rapporterte at det forekom ca. 3230 branner i skoler hvert år i perioden 2014 – 2018 (Campell, Richard, 2020). Dette utgjorde en skadestnad (direkte eiendomsskader) på 37 millioner USD hvert år, samt 339 personskader og et dødsfall. 60 % av brannene var småbranner og av begrenset omfang. 2 av 3 branner i skoler var påtente og forårsaket også størst andel av personskader og over halvparten av eiendomsskadene fra skolebranner. Mange av brannene startet på toalettet eller garderoben, enten fordi en elev lekte med ild eller tente på. Slike branner forårsaker som regel små skader på eiendommen, men resulterer ofte i personskader (22 %). Kjøkkenet er også blant stedene småbranner oftest starter, men med et begrenset brannforløp og dermed få direkte skader på eiendommen for øvrig. Mange skolebranner skjer på dagtid og blir detektert raskt og dermed også slokket fort. 4 % av brannene skjer mellom midnatt og kl. 04 om morgenen og står for ca. 24 % av skadene på eiendommen. En annen rapport fant at kun 39 % av utdanningsbygg med rapporterte branner er sprinklet.

I 2007 kom det en rapport om de økonomiske og sosiale konsekvensene av skolebranner på lokalsamfunnet i Storbritannia (Wade, P. et al., 2007). I rapporten er det estimert 1400 – 1800 branner i britiske skoler hvert år, og i 2005 var kostnadene av disse skolebrannene estimert til å være rundt 67 millioner GBP. Avhengig av omfanget kan 40 eller 50 skolebranner ha skadestnader som er i overkant av 50 000 GBP per brann, der 20 av dem koster over 250 000 GBP eller mer. De fleste av disse brannene er påtente av elevene under skoletiden. Ifølge en nyere rapport fra 2020 utgitt av et forsikringsselskap¹, ble det avdekket at mange skoler mangler tekniske installasjoner som kan forhindre småbranner til å utvikle seg til storbranner. Av over 1000 skoler som ble undersøkt, manglet 66 % nødvendige brannsikringssystemer som sprinkleranlegg, mens en fjerdedel (24 %) hadde mangelfull branneteksjon og manglet røykvarslere og brannalarmer. Det ble også nevnt at disse tiltakene er nødvendige for å hindre små skolebranner fra å utvikle seg til store branner. Bare 14 % av skolene ble vurdert som "bra" eller "utmerket".

4.2 Konsekvenser på ventilasjonssystem/kanalnett etter brann

Ved "trekk ut" strategien antas det at røyk og brann spres kun i avtrekkskanalen. I tidligere BRAVENT-prosjekt ble det blant annet undersøkt hvordan brannrøyk kan tette igjen ventilasjonsfilter (Stølen & Bøe, 2021). Resultatene viste at filteret gikk tett etter 7-14 minutter avhengig av type material som ble brent, hvor plastmaterialer fører til raskere gjentetting. Det ble også undersøktspredning av brann og varme i brannisolerte og uisolerte kanaler ved ulike temperaturer (800 °C til 1200 °C) (Bøe et al., 2019). Forsøkene viste at røykgasstemperaturen i isolerte kanaler er høyere enn i uisolerte kanaler fordi varmetapet via stråling er større fra uisolerte kanaler.

Forsøkene indikerte at brannisolerte kanaler, i motsetning til uisolerte ventilasjonskanaler, ikke tålte den varme røyken som ble trukket gjennom og delene kledd med isolasjon ble sterkt deformerte i nærheten av støtte- og opphengspunkter. Det ble også observert hull i kanalen etter at isolasjonen ble fjernet. Større kanaler fikk større skader og større deformasjoner enn kanaler som var mindre. Konsekvensene av dette er imidlertid ikke utredet.

I følge Restverdiredning håndboka (Brandt, 2015) kan elektronikk tåle røyk og aggressive gasser. Sot er elektrisk ledende og kan føre til driftsfeil eller fysisk skade på elektrisk komponenter. Ved temperaturer over

¹ <https://www.ifsecglobal.com/fire-news/40-schools-a-month-hit-by-fires-in-the-past-year/>

80 °C kan plastkomponenter, avhengig av type plast, bli deformert og man får da permanent skade på elektriske komponenter.

4.3 Trykk og røykspredning

Moderne byggeskikk har ført til tettere bygg i tråd med målsetninger om energieffektivisering. I Norge har kravene til bygningers luftlekkasjetall (n50) gradvis blitt strengere, siden det først ble inkludert i Byggforskriften på 80-tallet. Eksempelvis ble minstekravet til n50 skjerpet i revideringen av TEK-10 i 2015, fra 3,0 til 1,5 luftskifter per time. Dette er fortsatt gjeldende minstekrav i dagens versjon av forskriften, TEK 17, mens den valgfrie passivhusstandarden (NS 3700 / NS 3701) opererer med enda strengere krav på 0,6 luftskifter per time. Historisk sett har ikke trykkforholdene under brann blitt viet mye oppmerksomhet, da man har antatt at utettheter og lekkasjer i bygninger kan avta det branninduserte trykket av seg selv (Hostikka et al., 2017). Med tettere bygg i nyere tid har derimot oppmerksomheten mot temaet økt betraktelig. Det ble utført tetthetsmåling av 2 skoler i Oslo, en eldre og nyere. Måleresultatene viste at brannskiller internt i bygning har store lekkasjer. Det var også liten forskjell på tettheten i rom som var egen branncelle og rom som ikke var egen branncelle. Måleresultatene viste også som forventet at eldre skoler har vesentlig større luftlekkasjer enn nyere skoler. Det bemerkes at høye bygninger påvirkes av skorsteinseffekten.

Ved brannforløp i bygninger vil det oppstå trykkforskjeller mellom rommet hvor brannen oppstår og omkringliggende deler av bygningen. Dette har konsekvens for brannutvikling, røykspredning, evakueringsmuligheter og materielle skader på konstruksjonen. Samtidig kan det også risikere at sikkerhetssystemer, teknisk utstyr og andre installasjoner skades (Li et al., 2020). Brann som oppstår innendørs karakteriseres gjerne av et forløp i brannrommet med overtrykk, trykkutligning og deretter undertrykk. I tidlig fase, også kalt brannvekstfasen, vil det raskt bygges opp et overtrykk i brannrommet på grunn av at rommet fungerer som en fysisk barriere som motstår ekspanderende varm luft og røykgasser fra forbrenningsprosessen. Denne fasen varer helt til det oppnås balanse mellom varmen som blir tilført fra brannen og varmen som rommet avgir. Etter dette vil trykket i rommet gradvis synke inntil kvelningsfasen inntreffer, hvor det oppstår et undertrykk i brannrommet (Prétrel et al., 2012) Spesielt interessant er trykkutviklingen under brannvekstfasen, da resultater fra nyere forskning viser at overtrykket kan nå kritiske verdier i løpet av kort tid. Studiene viser at trykknivåene kan bli såpass høye at dører for rømningsveier kan bli vanskelig å åpne manuelt, røykspredning kan oppstå raskt og på utilsiktede måter, og elementer i bygningskonstruksjonen kan risikere å kollapse (Brohez & Caravita, 2020; Hostikka et al., 2017; Li et al., 2020, 2021).

Det er viktig å kontrollere røykspredningen under brann da brannrelaterte dødsfall i langt større grad er knyttet til inhalering av gifte gasser enn varmeeksponering og kollaps av bygningsdeler (Anseeuw et al., 2013; Stefanidou et al., 2008). Det finnes flere eksempler på hendelser hvor ukontrollert røykspredning har fått fatale konsekvenser for mennesker som har befunnet seg i andre deler av bygget enn der brannen oppstod. To forhold må være til stede for at røykspredning utover brannrommet skal inntreffe: trykkforskjeller mellom rommene og lekkasjeåpninger hvor røyken kan finne vei. Røykspredningen skjer via trykkdrevne luftstrømmer, hvor røyken strømmer fra områder med høyt trykk til områder med lavt trykk. Drivkreftene for trykkforskjellene kan kategoriseres innenfor normale drivkrefter og drivkrefter som oppstår på grunn av brannen. De normale drivkreftene omfatter skorsteinseffekten, vindkrefter og mekanisk og naturlig ventilasjon. Drivkrefter som oppstår på grunn av brannen er termisk oppdriftskraft og forhindret termisk ekspansjon av branngassene (Bøe et al., 2019). Ved et brannforløp vil gjerne en kombinasjon av normale og branninduserte drivkrefter oppstå, noe som kompliserer røykspredningen da nøytralplanet i bygningen forskyves som en aggregert effekt av flere drivkrefter. I branner med kraftig røykspredning har man ofte sett at røyken samles og konsentrerer seg i en del av bygningen, mens en annen del holder seg



røykfri. Nøytralplanet er derfor et viktig begrep, da røykbevegelsene i bygningen opptrer etter hvor nøytralplanet befinner seg. Røyken er avhengig av lekkasjeåpninger for å spres videre fra brannrommet, og nøytralplanet angir vanligvis et horisontalt sjikt ved lekkasjeåpningen hvor røyk strømmer ut på den ene siden av nøytralplanet mens friskluft trekkes inn på den andre. På røyksiden av nøytralplanet er det overtrykk mens på friskluftsiden er det undertrykk, og nøytralplanet definerer grensen hvor trykkforskjellene mellom sjiktene er lik null. I en bygning vil det normalt være flere lekkasjeåpninger i et brannrom i forskjellige høyder, noe som gjør at nøytralplanet heller opptrer på tvers av rommet. Dette gjør at enkelte lekkasjeåpninger vil fungere som rene avtrekk for røyken mens andre vil fungere som tilførsel av friskluft. Ved større branner med kraftig røykspredning vil det være mer naturlig å se på hvordan nøytralplanet opptrer på tvers av hele bygningen. Selv om vi har en viss forståelse for hvordan nøytralplanet forskyves i et bygg ved kombinerte drivkrefter, så er det likevel komplisert å beregne et røykspredningsscenario for en individuell bygning da bygninger i stor grad vil påvirkes forskjellig av drivkreftene (Mowrer, 2009). Likevel blir utformingen av ventilasjonssystemer viktigere for å kontrollere røykspredning ettersom det bygges og renoveres med tettere bygningsskall og mer lufttette rom. Samtidig er mekanisk balansert ventilasjon utbredt sammenlignet med bruk av naturlig ventilasjon. Slike bygninger vil være mindre påvirket av naturlige drivkrefter for røykspredning slik som vind, naturlig ventilasjon og lekkasjeåpninger mellom rom, og kanalføringene i ventilasjonsanlegg blir gjerne letteste motstandsvei for røyken å bevege seg ut av et brannrom. Selv om de branninduserte trykknivåene blir høyere enn i eldre og utette bygg, gir det også bedre forutsetninger for å kunne kontrollere røykspredningen med tilpassede ventilasjonsstrategier.

Flere studier har analysert effekten av brannindusert trykk og røykspredning gjennom mekaniske ventilasjonsanlegg. Studiene har tidligere vært konsentrert rundt industrielle behov, blant annet i tunneldrift og ved kjernefysiske anlegg. I senere tid har også studier rundt mer konvensjonelle bygningstyper blitt vanligere, spesielt for på bygninger med god lufttetthet. De industrielle scenarioene vil skille seg fra vanlige bygninger med hensyn til belastningsevne til konstruksjoner, type materialer som brenner og at det er liten innflytelse fra naturlige drivkrefter for trykkforskjeller. Likevel kan resultatene ha en overførbarhet da slike scenarioer ofte har mekanisk ventilasjon som hovedmekanisme for å hindre røykspredning og trykkoppbygning. Ventilasjonsstrategier som "steng inne" og "trekk ut" har ofte blitt studert i detalj med ulike spjeldkonfigurasjoner, ventilplasseringer og driftsmoduser for vifter.

En stor mengde forskningsarbeid ble gjort i Frankrike rundt brann i atombunkere med mekanisk ventilasjon. Disse studiene viste at trykkoppbygningen under brann er avhengig av tre effekter: størrelse og utviklingshastighet til brannen, luftmotstand i ventilasjonskanalene og lufttetthetsegenskapene til brannrommet. I lufttette rom kan stengning av ventilasjonsspjeld, spesielt avtrekksspjeldet, føre til såpass høye trykknivåer slik at man bør vurdere om konstruksjoner og brannspjeld vil tåle belastningene som oppstår (Audouin et al., 2013; Prétrel et al., 2012; Prétrel & Such, 2005).

Liknende resultater ble funnet i en sammenligning mellom boligbygg bygd etter passivhusstandard og en tradisjonell bolig med dårligere lufttetthetsegenskaper. Brannen utviklet seg med lik hastighet og intensitet for begge boligene, men trykkoppbygningen var vesentlig større i passivhuset med risiko for røykspredning gjennom reverserte luftstrømmer i ventilasjonskanalene. I passivhuset stoppet derimot brannen å utvikle seg etter 5 minutter på grunn av oksygenmangel, mens brannen fortsatte utviklingen i den tradisjonelle boligen (Fourneau et al., 2012).

Hostikka et al. (2017) sammenlignet også trykkoppbygning og røykspredning mellom rom i en bygning med forskjellige lufttetthetsnivåer og ulike spjeldkonfigurasjoner og viftedriftsmoduser. Resultatene viste også at utviklingshastigheten til brannen, lufttettheten til bygget og ventilasjonskonfigurasjonen er de viktigste parameterne som påvirker trykk og røykspredning. Det ble påvist at spjeldkonfigurasjonene er viktigere enn viftehastighet for ventilasjonen. Alle moderne bygninger som opprettholder normale lufttetthetskrav, kan

få problemer med trykkoppbygning og røykspredning ved ugunstige ventilasjonsstrategier. Å la både tilluft og avtrekksspjeld stå åpne i brannrommet er effektivt for å avlaste trykkoppbyggingen, mens stenging av begge spjeld ble vist å føre til kritiske trykknivåer med risiko for kollaps av lettere bygningselementer. Konfigurasjonen som ga lavest risiko for røykspredning til naborom var å stenge spjeld kun på tilluftsiden, mens avtrekksspjeldet fortsatt stod åpent.

I 2021 bekreftet Li et al. (2021) at de samme parameterne som er nevnt ovenfor er vesentlige for trykkutvikling i et brannrom, men ventilasjonsluftmengder ble også undersøkt for å studere påvirkningen på trykkutviklingen. Resultatene viste at større luftmengder øker det branninduserte trykket da luftmotstanden i kanalene er høyere. Ved høye nok trykknivåer vil reverserte luftstrømmer og røykspredning gjennom kanalnettet oppstå.

5 Funksjonstesting av ventilasjonsanlegg under brann

Funksjonstesting av ventilasjonsanleggets funksjon under brann ble utført på 15 skoler, benevnt som skole A-O. Metodikken som er beskrevet i kapittel 3.2 ble brukt ved skole A-F, H-J, L, N og O. Funksjonstesting ved øvrige skoler er for eksempel utført av entreprenør ved overtakelse av nybygg etter entreprenørens metoder.

5.1 Skole A, Oslo kommune

5.1.1 Brannkonsept

Brannkonseptet angir følgende:

- *Glassgård røykventileres med 6 m² røykluker plan 1 (2 tofløyede dører antas tilstrekkelig) for tilluft, samt 6 m² røykluker øverst i fasade. Lukevirkningsgrad skal være min 0,6. Ved detektert brann (røyk) skal røykluker og tilluftsluker åpne*
- *Ventilasjonsanlegg skal gå som normalt ved brann, men skal stoppe ved detektert røyk i tilluft. Dersom anlegget har stoppet (for eksempel om natten), skal anlegget starte på signal fra brannalarmanlegget. Ved brann skal VAV-spjeld endres fra normal til maksimal luftmengde (10 volt signal)*
- *Frostvakter på aggregater skal overstyres slik at aggregater ikke stanser ved brann.*
- *På grunn av sprinkling kan brannisolering av ventilasjonskanaler utgå. Dette er et fravik fra VTEK, men løsningen er dokumentert*
- *Dersom det benyttes overstrømningsventilasjon mellom forskjellige brannceller må det installeres røykgassspjeld*
- *Ventilasjonsanleggene i bygningen har avkast til garasjen og videre til det fri via rister i vegg. Løsningen fraviker preaksepterte løsninger i VTEK, men er dokumentert*

Brannkonsept: "Trekkt ut", men uten brannisolerte kanaler eller bypass-vifte.

5.1.2 Teknisk beskrivelse

Skolen fullsprinkles iht. NS EN 12845 og FG regler på grunn av store brannceller. Sprinkleranlegget er koblet opp mot brannalarmanlegget. Det er til sammen 8 ventilasjonsanlegg på skolen.

I funksjonsbeskrivelsen for ventilasjonsanlegget er følgende beskrevet:

- *Trykkstyrt anlegg med VAV sonespjeld*
- *JV40 tilluftsvifte med LR40 frekvensomformer, JV50 avtrekksvifte med LR50 frekvensomformer. Begge kan styres fra SD-anlegg*
- *Ved brannalarm starter alle aggregater og kjører vifter på 100 % kapasitet uansett hvordan driftsvender lokalt står*

- RY40 røykmelder i tilluftskanal varsler brannsentral og stopper aggregat
- RY50 røykmelder i avtrekkskanal varsler brannsentral

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- Hvert ventilasjonsanlegg har hver sin I/O enhet for signal ved utløst alarm
- Brannsentral får signal fra ventilasjonsanleggene ved røyk i ventilasjonskanal. Dette utløser brannalarmen
- Detektorer i tilluft og avtrekk er ikke tilkoblet mot brannalarmanlegget
- Ved utløst brannalarm går alle ventilasjonene som normalt, unntatt ventilasjon i flerbrukshall som girer opp

Ventilasjonskomponenter:

- Avtrekksventil: Auranor Løv A og Kso
- Bakkantventil: Auranor Kso
- Tilluftsventil: Auranor Siv inn TV, Auranor TLG LØV, Auranor Tlh
- Brannspjeld: Auranor FKR-SE

5.1.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Funksjonstesting for 6 ventilasjonsanlegg ble utført i mai 2020. Ventilasjonsanlegg 360.005 og 360.006 ble ikke testet på grunn av manglende dokumentasjon.

- Alle 6 anleggene starter opp ved utløst brannalarm inn på undersentral. Viftene går 100 % etter 5-6 min. Funksjonen er uavhengig om tavlevender står i Auto/på/AV-stilling
- Kontrollmålt punktvis VAV-spjeld for hvert anlegg resulterte i at det ikke ble funnet noen spjeld som går i 100 % maksimalt innregulerte luftmengder
- Avvik på ventilplasseringer på VVS-tegninger
- Inspeksjonsluker i visse områder er ikke brannisolert
- Avvik på brannisolering innvendig i sjakt

Konklusjon fra funksjonstesting: systemet fungerer ikke som prosjektert.

5.2 Skole B, Oslo kommune

5.2.1 Brannkonsept

Brannkonseptet angir følgende:

- For sentraliserte ventilasjonsanlegg bør det prosjekteres med at ventilasjonsanlegget skal gå under en brann, såkalt «trekk ut»-strategi, men ved deteksjon av røyk i tilluft skal ventilasjonsanlegget stoppes. Samtlige ventilasjonsanlegg må ha funksjonssikker kabel
- Ikke prosjektert med bypass som følge av problemer med plass
- RIV har i et eget notat utført en funksjonsbeskrivelse om hvordan ventilasjonsanlegget skal gå under brann
- Iht. FKOK 2012, pkt. B569, skal aggregat stanses umiddelbart ved registrering av røyk i tilluftskanal ved røykdetektor

For ventilasjonsanlegg på plan U.1 hvor inntakskanal føres gjennom seksjoneringsveggen må det monteres brannspjeld med samme brannmotstand som seksjoneringsveggen. Spjeldet skal kun lukkes dersom:

- Røyk detekteres i tilluftskanalen, ventilasjonsanlegg skal stoppes

- *eller nærmeste røykdetektor i tilstøtende brannceller på hver side aktiveres. Ventilasjonsanlegg skal stoppes*

Ventilasjonsanlegget må stoppes fullstendig når ovenfor nevnte scenario inntreffer. Stenges tilluften via spjeldet og anlegget forsetter å gå vil dette skape et undertrykk i øvrige brannceller som medfører vanskeligheter med å åpne dør til rømningsvei.

Brannkonsept: "Trekk ut light", hvor ventilasjonsaggregatene skal gå så lenge de kan ved utløst brannalarm. Ikke bypass.

5.2.2 Teknisk beskrivelse

Bygget er prosjektert i risikoklasse 2, 3 og 5, i brannklasse 3.

Det er totalt 11 stk. aggregater bygget. Bygget er ikke sprinklet. Det er kun montert ett brannspjeld på kanalnettet som er plassert i 1. underetasje i forbindelse med inntakskanal som er ført igjennom seksjoneringsvegg.

Ventilasjon:

- *Brannalarm: Signal fra brannalarmanlegg om utløst brannalarm skal starte alle aggregater. Alle VAV-spjeld får signal om å gå mot maksimalt prosjektert luftmengde. Brannsignal skal ha høyere prioritet enn frostsikring og vil overstyre et eventuelt frostutslag*
- *Røykdetektor, (RY401) i tilluftskanal stanser aktuelt aggregat ved deteksjon av røyk i kanalen*

Fra funksjonsbeskrivelse av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- *Ved utløst brannalarm går 6 av 11 aggregater 3 som normalt*
- *Ved utløst brannalarm girer 5 av 11 aggregater opp til prosjektert luftmengde*
- *Ingen aggregater starter opp igjen ved modus AV*
- *Det er styring mot ventilasjon/SD-anlegg*
- *Ved utløst kanaldetektor i tilluft stopper aggregatene og spjeldene lukker både tilluft og avtrekk*

Ventilasjonskomponenter:

- *Bakkantventil: Auranor TLK*
- *Brannspjeld: ETPS-El Fire Damper, El 60 S/El 120S*
- *Brannisolering: Glava folie brannmatte*

5.2.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Rapporten fra funksjonstesting gir følgende resultater:

- *I dagsscenario, hvor aggregatene er i modus PÅ, vil noen av aggregatene gire seg opp i forhold til prosjektert luftmengde ved utløst brannsignal. Brannsignal kommuniserer via SD-anlegget og ut til byggets 11 aggregater. Det ble avdekket at pådraget på tilluften og avtrekket ikke starter samtidig. Dette vil gi noe ubalanse på anlegget i forhold til "trekk ut" – strategien*
- *Ved detektert røyk i tilluft skruer aktuelt aggregat seg AV. Røykdetektor i tilluft er kun forriglet lokalt på aggregat og ikke mot brannsentral som egen adresse*
- *Brannspjeld som er plassert i 1. underetasje i forbindelse med at inntakskanal er ført igjennom seksjoneringsvegg, lukker seg ved at nærmeste røykdetektor i tilstøtende brannceller på hver side blir aktivert. I tillegg skruer aggregat 360.004 seg av. Ved test av røykdetektor på tilluft tilknyttet samme aggregat lukket brannspjeld seg IKKE igjen. Dette er i strid med hva brannkonseptet tilsier*

- I kveld og nattscenario, hvor aggregatene er i modus AV, skruer 9 av 11 aggregater seg på igjen. På testen var det kun aggregat 360.002 og 360.008 som IKKE startet opp igjen. Ved test av aggregat 360.002 i «sovende» modus (prosjektert luftmengde 20 %), giret anlegget seg opp til 100 % luftmengde ved utløst brannsignal. Denne strategien er i tråd med opprinnelig ventilasjonsstrategi for kveld- og nattmodus

Det er totalt 11 aggregater i bygget. Ved utløst brannsignal ble det oppdaget avvik i to av anleggene under nattmodus.

Konklusjon fra funksjonstesting: SINTEF vurderer funksjonstesten til å ikke være godkjent pga. avvik ved enkelte aggregat.

5.3 Skole C, Oslo kommune

Ingen av byggene på denne skolen har installert sprinkleranlegg.

5.3.1 Brannkonsept

Ingen brannkonsept.

5.3.2 Teknisk beskrivelse

Bygget har CAV-anlegg, balansert omrøringsventilasjon og foretrensingsventilasjon. Ventilasjonen er fordelt på 10 aggregater med løpenummer 360.001 til 360.010:

- Bygg A: 360.001 og 360.002
- Bygg B: 360.003
- Bygg C: 360.004
- Bygg D: 360.005 og 360.006
- Bygg E: 360.007
- Bygg F: 360.008 og 360.010
- Bygg G: 360.009

Ventilasjonsanleggene i Bygg A, B, C, D og E har mekaniske brannspjeld uten tilbakemelding montert i brannskille. Ventilasjonsanleggene i Bygg F og G har ikke mekanisk brannspjeld. Alle ventilasjonsanleggene har røykdetektor i tilluftskanal. Der hvor ventilasjonskanaler krysser branncellebegrensende bygningsdeler er det montert brannspjeld med smeltesikring (løser normalt ut ved 72 °C til 95 °C). På tilluften til aggregatene er det montert røykdetektorer som kun var koblet til SD-anlegg, men ikke brannsentral. Spjeldene er utstyrt med smeltesikring. Kanaler er isolert. Det er ingen bypass.

Funksjonsbeskrivelse ventilasjon ved brann angir følgende:

- *Ved detektert røyk i tilluft stopper det aktuelle ventilasjonsanlegget*
- *Ved utløst brannalarm ved dagdrift (kalender PÅ) fortsetter alle ventilasjonsanleggene å gå. Ved utløst brannalarm ved nattdrift (AV) starter ingen av ventilasjonsanleggene*

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- *Hvert ventilasjonsanlegg overvåkes av egne detektorer i tilluft/avtrekk, disse melder ikke alarm til brannvarslingsanlegg*
- *Ventilasjon går som normalt hvis brannvarslingsanlegg oppdager brann*

5.3.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Utført 27.02.2019:

Test 1: Aggregat ble satt i auto på (dagmodus). Det ble testet røyk i detektor på til luft.

Alarm på SD-anlegg slo inn «Røykmelder tilluft». Aktuelt aggregat stoppet.

Test 2: Aggregat fortsatt i auto PÅ (dagmodus). Detektor i bygget ble utløst. Alarm på SD-anlegget slo inn med tekst «Signal brannmelder – Stopp ventilasjon». Samtlige aggregat stoppet ikke, men fortsatt å gå.

Test 3: Aggregat i auto AV (nattmodus). Detektor i bygget ble utløst. Alarm på SD-anlegget slo inn med tekst «Signal brannmelder – Stopp ventilasjon». Samtlige aggregat ble fortsatt værende AV/Stopp/Nattmodus

Konklusjon:

- Ved røyk i tilluft stopper aggregat
- Ved utløst brannalarm i byggene på dagtid (PÅ), fortsetter aggregatene å gå
- Ved utløst brannalarm i byggene på nattdid (AV), forblir aggregatene av

Brannkonsept: Blanding av "trekk ut light" og steng inne.

5.4 Skole D, Oslo kommune

Skolen består av flere bygninger, og bygningene er fullsprinklet.

5.4.1 Brannkonsept

I forbindelse med rehabilitering og utvidelse med en flerbrukshall, ble det utarbeidet en brannteknisk strategi som beskriver branntekniske løsninger. Følgende er nevnt om røykventilasjon:

- *Gjennomgående installasjonssjaker røykventileres med avkast over tak. El-sjaker hvor det støpes igjen trenger ikke røykventilering*
- *Trapperom må røykventileres slik at røyk som kommer inn i et trapperom pga åpne dører eller utettheter mellom dørblad og karm kan ventileres ut*

5.4.2 Teknisk beskrivelse

Det er totalt 11 stk ventilasjonsanlegg (VAV/DCV) i hovedbygget og 2 stk i nybygget. Alle ventilasjonsanleggene har røykdetektor i tilluftkanal. Byggene er fullsprinklet, det er ingen brannisolering eller brannspjeld i hovedbygget, men det er montert brannspjeld i brannskiller i nybygget.

Funksjonsbeskrivelse av ventilasjonssystem ved brann:

- *Ved detektert av røyk i tilluft stopper det aktuelle ventilasjonsanlegget*
- *Ved utløst brannalarm ved dagdrift (kalender PÅ) fortsetter ventilasjonsanleggene å gå*
- *Ved utløst brannalarm ved nattdrift (kalender AV) starter ventilasjonsanleggene igjen*

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- *Hvert ventilasjonsanlegg har hver sin I/O enhet for signal ved utløst alarm*
- *Detektorer i tilluft og avtrekk er ikke tilkoblet brannalarmanlegget*

Ventilasjonskomponenter:

- *Brannspjeld CR12/CR2 sirkulære brann-/branngasspjeld i brannklasse EI120*

5.4.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Konklusjon etter gjennomføring av fullskallatesten av hovedbygget:

- Ved røyk i tilluft stopper aggregat
- Ved utløst brannalarm i byggene på dagtid (PÅ), fortsetter aggregatene å gå
- Ved utløst brannalarm i byggene på nattetid (AV), starter aggregatene opp igjen
- Tekniske integrasjoner/grensesnitt for brann sikkerheten fungerer stort sett veldig bra
- VAV-spjeld som sitter i kanalnettet for hvert rom blir **ikke** påvirket av utløst brannalarm

Brannkonsept: "trekk ut light".

Følgende tilleggsobservasjoner ble gjort:

- Flere dører i samme trapperom lukker seg ikke ved utløst brannalarm
- Det er lagt opp signal på IO enhet fra brannsentral til SD, men det går ikke noe alarm til SD ved utløst brannalarm
- Uklart hvordan signal formidles til ulike aggregatene når de starter opp igjen ved utløst brannalarm i nattmodus
- Ved røyk i tilluft stopper aggregatene. Røykdetektorene er kun forriglet lokalt mot hvert enkelt aggregat og ikke til brannsentral

5.5 Skole E, Oslo kommune

5.5.1 Brannkonsept

Bygg 6, 7 og 8: Brannstrategi oppgir at *ventilasjonsanlegget skal gires opp til fullt avtrekk ved alarm og stoppe når det detekteres røyk i tilluften.*

Bygg 10-11-12: Brannkonsept (som bygget) oppgir at *ventilasjonsanlegget gires opp til fullt avtrekk ved utløst alarm og stenges når det detekteres røyk i tilluften.*

5.5.2 Teknisk beskrivelse

Funksjonene til de ulike aggregatene i de ulike byggene ved brann:

- *Bygg 1 – 10: Dagmodus (På) → Fortsetter å gå. Nattmodus (AV) → Fortsetter av*
- *Bygg 11: Dagmodus (På) → Stenger av. Nattmodus (AV) → Fortsetter av*

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- *Ventilasjon i bygg 3 starter ved aktivert brannalarm*
- *Ventilasjonsanlegg i bygg 11 har brannspjeld som lukker på aktivert brannalarm*
- *De øvrige ventilasjonsanleggene er ikke omtalt i funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget*

5.5.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Funksjonstest ble utført den 05.11.2019. Det er totalt 13 aggregater på skolen. To av aggregatene som hører til bygg 11 er ikke oppført på SD-anlegget.

Konklusjon etter gjennomføring av fullskallatesten:

- Bygg 1 – 10 har "trekk ut (light)" strategi i dagmodus (aggregater PÅ) hvor aggregatene fortsetter å gå ved utløst brannalarm. I nattmodus (aggregater AV), forblir aggregatene avslått ved utløst



brannalarm. Det sitter mekaniske spjeld med smeltesikring der hvor kanalføringene går igjennom branncellebegrensende bygningsdeler. Ved røyk i tilluft stopper aggregat. Detektorene er kun forriglet lokalt

- Det går ikke noe alarm på SD-anlegget ved utløst brannalarm
- Bygg 11 har «steng inne»-strategi med brannspjeld og aggregat som skrur seg av ved brannalarm. Brannspjeldene resetter seg automatisk etter utløst brann. Det sitter en brannspjeldsentral i hver etasje

Kartleggingsskjema ble fylt ut den 04.11.2019:

- Samtlige aggregater kan styres fra SD
- Ved test i dagmodus/på så fortsetter aggregatene i bygg i 1-10 å kjøre, mens aggregatet i bygg 11 stopper
- Ved test i nattmodus/av så starter ingen av aggregatene
- Det er brannspjeld i bygg 1 og bygg 11, mens for resterende bygg er det ukjent status
- Bygg 11 er eneste bygg med VAV spjeld
- Ingen av byggene har by-pass vifter
- Bygg 1, 6 og 7 har detektorer i ventilasjonskanalene ved aggregat. Ukjent for resterende bygg
- Ingen av byggene har sprinkleranlegg

Brannkonsept: "trekk ut light" i bygg 1-10, "steng inne" i bygg 11.

5.6 Skole F, Oslo kommune

5.6.1 Brannkonsept

Ulike underlag beskriver følgende funksjoner av ventilasjon ved brann:

- *Ved detektert røyk i tilluft stopper alle ventilasjonsanleggene, med unntak av 36.10, 36.15 og 36.16 som ikke har røykdetektor i tilluftskanal*
- *Ved utløst brannalarm ved dagdrift (kalender PÅ) fortsetter alle ventilasjonsanleggene å gå, med unntak av 360.011 og 360.012 som stopper og lukker alle brannspjeld*
- *Ved utløst brannalarm ved nattdrift (AV) starter ingen av ventilasjonsanleggene, men brannspjeldene tilhørende 360.011 og 360.012 lukker*
- *Nytt tilbygg har egen brannstrategi: gå som normalt ved brann ved unntak av deteksjon i tilluftskanal. Ikke brannisolert*

5.6.2 Teknisk beskrivelse

Det er totalt 17 aggregater på skolen fordelt over 6 bygg, derav tre som ikke er koblet opp mot brannsentral eller SD-anlegg.

Fordelingen av ventilasjonsaggregatene er som følger, og montert på ulike tidspunkter (nummering på anleggene er ulikt i mottatt underlag):

- Bygg A: 4 anlegg, derav to fra 2014 utstyrt med brannspjeld, behovsstyring av luftmengder
- Bygg B: 3 anlegg, to fungerer som CAV-anlegg
- Bygg D: ett fra 1997, fungerer som CAV-anlegg
- Bygg E: ett fra 1997, fungerer som CAV-anlegg
- Teknisk mellombygg og Bygg C: to anlegg, et nyere fra 2004 og ett fra 1997
- Gymbygning: 2 anlegg fra 1989, fungerer som CAV-anlegg
- Nytt tilbygg: 5 anlegg med behovsstyring av luftmengder

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- 1. Generelt: Ventilasjonsanleggene i nytt tilbygg ble installert i 2014. Ventilasjonsanlegg 360.011 og 360.012 ble installert i 2016. Alle ventilasjonsanleggene har røykdetektor i tilluftskanal, foruten 36.10, 36.15 og 36.16. Ventilasjonsanleggene 36.10, 36.15 og 36.16 er heller ikke tilknyttet SD-anlegg:*
 - 360.001 – 360.016 (ikke 360.010,360.015,360.016) er utstyrt med kanaldetektor i tilluft (kun tilkoblet lokalt SD anlegg – tilhørende ventilasjonsanlegg) Ingen forrigling mot brannalarmanlegget
 - 360.011 – 360.012 er styrt ved utløst brannalarm (stanser – «steng inne»-strategi)
 - Brannspjeld: lukker ved utløst brannalarm på 360.011(Bygg A Loft) og 360.012 (Bygg A Loft)
 - Brannspjeldsentral (betjeningspanel må resettes ved utløst alarm) Panelet er montert ved ventilasjonsaggregat (360.012)
 - Ved detektert røyk i tilluft stopper alle ventilasjonsanleggene, utenom 36.10, 36.15 og 36.16 som ikke har røykdetektor i tilluftskanal. Ved utløst brannalarm ved dagdrift (kalender PÅ) fortsetter alle ventilasjonsanleggene å gå, utenom 360.011 og 360.012 som stopper og lukker alle brannspjeld. Ved utløst brannalarm ved nattdrift (AV) starter ingen av ventilasjonsanleggene, men brannspjeldene tilhørende 360.011 og 360.012 lukker
- 2. Nytt tilbygg:*
 - Ved utløst brannalarm fortsetter ventilasjonen i normal drift, men hvis en kanaldetektor tilknyttet ventilasjonen går i alarm stanser dette anlegget. Eks: 01.033 i alarm, stanser 360.001)
 - "Steng inne" prinsipp ved oppdaget røyk i tilluft RY 401
 - Alle ventilasjonsanlegg på nytt tilbygg har RY 401 installert og er tilkoblet brannalarmanlegget
- 3. Brannspjeld:*
 - Iht. til informasjon i FDV-dokument har bygg D og E 2 stk brannspjeld (CR60/CR60-1S/CR2) og tilhørende styringsentral (TRITON KSUE) montert på loft som dekker rømningsvei i byggene. Brannspjeldene stenges ved utløst brannalarm, ved temperatur over 72 °C eller ved strømbrydd (fjær-tilbaketrekk)

5.6.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Anleggsnummering fra funksjonstest og SD-bildet stemmer ikke overens med nummeringen av anleggene fra andre underlag. Funksjonstest ble utført den 02.10.2019. Konklusjon etter gjennomføring av fullskaletesten:

- Ventilasjonsstrategien er variert i de ulike bygningene. Noen av byggene har «trekk ut»-strategi, mens andre har "steng inne". Det bemerkes at det ikke finnes «by pass»-funksjon på aggregater som har «trekk ut»-strategi
- Heis, unntatt i nytt tilbygg, blir ikke trigget av utløst alarm og kan derfor administreres som vanlig.
- Bygningsmassen er variert med tanke på alder og tid for rehabilitering/utskifting. Dette har skapt ulike konsepter og variasjon hva gjelder teknisk standard generelt.
- Tekniske integrasjoner/grensesnitt for brannsikkerheten fungerer stort sett slik de var tiltenkt ved installasjon. Testen avdekket noen avvik

Bygg/fløy A

- Ved utløst brannalarm i byggene på dagtid (PÅ), stanset aggregatene 360.11 og 360.12 og brannspjeld lukket. Aggregat 360.04 og 360.02 fortsatte som normalt og var ikke utstyrt med brannspjeld. (Aggregat 360.05 i SD anlegget ser ut til å være 360.02 og bør merkes om på stedet)



- Ved utløst brannalarm i byggene på nattetid (AV), lukket brannspjeld på aggregat 360.11 og 360.12, selve aggregatet ble stående avslått. 360.04 og 360.02(05) ble stående i avslått modus
- Aggregatene 360.11-12 startet ikke opp automatisk etter at brannalarmen var nullstilt. For å starte aggregatene igjen måtte brannspjeldsentralen nullstilles manuelt
- Det er kun røykdetektor i tilluft som har felles inntak for aggregat 360.11-12. Altså slår begge aggregatene ut ved tilsetning av røyk. Aggregat 360.04 har lokal røykdetektor som slår ut anlegget, men dette er ikke koblet opp mot brannsentral

Bygg/fløy B

- Ved utløst brannalarm i byggene på dagtid (PÅ), fortsatte aggregat 360.08 og 360.09 å gå. Ingen brannspjeld. Ved røyk i tilluft stanser begge aggregatene. For å nullstille brannspjeldsentralen må dette gjøres manuelt fra tablå
- Ved utløst brannalarm i byggene på nattetid (AV), ble aggregat 360.08 og 360.09 stående i avslått modus
- Bygget har i tillegg et aggregat, 360.15 som ikke er koblet opp mot brannsentral eller SD anlegg og styres derfor lokalt. Anlegget er installert i garderobe og har til hensikt å ventilere dusjsonen

Bygg/fløy D og E

- Ved utløst brannalarm i byggene på dagtid (PÅ), fortsatte aggregat 360.06 og 360.03 å gå. Ingen brannspjeld
- Ved utløst brannalarm i byggene på nattetid (AV), ble aggregat 360.06 og 360.03 stående i avslått modus
- Bygget har i tillegg et aggregat, 360.10 som ikke er koblet opp mot brannsentral eller SD-anlegg og styres derfor lokalt. Anlegget er installert i bomberom

Bygg C

- Ved utløst brannalarm i bygget på dagtid (PÅ), fortsatte aggregat 360.07 å gå. Ingen brannspjeld. Ved røyk i tilluft stanser anlegget, men starter ikke automatisk opp igjen og må resettes via bryter på tavlefront
- Ved utløst brannalarm i bygget på nattetid (AV), ble aggregat 360.07 stående i avslått modus
- Bygget har i tillegg et aggregat, 360.16 som ikke er koblet opp mot brannsentral eller SD-anlegg og styres derfor lokalt. Anlegget er installert i kjeller – funksjon er uvisst. I tillegg er det montert eget aggregat som fungerer som sponavsug. Anlegget er umerket

Nytt tilbygg

- Ved utløst brannalarm i byggene på dagtid (PÅ), fortsatte totalt fem aggregater å gå normal driftsmodus uten å gire opp til 100 %
- Ved utløst brannalarm i byggene på nattetid (AV), startet aggregatene 360.01,02,03,04 opp til normal drift. Det bemerkes at anlegget startet opp til normal driftsmodus uten å gire opp til 100 %
- SD- anlegget viser ikke status på aggregat 360.002. Anlegget ble kontrollert visuelt

For øvrig er det også kommentert i rapporten:

- Ved røyk i tilluft stopper aggregatene. Det er varierende hvorvidt røykdetektorene er forriglet lokalt mot hvert enkelt aggregat og til brannsentral eller om de tar med seg flere anlegg grunnet samme inntak

Brannkonsept: Blandet, noen bygg har "trekk ut light" mens andre har "steng inne".

5.7 Skole G, Oslo kommune

Skolen er ikke sprinklet.

5.7.1 Brannkonsept

Ingen dokumentasjon på brannkonsept, men i forbindelse med fullskalatest er følgende informasjon registrert:

- "Trek ut" funksjon, aggregatet starter i 100 % prosjektert luftmengde ved utløst brannsignal
- Uten by-pass ved utløst brannsignal. Frost/sikkerhetsfunksjoner for aggregat samt signal fra røykføler i tilluft ignoreres ved røyk i avtrekk. Viftedrift prioriteres

I brannteknisk notat fra 2014 står det følgende:

- *Røykventilasjon med manuell utløsning i to av trapperommene*
- *Brannalarmanlegget er ikke heldekkende og tilfredsstillende dermed ikke dagens krav*

5.7.2 Teknisk beskrivelse

Det er 12 ventilasjonsaggregat i hovedbygget. Funksjonsbeskrivelse av ventilasjonsanlegg oppgir følgende: *Anlegget betjenes via SD anleggets operatørgrensesnitt Desigo CC, betjeningspanel i tavlefront eller tavlebryter. Anlegget har følgende stater: Nød av- Røyk avtrekk – røyk tilluft- Branntermostat – nattkjøling – Av – På. I programmet er det en hovedbryter som man kan sette til enten Auto, Av, eller På. Denne skal normalt stå i Auto.*

- *NØD AV: Anlegget står som følge av innkoblingsforsinkelse etter strømbrytning (5 sekunder) eller kritiske feil*
- *RØYK AVTREKK: Anlegget skal starte/fortsette å kjøre ved røyk i avtrekk (vifter på full fart). Høyere prioritet enn røyk tilluft. Dersom aggregatet står ved deteksjon skal det starte opp umiddelbart. Anlegg kan ikke stoppe ved røyk tilluft eller andre kritiske feil. Gjenvinner og varmebatteri er avslått. En alarm presenteres i SD anlegget. Alarm må kvitteres og tilbakestilles*
- *RØYK TILLUFT: Anlegget skal stoppes umiddelbart ved deteksjon av røyk i tilluft. Eneste betingelse som overstyrer dette, er røyk avtrekk. En alarm presenteres i SD anlegget. Alarm må kvitteres og tilbakestilles*
- *BRANNTERMOSTAT: Anlegget stopper umiddelbart ved utløst branntermostat på varmebatteriet*
- *NATTKJØLING: Anlegget går utenom normal driftstid for å kjøle ned lokalene med uteluft*
- *AV: Anlegget står som følge av manuell kommando eller tidsstyring*
- *PÅ: Anlegget går*
- *AUTO: Anlegget starter og stopper etter innstilling i tidskatalog*

Brannkonsept: "Trek ut".

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- *Brannvarslingsanlegget gir brannsignal til ventilasjon/SD via IO modul med adresse 04.76. Kabel ifra IO modulen går til teknisk rom loft og til fordeling 434.010 (klemme X3 –47&48)*
- *Ved utløst brannalarm på hvilken som helst detektor med unntak av detektorer på tilluft, så vil dette starte ventilasjon*
- *Ved utløst brannalarm på avtrekk detektorer så vil dette utløse full alarm. Ved utløst brannalarm på tilluft, vil dette sende en stillealarm til brannsentralen og stoppe kun dette aggregatet*
- *Grundigere funksjoner innad i ventilasjonsanlegget etter at brannsignalet er mottatt, vises det til funksjonsbeskrivelse på ventilasjonsanlegg/SD*

Ventilasjonskomponenter:

- Inntaksspjeld
- ARIES-3

5.7.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Fullskala test ble utført 29.02.2021:

- 1) Spenningsatt anlegg:
 - Scenario 1: normal drift → anleggene 360.001 og 360.002 er av, mens alle andre har pådrag mellom 49-100 %. Kun 360.011 har 100 % pådrag
 - Scenario 2: utløst brannalarm, røykdeteksjon i vilkårlig areal → 360.008 og 360.011 går til 100 % pådrag. 360.001 starter, resten går som ved vanlig drift (ikke noe økning av pådrag). Pådrag til el.batteri og gjenvinner stoppet
 - Scenario 3: Røyk i tilluft. Kun testet på et aggregat → Det aktuelle aggregatet stoppet
 - Scenario 4: Manuell brannmelder → 360.008 og 360.011 går til 100 % pådrag. 360.001 går, og resten går også som normalt. Pådrag til el.batteri og gjenvinner stoppet
- 2) Spenningsløst anlegg (strømløs brannsentral):
 - Scenario 5: normal stilling → anleggene 360.001 og 360.002 er av, mens alle andre har pådrag mellom 49-100 %. Kun 360.011 har 100 % pådrag
 - Scenario 6: utløst brannalarm, røykdeteksjon i vilkårlig areal → 360.008 og 360.011 går til 100 % pådrag. 360.001 starter, resten går som ved vanlig drift (ikke noe økning av pådrag). Pådrag til el.batteri og gjenvinner stoppet
 - Scenario 7: Manuell brannmelder → 360.008 og 360.011 går til 100 % pådrag. 360.001 går, og resten går også som normalt. Pådrag til el.batteri og gjenvinner stoppet
 - Scenario 8: Tilbakestilling → anleggene 360.001 og 360.002 er av, mens alle andre har pådrag mellom 49-100 %. Kun 360.011 har 100 % pådrag. Pådrag til el.batteri og gjenvinner går
 - Scenario 9: røyk i avtrekk (ikke nevnt i rapport, men har skjerm bilde) i et anlegg → anlegg starter, går på 40 % tilluft og 53% avtrekk

Konklusjon fra funksjonstesting: ufullstendig og manglende funksjonstest. Basert på mottatt underlag, avvik i brannfunksjon.

5.8 Skole H, Oslo kommune

Skolebyggene er ikke sprinklet.

5.8.1 Brannkonsept

Følgende funksjonsbeskrivelser er oppgitt for ventilasjonssystemene:

- Ved detektert røyk i tilluftskanal stopper det aktuelle ventilasjonsanlegget
- Ved utløst brannalarm ved dagdrift (kalender PÅ) fortsetter alle ventilasjonsanleggene å gå
- Ved utløst brannalarm ved nattdrift (AV) starter ingen av ventilasjonsanleggene
- Ved utløst brannalarm (dag/natt) lukker samtlige brannspjeld

Ved utløst brannalarm er ventilasjonsanleggene i normaldrift, mens ved utløst røykdetektor i tilluftskanal så stopper det aktuelle ventilasjonsanlegget. Brannspjeld stenger automatisk ved en temperatur over 72 grader eller ved strømbrytning (fjær-tilbaketrekk).

Brannspjeldsentralen kan programmeres til å utføre automatisk funksjonstest med faste intervaller.

Manuell test kan også kjøres fra selve sentralen. Sentralen kan knyttes opp mot SD-anlegget og man kan enkelt holde oversikt på driftsstatus og eventuelle feilmeldinger.

5.8.2 Teknisk beskrivelse

Alle ventilasjonsanleggene har røykdetektor i tilluftskanal. Brannspjeld er montert i tilknytning til rømningsveier for sikring mot røykspredning.

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- Hovedbygning: Det er styring mot ventilasjonsanlegget/ SD-anlegget. Ved utløst generell brannalarm skjer ingenting med ventilasjonsaggregatene. Ved utløst detektor fra brannsentral i tilluftskanal stopper tilluft og avtrekk aggregat og spjeldene lukkes
- Gymsal: Det foreligger ingen funksjonsbeskrivelse for ventilasjonsanlegget ved brann. Det er ingen styring mot ventilasjonsanlegget

5.8.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Fullskalatest ble utført i hovedbygget og gymsalen. Tre ventilasjonsanlegg (360.001-003) er tilknyttet hovedbygningen og 360.004 er tilknyttet gymsalen:

- Hovedbygget har en "trekk ut light" strategi i dagmodus (aggregater PÅ), hvor aggregatene fortsetter å gå ved utløst brannalarm
- I nattmodus (aggregater AV), forblir aggregatene avslått ved utløst brannalarm
- Det ligger ingen styringer inne fra brannalarmanlegget til ventilasjon (gymsal eller hovedbygg?).
- Aggregatene i hovedbygget er tilknyttet ventilasjonen
- Ingen bypass-vifte i hovedbygget
- Ikke VAV/DCV-spjeld
- Analoge røykdetektorer i tilluft
- Det er ikke brannspjeld i ventilasjonskanalene i hovedbygget
- Ved røyk i tilluft stopper aggregatene. Detektorene er analoge og kun forriglet lokalt på hvert enkelt aggregat
- Utløst brannalarm varsles ikke på SD-anlegget
- Manglende brannisolering på enkelte gjennomføringer
- Det ble anbefalt å sette inn brannspjeld mot korridor med styring/brannsentral

Brannkonsept: "Trekk ut light".

Rapporten beskriver ikke testen for gymsalen. Generell konklusjon av kartleggingen er at prosjekteringsgrunnlaget stemmer overens med "as built".

5.9 Skole I, Oslo kommune

5.9.1 Brannkonsept

I dokumentet "Brannsikkerhetsstrategi" er følgende informasjon tilgjengelig for hovedbygget: §7-24 pkt. 3:

- *Ventilasjonsaggregatet må plasseres i egen branncelle dersom det ikke sikres på annen måte som, for eksempel, over yttertak med branncellebegrensende konstruksjoner mot resten av bygningen. Aggregatene utføres i ubrennbare materialer [A2-s1,d0]*
- *Filter, lydfeller og små detaljer som tettingstape etc. trenger ikke å være ubrennbare. Avtrekkskanaler fra mindre kjøkken utføres som E115/A2-s1,d0 [A15] i hele sin lengde (til utblåsningsrist) dersom de ikke legges i E115/A2-s1,d0 [A15] sjakt (fra storkjøkken og eventuelt*

frityranslegg i bygningen er tilsvarende klasse EI30/A2-s1,d0 [A30]). Avtrekkskanaler må ha fettfilter og kunne rengjøres i hele sin lengde. Oppheng må ha samme klasse som skillet

- For å redusere risikoen for røykspredning via kanalene skal anlegget gå som normalt under brann, men ved deteksjon av røyk i tilluften skal anlegget stoppes. Det skal være mulig for brannvesenet å overstyre anlegget manuelt vha. tydelig merket bryter ved brannalarmsentralen/hovedangrepsvei. Ventilasjonsanlegget forutsettes å gå ved brann. Se eget punkt i kap.3.7.1

§7-27 Ventilasjonsanleggets funksjon og styring ved brann:

- Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt ved brann. Evt. nattsinking skal overstyres av brannalarmanlegget. For å redusere risikoen for røykspredning via kanalene skal anlegget gå som normalt under brann. Ved deteksjon av røyk i tilluften skal anlegget likevel stoppes
- Detektor plasseres fortrinnsvis umiddelbart nedstrøms aggregatet il tilluftskanal
- Det skal være mulig for brannvesenet å overstyre anlegget manuelt ved hjelp av tydelig merket bryter ved brannalarmsentralen/hovedangrepsvei. Anlegget må utformes slik at det ikke fører til spredning av røyk mellom brannceller i de første 60 minuttene av brannforløpet

I dokument "Aggregatstyring ved brann" er følgende beskrevet:

- Ved deteksjon av røyk i avtrekk går ventilasjonsanlegget i "trekk ut" funksjon uten by-pass
- Gjenvinner stopper ved detektert røyk i avtrekk
- Frost/sikkerhetsfunksjoner for aggregatet samt signal fra røykføler i tilluft ignoreres ved røyk i avtrekk. Viftedrift prioriteres, hvor tilluft og avtrekksvifte forrigles slik at begge vifter sikres parallell drift i brannmodus for å ivareta trykkløst
- Aggregatet starter / går i 100 % prosjektert luftmengde ved utløst brannsignal. VAV systemer må regulere aktivt og balansert også i brannmodus. Sekvensiell oppstart av vifter utgår for å unngå oppstart-trykkforskjeller i bygget
- Brannsentralen gir startsignal via automasjon/SD

Røykføler i tilluft stopper tilluft og avtrekksvifter ved aktivering dersom røykføler i avtrekk ikke er aktivert. Signalutgang fra denne kobles direkte til aggregatets automatikk.

5.9.2 Teknisk beskrivelse

Skolen har 22 ventilasjonsanlegg som betjener følgende områder:

- Bygg A: aggregat 360.001- 002
- Bygg B: 360.003-004
- Bygg D: 360.007-360.008
- Bygg E: 360.006
- Bygg N: 360.009, 360.011-360.020, 360.022
- Flerbrukshall: 360.023-026

I FDV for brannalarmanlegget, er følgende beskrevet:

- Det finnes styringer mot aggregatene og nødstop i brannskapet
- Ved utløst brannalarm så går aggregatene som normalt og "trekk ut"
- Ved utløst lokal kanaldetektor så stopper aggregatene og "steng inne"

I funksjonsbeskrivelse av ventilasjonssystemet er følgende beskrevet:

- Ved utløst røykføler i tilluft skal aggregatet stanse ved bryterstilling AUTO (styrt etter tidsprogram i SD-anlegg som styrer aggregat av/på) eller PÅ (kontinuerlig drift) og driftstatus. Aggregat forblir stengt inntil bruker resetter anlegget



- Ved utløst røykføler i avtrekk eller ved brannsentral skal aggregatet starte ved bryterstilling AUTO eller PÅ og driftstatus. Aggregat går tilbake til forrige tilstand når brannsignal fra sentral blir normal. Dersom røykføler i tilluft utløser før avtrekk skal aggregat stoppe og forbli inntil bruker resetter anlegget

Ventilasjonskomponenter:

- Trox LEO VAV-spjeld
- UG3-A40, optisk røykdetektor for ventilasjonskanaler

5.9.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Aggregatstyring ved utløst brannalarm i flerbrukshallen ble gjennomført 29.04.2021 og Bygg N den 11.05.2021 iht. "trekk ut"- prinsippet. Testen ble avbrutt etter sekvens 3 på bakgrunn av feilkoblinger på røykmeldere i flerbrukshallen.

Oppsummeringen av observasjoner fra flerbrukshallen:

- Aggregatene skal opp i 100 % dimensjonert luftmengde, ikke 100 % pådrag til viftene
- Røyk først i tilluft fører til at aggregatet blir stående til reset
- Kabel mellom brannsentral og undersentral mangler, full brann ble dermed ikke testet
- Visualisering av utløst røykføler (rødt) i SD-bilde av aggregat virket ikke
- Bindinger til VAV-spjeld er ikke ferdig så funksjon med 100 % pådrag til romspjeld ble ikke sjekket (skal være programmert)

Testen var ikke godkjent pga. flere avvik.

For nybygget ble aggregatene 360.015-018, 360.020 og 360.022 testet:

- At gjenvinner stanser ved brann er en tidligere versjon av brannfunksjon som er implementert fullt ut
- Når det gjelder maksimalt trykksettpunkt på aggregater så er dette pr. dato satt til 80 % som fast verdi. Dette må endres etter innregulering av luft
- I rom 010132 var VAV-funksjon ved brann ikke operativ. Full gjennomgang av dette på et senere tidspunkt

Samtlige kontrollpunkter ved testen for Bygg N var vellykket, og testresultatet var derfor godkjent.

Brannkonsept: Blandet, noen bygg har "trekk ut" mens andre har "steng inne".

5.10 Skole J, Oslo kommune

5.10.1 Brannkonsept

Hovedbygget er ikke sprinklet. Det er lokale detektorer som stanser aggregatet ved røykdeteksjon. Det foreligger ingen brannkonsept for hovedbygget.

5.10.2 Teknisk beskrivelse

Hovedbygget består av 4 etasjer og har 7 ventilasjonsaggregat som betjener følgende områder:

- 360.000 Bygg A og C, plassert teknisk rom
- 360.001 Bygg B og C, teknisk rom bygg C 2. etasje
- 360.002 Bygg D, teknisk rom bygg D
- 360.003 Bygg F, teknisk rom bygg F
- 360.004 Bygg G, teknisk rom bygg G

- 360.005 Gymsal bygg H, teknisk rom bygg H
- 360.006 Gymsal Bygg I, teknisk rom bygg I

Aggregatene kan styres fra SD-anlegget.

Nytt tilbygg består av 3 etasjer og har 9 ventilasjonsaggregat med VAV-spjeld, der hver etasje blir betjent av tre aggregat hver. Aggregatene kan styres fra SD-anlegget.

Bygget er sprinklet, og det er lokal deteksjon som fører til at anlegget går til 20 % avtrekk.

Følgende funksjonsbeskrivelser er oppgitt for ventilasjonsaggregatet 360.008 i nytt tilbygg:

- *Røykdetektor og sentral brannalarm: Stopper tilluftsviften og inntaksspjeldet lukkes. Avtrekksviften går opp til innstilt turtall*

Det antas at denne beskrivelsen er gjeldende for alle ventilasjonsaggregat i nytt tilbygg.

Ifølge funksjonsbeskrivelsen av brannalarmanlegget er følgende informasjon tilgjengelig for kobling mot ventilasjonsanlegg:

- *Hovedbygget: Ingen forrigling/styring til ventilasjonsanleggene ved utløst brannalarm*
- *Nytt tilbygg: Ved utløst brannalarm stanser ventilasjonen «steng inne strategi». Automatisk reset av ventilasjon ved tilbakestilling av brannarmen*

5.10.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

For hovedbygget:

- Aggregat 360.001, 004 og 005 står, resten fortsetter å gå på tidsur. Utløst manuell alarm gir ingen endringer for ventilasjonsaggregater, heller ingen alarm til SD-anlegget
- Utløst ved nattdrift, ingen av ventilasjonsaggregatene starter
- Utløst røykdetektor for aggregat 360.000, aggregat stopper

Flere andre observasjoner ble også gjort på hovedbygget. Disse inkluderer blant annet:

- Feil på automatikk; i bygg A åpnet spjeldene ved stans av aggregatet mens i bygg H lot spjeldene seg ikke styre/stanse
- KAC-boks ved inngang E/F var defekt
- Alarm utløst ved hånd-melder ble ikke overført til nytt tilbygg (bygg C og D)
- For bygg F var det gjort flere observasjoner; keramikkavtrekk og kjøkkenvifter var ikke koblet til automatikk, keramikkvifte var ikke EX/temperaturbestandig og ikke forriglet over ovnen. Spjeld for keramikkavtrekk var ikke i funksjon. Sponavsug og maskiner i sløyd var ikke koblet mot brannalarm (lydkutt/støykutt), og spjeld for overstrømning til sponavsug var ikke aktivt. Pumpe til ventilasjon/varmebatteri var feilkoblet
- I bygg G var ikke pumpekum i kulvert m/vifte ferdigkoblet til automatikk, og 7 nye avfuktere var ikke idriftsatt til automatikk/SD-anlegget

For nytt tilbygg:

- Ved utløst brannalarm, stenges tilluft og pådrag avtrekk girer ned til 20 % for alle ventilasjonsaggregat både ved dag- og nattdmodus
- Utløst på lokal detektor på aggregat gjør at anlegget går til 20 % avtrekk. Detektorer på aggregatene er ikke tilkoblet brannsløyfe
- I brannmodus sitter rømningsdører i skallet «fast» på grunn av undertrykk i bygget



- Brannbryter i bygget gir ingen indikasjon på stilling. Ved test viser det seg at funksjon er AV – Auto – På. I AV kobles alle brannfunksjoner ut

Brannkonsept: Blandet, ett bygg har "trekk ut light" mens et annet har "steng inne".

Konklusjon fra funksjonstesting: SINTEF vurderer funksjonstest til å ikke være godkjent pga. mange avvik.

5.11 Skole K, Bergen kommune

5.11.1 Brannkonsept

Følgende utsnitt fra brannkonseptet viser prosjektert løsning iht. VTEK § 11-10 (pkt. Ventilasjonsanlegg og pkt. Ventilasjonskanaler i branncelleskiller) og § 11-8 (pkt. Sjakter):

5.10 § 11-10 Tekniske installasjoner

		Ytelseskrav	Kommentarer og referanser	Ansv.
1	Ventilasjonsanlegg	<p>Ventilasjonsanlegg må utføres i materialer som tilfredsstillende klasse A2-s1,d0 [ubrennbare materialer]. For kanaler gjelder dette hele tverrsnittet. Unntak kan gjøres for små komponenter som ikke bidrar til spredning av brann.</p> <p>Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt i tilfellet brann, men balanserte anlegg skal stoppe ved deteksjon av brann i tilluften.</p> <p>Ventilasjonsanlegg må utføres slik at de ikke bidrar til brann- og røykspredning i kanalnettet eller på grunn av utettheter mellom kanal og den bygningsdelen som kanalen går gjennom, eller brannspredning på grunn av varmeledning i kanalgodset.</p>	<p>Ventilasjonsrom som server mer enn en branncelle må utføres som egen branncelle EI60.</p>	

		Ytelseskrav	Kommentarer og referanser	Ansv.
2	Ventilasjonskanaler i branncelleskiller	<p>Avtrekksskanaler fra te-kjøkken o.l. må utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 hvis de ikke ligger i sjakt. Eventuelle storkjøkken har krav til brannmotstand EI 30 A2-s1,d0 helt til utblåsingsrist, eventuelt føres i brannklassifisert sjakt. I tilslutning mellom komfyrhette og avtrekksskanal kan det benyttes fleksible kanaler. Kjøkkenavtrekk må ha fettfilter, og avtrekksskanalene må kunne rengjøres i hele sin lengde for å redusere faren for antennelse og brann.</p> <p>Ventilasjonsanlegg må utføres slik at de ikke bidrar til brann- og røykspredning i kanalnettet eller på grunn av utettheter mellom kanal og den bygningsdelen som kanalen går gjennom, eller brannspredning på grunn av varmeledning i kanalgodset.</p>	<p>Se punkt 5.8.8 Sjakter mht brannisolering av ventilasjonskanaler.</p>	
8	Sjakter	<p>Sjakter skal generelt tettes i dekket med tilsvarende brannmotstand som dekket den går igjennom, EI60 [B60], samt EI30 [B30] sjaktvegger og brannisolering inn og ut av sjakten. Der hvor alle arealer sprinklerbeskyttes, gjelder også hulrom/sjakt som er av slik art at en i følge sprinklerstandard kan oppføre de uten sprinkling, så er det ikke behov for brannklasse på sjaktvegger eller brannisolering av ventilasjonskanaler i hele dens lengde ved branntetting i dekket.</p> <p>Eventuelle åpne installasjonssjakter oppføres med sjaktevegger EI60 [B60], samt inspeksjonsluke minimum i topp og bunn av sjakten med brannklasse EI60-S_a [B60]. Alternativt til S_a-klasse kan installasjonssjakt røykventileres.</p>	<p>Løsninger med branntetting i dekket fraviker fra preakseptert løsning, men utføres i tråd med anerkjent regelverk - Installationsbrandsydd (ventilasjon – rør – el). Brandsyddslaget, 2008. Løsningen er vurdert å være i tråd med TEK og dokumenteres ikke ytterligere.</p>	

SINTEF oppfatter brannkonseptet slik at:

- Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt ved brannalarm
- Hva som er "normalt" er ikke beskrevet. Hva skjer i nattmodus? Det antas at anlegget går som normalt, uten å gires opp til maksimale luftmengder ("trekk ut light")

- Anlegget skal stoppe ved deteksjon av røyk i tilluftskanal
- Kanaler brannisoleres iht. veileder fra Brandskyddslaget. Kanaler brannisoleres kun inn og ut av sjakt? Beskrivelsen er vanskelig å forstå, og gir dårlig grunnlag for detaljprosjektering
- Bygget er fullsprinklet med unntak av hovedtavlerom

5.11.2 Teknisk beskrivelse

Funksjonsbeskrivelse VVS oppgir følgende informasjon:

- Bygget har 6 aggregat (behovsstyrt, DCV) som betjener følgende områder:
 - 360.001 Plan U1, unntatt gymsal og garderober
 - 360.002 Plan 1, unntatt gymsal, kantine og kjøkken
 - 360.003 Plan 2 akse 5-13
 - 360.004 Gymsal og garderober
 - 360.005 Kjøkken og kantine
 - 360.006 Plan 2 akse 1-5
- SFO-kjøkken, kjøkken personalrom, øvrige kjøkkenhetter, forskerrom og rom med keramikkovn har i tillegg separate avtrekk med avkast i vegg/over tak. I sløyd og maskinrom er det i tillegg et eget sponavsug
- Ventilasjonsaggregatene skal levere luftmengder innenfor prosjekterte grenseverdier
Luftmengder reguleres etter temperatur og CO₂-nivå i rommene. Ved oppstart skal VAV-spjeld åpne før aggregatet starter
- Spjeldoptimalisert system: luftmengdene reguleres iht. spjeldposisjonene, minimum et VAV-spjeld er i maksimal åpen posisjon. Styringsenhet som regulerer viftepådrag

Aggregatene har følgende driftsstatus:

- AV: aggregatene står
- PÅ: Går kontinuerlig
- AUTO: Starter/stopper iht. tidsstyring
- TVANGSSTYRING 1: Røykalarm i tilluft, aggregat stopper

Sirkulasjonspumpe for kombibatteri følger driftstid til aggregat. Går konstant ved utetemperatur under 10 °C og over 16 °C.

5.11.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Det ble utført en fullskalatest ved skolen 21.06.2018 hvor man løste ut brannalarmen og så hva som skjedde med alle funksjoner i bygget, deriblant ventilasjonsanlegget. Resultatet var som følger:

- Samtlige 6 ventilasjonsaggregat startet ved signal om brannalarm
- Anlegget stopper ved deteksjon av røyk i tilluftskanal, og det gikk alarm til SD-anlegget
- Ikke bypass-vifte
- Anlegget går ved dag- og nattmodus, VAV/DCV-spjeld på minimum
- Detektorer rett etter aggregat i kanalnett og detektor i tilluft
- Anlegget er fritt programmerbart fra SD-anlegg utenom for aggregat 360.006 (Plan 2, Syd/øst)

Brannkonsept: "Trekk ut light".

Bergen kommune har ikke utført fullskala funksjonstest av skolen ifm. BRAVENT.

5.12 Skole L, Bergen kommune

5.12.1 Brannkonsept

Følgende utsnitt fra brannkonseptet viser prosjektert løsning iht. VTEK § 11-10:

§ 11-10 Tekniske installasjoner

Kravspesifikasjon med løsning	Ansvar	Kommentar
Ventilasjon		
Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt ved brann. Dersom det detekteres røyk i tilluftkanal, skal anlegget stoppe. Skulle anlegget stå eller gå ved redusert kapasitet, økes denne automatisk til full effekt.	RIV RIE	Dette fordrer at det installeres røykvakt i tilluftkanal etter aggregat/vifte, samt at anlegget forrigles med brannalarmanlegget.
Ventilasjonskanaler skal utføres i klasse A2-s1,d0 [ubrennbar/ begrenset brennbar]. Kanaler og ventilasjonsutstyr skal være festet slik at de ikke faller ned og bidrar til økt fare for brannspredning. Festeordningen må være tilfredsstillende sikret mot korrosjon.	RIV	
Tekniske gjennomføringer i konstruksjoner med brannmotstand skal sikres med branntetting med godkjente produkter i henhold til produktets monteringsanvisninger.	Alle fag	Samme brannmotstand på branntetting som for konstruksjon for øvrig. For detaljer vedrørende gjennomføringer i branncellebegrensende konstruksjon kan byggforsklad 520.342 [18] konfereres
Kjøkkenavtrekk må ha fettfilter og avtrekkskanalene må kunne rengjøres i hele sin lengde. Avtrekkskanalene skal utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A15], med mindre de legges i egen sjakt. I tilslutning mellom komfyrhette og avtrekkskanal skal det benyttes fleksible kanaler.	RIV ARK	
Avtrekkskanaler fra evt. storkjøkken, frityanlegg, mm må utføres med brannmotstand EI 30 A2-s1,d0 [A30] helt til utblåsningsrist, eventuelt føres i egen sjakt med samme brannmotstand.	RIV ARK	
Rør- og kanalisolasjon		
Rør og kanalisolasjon skal generelt utføres i ubrennbare materialer (A2L-s1,d0). Det kan utelates isolasjon av kanaler ved gjennomføringer i branncellebegrensende konstruksjoner da bygget fullsprinkles. Dette forutsettes at tekniske hulrom sprinkles. Kondensisolasjon for kaldtvannsledninger kan utføres i minimum klasse B _L -s1,d0. Dette gjelder også for kanaler der det er risiko for kondens. All annen kanalisolasjon skal være ubrennbar.	RIV ARK	Dette er fravik fra preakseptert løsning, og dokumenteres særskilt i kap.3.

SINTEF oppfatter brannkonseptet slik at:

- Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt og økes til full effekt ved brannalarm. Dette gjelder også om aggregatet er slått av
- Anlegget skal stoppe ved deteksjon av røyk i tilluftskanal
- Brannisolering av kanaler er utelatt, men dokumentert som et fravik fra VTEK
- Bygget er fullsprinklet med unntak av hovedtavlerom som har gasslokkeanlegg

5.12.2 Teknisk beskrivelse

FDV for luftbehandling oppgir følgende informasjon:

- Bygget har 6 aggregat som betjener følgende områder:
 - 360.001 Bygg A, sør
 - 360.002 Bygg A, nord
 - 360.003 Gymsal og utleiedel, bygg B
 - 360.004 Nordside, bygg B
 - 360.005 Sørside, bygg B
 - 360.006 Skolekjøkken, bygg B
- Skolekjøkken, øvrige kjøkkenheter, forskerrom og formingsrom har i tillegg separate avtrekk med avkast i vegg/over tak. På formingsrom er det i tillegg et eget sponavsug som går på omluft
- Luftmengdene i undervisningsrom og på kontorer er behovsstyrt og avhenger av temperatur- og CO₂-følere i rommet, på øvrige rom er luftmengdene konstante. Settpunkter (ønskede verdier) for luftmengder, temperatur og CO₂-nivå er satt i SD-anlegget
- Ventilasjonsaggregatene har vannbårent varmebatteri og rom/sone-inndelt VAV-styring på anleggene. Alle store aggregat, det vil si alle utenom aggregat for skolekjøkken, har optimeringsfunksjon for å redusere arbeidstrykket til viften ved reduserte luftmengder

5.12.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Fullskalatest ble utført i 2017 da bygget var nytt:

- Forventet respons er at aggregatet skal starte/øke til full kapasitet, VAV skal åpnes til prosjekterte luftmengder. Tilluftsvifte skal stanse ved røyk i tilluft
- Resultatet er markert med status "delvis", og at "*Funksjonstest gjennomført på ett aggregat. Testen tas opp igjen som systemtest ved prøvedrift. Funksjon kontrolleres opp mot krav*"

Bergen kommune har utført kartlegging og fullskala funksjonstest av skolen ifm. BRAVENT den 9., 12. og 22. november 2021, med følgende resultat:

- Ja, aggregatet er fritt programmerbart. Anlegget har kompakt aggregat med intern automatikk. Aggregat 360.006 skolekjøkken har i tillegg en ekstern bryter som slår anlegget av/på
- Anlegget starter og går med maksimale luftmengder ved utløsning av brannalarm både i dag- og natt-modus, bortsett fra aggregat 360.006 (kjøkken) som reguleres til minimum. Signal gis via I/O. Det er sekvensiell oppstart
- Anlegget har ikke bypass
- Anlegget har ingen brannspjeld
- VAV-spjeld har optimer. Det er et trykkstyrt anlegg, VAV-spjeld styres til maksimal innregulering ved utløst brannalarm, bortsett fra aggregat 360.006 (kjøkken) som reguleres til minimum. VAV-spjeld er styrt etter CO₂-nivå i rommet (romregulator)
- Det er røykdetektor rett etter aggregat i kanalnettet (behandlet tilluft), samt røykdetektor i tilluft. Deteksjon av røyk i tilluft fører til at anlegget stopper
- Etter testslutt måtte aggregatene fysisk startes opp igjen på teknisk rom, de kunne ikke startes via SD-anlegget
- Røykdeteksjon i tilluft gav ingen signal til SD-anlegget eller brannalarmanlegget
- Bygningen har sprinkleranlegg

Brannkonsept: "Trekk ut".

Konklusjon fra funksjonstesting: Anlegget fungerte som prosjektert, med unntak av at etter testslutt måtte aggregatene fysisk startes opp igjen på teknisk rom, og røykdeteksjon i tilluft gav ingen signal til SD-anlegget eller brannalarmanlegget.

5.13 Skole M, Bergen kommune

5.13.1 Brannkonsept

Følgende utsnitt fra brannkonseptet viser prosjektert løsning iht. VTEK § 11-10:

§ 11-10 Tekniske installasjoner

Kravspesifikasjon med løsning	Ansvar	Kommentar
Ventilasjon		
<i>Alle bygg</i>		
Detaljprosjektering av brannkrav til ventilasjonsanlegg skal utføres etter en av følgende strategier: I: Steng inne strategi II: Trekk ut strategi III: Blanding av steng inne/trekk ut.	RIV	Det henvises til Byggforsk detaljblad 520.352 Brannsikring og røyksikring av balanserte ventilasjonsanlegg [10].
Trekk-ut: Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt ved en brann for å hindre brannspredning via ventilasjonskanalene (må startes opp ved evt. nattsenkning). Beskyttelse mot branngasspredning skjer gjennom trykkavlastning av kanalsystemet.	RIV	Ventilasjonsanlegget og/eller kanaler skal oppdeles hensiktsmessig i de ulike bygningsdeler. <i>Nybygg i BKL3</i> Åpen allmenning mellom 4. og 8. etg. som skal utføres uavhengig av andre arealer. Biblioteket (selve bokrommet utført som egen branncelle) ventileres til/fra mellombygget. Arealet utenfor tilknyttet allmenning ventileres som del av denne.
Kanaler kan utelates brannisolasjon.		Kjøkkenavtrekk/kjøkkenvifte er angitt på forrige sider! <i>Løsning fraviker preakseptert løsning og dokumenteres særskilt i Analysevedlegg 2 (fravik 3).</i>

SINTEF oppfatter brannkonseptet slik at:

- Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt ved brannalarm. Dette gjelder også om aggregatet er slått av. Hva som er "normalt" oppgis ikke, er det maksimale luftmengder? Hva som er hensiktsmessig oppdeling i ulike bygningsdeler oppgis heller ikke
- Eventuell stopp ved deteksjon av røyk i tilluftskanal er ikke omtalt
- Brannisolering av kanaler er utelatt, og dokumentert som et fravik fra VTEK
- Bygget skal fullsprinkles

5.13.2 Teknisk beskrivelse

Systembeskrivelse FDV oppgir følgende informasjon for luftbehandling:

- Bygget har 5 aggregat:
 - Aggregat 360.001 og 360.002 betjener Ungdomstrinn
 - Aggregat 360.003 betjener skolekjøkken
 - Aggregat 360.004 og 360.005 betjener Mellomtrinn og Barnetrinn
- Anleggene gir behandlet friskluft, trekker ut brukt luft og gjenvinner, vha roterende varmegjenvinner, energien fra avtrekksluften
- Ventileringen av arealene benytter omrøringsprinsippet og går på dagtid når skolen er i bruk. Om natten er normalt anlegget slått av, utenom når det er behov for nattkjøling



- Ventilasjonsaggregatet er et kompaktaggregat av type fra Covent med ekstern automatikk. I tillegg til dette har skolens 4 hovedanlegg, plassert i plan 1 Mellomtrinn og plan 5 Ungdomstrinn adiabatisk kjøling
- Arealet har mengderegulert luftmengder med egne VAV-spjeld som styres etter tilstedeværelse og regulerer etter temperatur og CO₂ i de fleste arealer. Rom med konstante avtrekk, slik som toaletter, er utstyrt med VAV spjeld som settes til å holde konstant luftmengde
- Det er ett eget aggregat med integrert automatikk for skolekjøkken med plateveksler, som betjener skolekjøkken, kantinekjøkken og oppvask
- Arealene har også separate avtrekksystemer (heisavtrekk, sponavtrekk, avtrekk lakk, avtrekkskap og integrerte småkjøkkenvifter)

Funksjonsbeskrivelse 360 Ventilasjonsanlegg angir ingen beskrivelse av funksjon under brann.

5.13.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Bergen kommune har utført kartlegging og fullskala funksjonstest av skolen i samarbeid med entreprenør ifm. ferdigstilling av bygget i 2021, med følgende resultat:

- Ja, aggregatet er fritt programmerbart fra SD-anlegget, bortsett fra skolekjøkken som har innebygget automatikk
- Anlegget går som normalt ved utløsning av brannalarm i dag-modus. I natt-modus går anlegget opp til normal funksjon
- Anlegget har ikke bypass
- Anlegget har ingen brannspjeld
- Det er VAV-spjeld, reguleres til minimum
- Det er røykdetektor rett etter aggregat i kanalnettet (behandlet tilluft), samt røykdetektor i tilluft. Deteksjon av røyk i tilluft fører til at anlegget stopper, men det kommer ikke opp varsel om "Brannalarm" og "Røyk i tilluft" i SD-bildet
- Bygningen har sprinkleranlegg

Brannkonsept: "Trekk ut light".

Konklusjon fra funksjonstest: Anlegget fungerte som prosjektert, med unntak av at SD-anlegget ikke varsler om detektert røyk i tilluft. Det er blitt installert røykdeteksjon i tilluft til tross for at dette ikke er nevnt i brannkonsept eller systembeskrivelse.

5.14 Skole N, Trondheim kommune

5.14.1 Brannkonsept

Den branntekniske prosjekteringen er utført i henhold til TEK10.

Følgende utsnitt fra brannkonseptet viser prosjektert løsning iht. VTEK10 §11-10:

Ventilasjonsanlegg		RIV
<p><i>Generelle krav</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> › Ventilasjonsaggregat som betjener andre brannceller enn den det står i må plasseres i eget rom utført som branncelle. › Ventilasjonsanlegget må utføres i materialer som tilfredsstillers A2-s1,d0 [ubrennbare materialer]. Unntak kan gjøres for små komponenter som ikke bidrar til spredning av brann. › Gjennomføring i brannskiller må sikres mot brann/røykspredning. › Kanaler og ventilasjonsutstyr må være festet slik at de ikke faller ned og bidrar til økt fare for brann- og røykspredning. › Etterfølgende beskrivelse av løsninger er basert på informasjon om planlagt utførelse. Dette vil, sammen med installert sprinkler, gi løsninger som vil tilfredsstillere de krav som er gitt i TEK/VTEK. Eventuelle løsninger, utover det som klart fremkommer av etterfølgende, anbefales avklart med RIBr. 	<p>RIV</p>
<p><i>Ventilasjonsystem</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> › Det er planlagt å etablere 9 system (soner), dvs. 9 aggregat som dekker hver sine områder. Aggregatene er fordelt i 3 tekniske rom. › For å redusere risiko for røykspredning via kanalnettet styres aggregatene med bypass-ventilasjon. Følgende premisser er forutsatt: <ul style="list-style-type: none"> - Bypass-vifte som fungerer ved temperatur opp til 300°C i 60 min. - Ved røykdeteksjon i skolen skal ventilasjon gå til full kapasitet (starte hvis dette står). - Bypass-vifte må starte ved røykdeteksjon i bygget, og ved deteksjon i avtrekk fra kjøkken. - Deteksjon av røyk i tilluftskanal (etter aggregat) stopper tilluft. - Avkastkanal forutsettes ført over tak, eller utført slik at risiko for brannspredning til brennbar fasade/kledning er liten. Det anses ikke påkrevd med nødstrøm for drift av aggregatene. › Med hensyn til risiko for brannspredning som følge av varmeledning i kanalgodset er det vurdert mulig å utelate kanalisolasjon i de fleste brannskiller. Dette med unntak der kanaler går gjennom hoved-brannskiller (skiller mellom definerte soner), hvor eventuelle kanaler må brannisoleres for å redusere risiko for brannspredning som følge av varmeledning i kanalgodset. Dette er markert på etterfølgende figurer. Løsningen er basert på strategi knyttet til branncelleinndeling i bygget. 	<p>RIV</p>

SINTEF oppfatter brannkonseptet slik at:

- Ved røykdeteksjon i bygget skal ventilasjonsaggregatene gires opp slik at ventilasjonsanlegget går for full kapasitet. Dette gjelder også om anlegget er slått av
- Ved deteksjon av røyk i tilluftskanal (etter aggregat) skal tilluften stoppes
- Brannisolering av kanaler er utelatt, med unntak av hvor kanaler går gjennom hovedbrannskiller (skiller mellom definerte soner)

5.14.2 Teknisk beskrivelse

Under funksjonstesting utført 17.11.2021 ble det opplyst om at eksternt firma gjennomfører årlig kontroll av ventilasjonsanlegget. Det er ingen egenkontroll fra Trondheim kommune når det gjelder styring av ventilasjon.

Generell beskrivelse fra RIV oppgir følgende informasjon:

- Bygget er utført med soneinndeling A, B og C for hver etasje, dvs. 9 soner med ett aggregat for hver sone
- Bygget har 9 aggregat fordelt på tre ventilasjonsrom, som betjener følgende områder:
 - 360.01 Idrettshall, ventilasjonsrom 2037
 - 360.02 Garderober idrettshall, ventilasjonsrom 2037
 - 360.03 Utleiedel plan 1/2, inkl. kantinekjøkken og M&H-kjøkken, ventilasjonsrom 2037
 - 360.04: Klasserom plan 2/3, ventilasjonsrom 3035
 - 360.05: Klasserom plan 1/2, ventilasjonsrom 3035
 - 360.06: Klasserom plan 1/2, ventilasjonsrom 3035
 - 360.07: Administrasjonsdel plan 1/2, ventilasjonsrom 2037
 - 360.08: Klasserom plan 3, ventilasjonsrom 2037
 - 360.09: Aula, musikk, kunst og håndverk, ventilasjonsrom 2004
- I tillegg til de overnevnte systemene skal det tas med separate avsugssystemer for følgende rom:
 - 1010 Heis
 - 1036 tørk
 - 2015 keramikk
 - 2018 Lakk
 - 2021 Naturfag
 - 2022 Forbered
 - 2078 Tørk 3-4
 - Felles sponavsug: 2011 grovverksted, 2012 maskiner, 2013 tre
- Større rom og arealer, som idrettshall, aula/kantine og klasserom, har VAV-løsning med spjeldvinkelstyring
- Idrettshallen behovsstyres ved å stenge av hele fordelingskanaler
- Ventileringen av arealene benytter omrøringsprinsippet, med unntak av aula/kantine/sceneområde hvor det forutsettes fortrengningsventilasjon med diffus innblåsing fra vegg
- Luft i primærealer skal tilføres med utstrakt bruk av overstrømning fra korridor/fellesareal med sentralt avtrekk
- SFO er en del av fellesarealet, men har separat tilluft
- Avkast via luker i tak i perioder uten behov for varmegjenvinning fra avtrekksluft
- Aggregatene skal utstyres med bypass forbi filter og gjenvinner. Bypassvifte skal fungere ved temperatur opp mot 300 °C i 60 minutter

Brannkonsept: "Trekk ut".

Funksjonsbeskrivelse for sentrale funksjoner oppgir følgende informasjon:

- Sentralisert funksjon for VAV:
 - Brannfunksjon: Systemet innhenter I/O-signal fra brannsentral via undersentral. Signalet er potensialfritt og er høyt/aktivt så lenge brannsentralen er i normal drift (normalt lukket kontakt i brannsentralen). Lavt signal indikerer brann. Ved brann vil den sentrale funksjonen styre alle spjeld tilknyttet aktuell sone til maksimal luftmengde. Denne styringen vil ikke kunne overstyres av andre funksjoner. Når signalet fra brannsentralen er tilbake til normal status vil spjeldene automatisk settes tilbake til sitt opprinnelige settpunkt

5.14.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Det ble utført en funksjonstest ved skolen i regi av BRAVENT-prosjektet 17.11.2021. Anlegget ble testet i to ulike modus; nattmodus og dagmodus. I tillegg ble detektor i en tilluftskanal utløst for å kontrollere om det tilhørende aggregatet stoppet. Ved ankomst stod anlegget i nattmodus, og det ble derfor valgt å teste i denne modusen først. På grunn av kveldsaktiviteter i garderobes og idrettshall var ventilasjonsaggregatene i disse sonene på (360.01 og 360.02). Ventilasjonsanlegget ble med urbryter satt til å stoppe helt kl. 18, men det fortsatte å gå. Driftstekniker overstyrte tidsuret for å stanse anlegget.

Følgende observasjoner ble gjort under funksjonstesting:

- Nattmodus:
 - Manuell melder 2049 ble trigget. SD-anlegget gikk fra "Brannalarm Normal" til "Brannalarm utløst". Hører at anlegget begynner å gå. På SD-anlegget har bypass BB02 skiftet fra lukket til at den går. BA01 (tilluft) starter å gå
 - Nattmodus gir treg regulering av VAV-spjeldene; I rom hvor det ikke er folk er VAV-spjeldene gått i full åpen stilling, men i rommet hvor vi sitter (møterom 1074) er VAV-spjeldet på kun 40 % åpning etter en halvtime
- Dagmodus:
 - Luftmengden for alle aggregatene i dagmodus ble registrert og notert før brannalarmen ble utløst
 - Luftmengden ble kontrollert igjen etter brannalarm og SD-anlegget viste at alle aggregatene med unntak av 360.01 (idrettshallen) økte til full luftmengde
 - Luftmengde i idrettshallen halveres ved utløst brannalarm, ukjent hvorfor. E-postkorrespondanse med leverandør i etterkant av funksjonstesting tyder på at det ble prosjektert en spesialløsning for idrettshallen, hvor 6 VAV-spjeld i tilluft åpner trinnvis for å trykke luft ned i rommet. Det ble ikke funnet noe notat som beskriver løsningen
- Utløsning av røykdetektor i tilluft:
 - Trigger røykdetektor i tilluft til 360.07 for å sjekke at aggregatet stopper (gjøres ved å kortslutte eller lukke detektor). Alarm vises som rødt klokkesignal på Ry10 på SD-anlegget. Trigget på to ulike måter og alarmen går, men viftene stopper ikke. Skruer av brannalarmen og prøver igjen
 - Detektor trigges, vifta kutter umiddelbart. Brannalarm utløses ikke

Andre funn under funksjonstesting:

- Spjeldvinkelstyring gir trege spjeld og burde vært overstyrt ved brann, dette er ikke beskrevet i brannkonseptet. Løsningen kan gi problemer med undertrykk fordi bypassvifta starter momentant, mens tilluftsvifta bruker tid på å komme i gang (dette så vi også på SD-anlegget). 3-4 minutter forskjell. Konsekvensen av undertrykk kan være at det blir vanskeligere å åpne dørene
- Nattmodus: Informasjonstavle viser at røykluke i sone 2 er åpen, men ikke i Sone 1. Røykluker skal ifølge brannkonseptet utløses manuelt (åpnes av brannvesenet)



- Det ble også gjennomført en test for å undersøke hva som skjedde dersom anlegget stod i "AV" i stedet for "Auto". Aggregatet ble skrudd av og brannalarm trigget via bryter på tavlefront. SD-anlegget viste "Brannalarm utløst" og anlegget startet

5.15 Skole O, Trondheim kommune

5.15.1 Brannkonsept

Følgende utsnitt fra brannkonseptet viser prosjektering løsning iht. VTEK17 §11-10:

3.9 §11-10 Tekniske installasjoner

Branntekniske ytelseskrav – Tekniske installasjoner	Ansvar
Ventilasjonsanlegg	
<p>Ventilasjonsanlegg må utføres slik at de ikke bidrar til brann- og røykspredning mellom brannceller:</p> <ul style="list-style-type: none"> - på grunn av varmeledning i kanalnettet - via utette gjennomføringer - via kanalnettet <p>Ventilasjonsanlegg må utføres i materialer som tilfredsstiller klasse A2-s1,d0 [ubrennbare materialer]. For kanaler gjelder dette hele tverrsnittet. Unntak kan gjøres for små komponenter som ikke bidrar til spredning av brann. Innfesting og oppheng for kanaler og ventilasjonsutstyr må utføres slik at forutsatt funksjonstid og brannmotstand blir opprettholdt.</p>	RIV
<p><u>Tiltak for å hindre varmeledning i kanalnettet:</u></p> <p>Det forutsettes ikke brannisolering av ventilasjonskanaler i arealer sprinklet iht. NS-EN 12845. Dette er et fravik fra VTEK. For dokumentasjon, se kapittel 4. Vedrørende brannisolering av avtrekk fra kjøkken, se eget punkt.</p> <p>El-tavler planlegges uten sprinklerbeskyttelse og utføres som egne brannceller. Evt. kanaler skal brannisoleres, alt. ha motorisert brannspjeld EI60 forriglet mot brannalarm.</p>	RIV
<p><u>Tiltak for å hindre brann- og røykspredning inne i kanalnettet:</u></p> <p>Deteksjon luftinntak</p> <p>Det skal etableres deteksjon av røyk i ventilasjonsanleggets tilluftskanal. Deteksjon plasseres etter aggregat for å kunne fange opp evt. røykutvikling i selve aggregatet. Ved deteksjon skal ventilasjonsaggregat stanse.</p> <p>Overstrømning</p> <p>Overstrømning mellom brannceller skal unngås. Eventuell overstrømningsventilasjon mellom brannceller/røyksoner må ha motorisert brannspjeld forriglet mot brannalarm. Slike tilfeller må</p>	RIV

Brann tekniske ytelseskrav – Tekniske installasjoner	Ansvar
<p>evt. vurderes særskilt for å unngå uheldige trykkforhold. Det aksepteres termisk brannspjeld EI60 i følgende arealer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mellom avfallsrom og rømningskorridor i kjeller: Det etableres avtrekk på avfallsrommet med overstrømning 160 mm mot korridor. Dette gir undertrykk i avfallsrommet. Termisk brannspjeld i overstrømningen vil hindre spredning av varme røygasser og brann. Kjeller inneholder kun lager og tekniske rom, dvs areal med sporadisk personopphold. For slike arealer er det preakseptert løsning med rømning via annen branncelle. Kjeller er utført med rømningskorridor, som gir bedre sikkerhet enn minimumskravet. Med bakgrunn i dette anses ikke risiko for kaldrøyk i rømningskorridor å være kritisk mht. personsikkerheten. Arealet er sprinklet og etablert med undertrykk (system med by-pass 360.016). - Mellom lagerareal under fast amfi og aula: Det etableres avtrekk i tak av aula med overstrømning 2x200 mm mot areal under fast amfi. Termisk brannspjeld i overstrømningen vil hindre spredning av varme røygasser og brann. Arealet er sprinklet, og aula har stort romvolum. Spredning av kaldrøyk vurderes ikke å være kritisk mht. rømning, da aula har stort volum. Til sammenlikning aksepteres normalt materiallager å inngå i samme branncelle som spillflate i idrettshaller. <p>Tiltak mht. fare for trykkfall / stans i ventilasjonsanlegget</p> <p>Høye temperaturer og/eller sotproduksjon kan medføre stans i ventilasjonsaggregat under en brann. Slik stans utgjør en risiko mht. brann-/røykspredning via trykkløse ventilasjonssystemer. Generelt skal det legges til grunn et ventilasjonsprinsipp «steng inne» eller «trekk ut». Det er valgt å legge til grunn «trekk-ut».</p> <p>Ventilasjonssystemer som kun forsyner én branncelle, har ingen krav til sikker drift av ventilasjon.</p> <p>For ventilasjonssystemer som forsyner flere røyksoner/brannceller, har RIV og RIBr gjort en særskilt vurdering av nødvendige tiltak. Omfang av tiltak avhenger av hvilke brannceller sonen dekker og konsekvensen mht. rømning og redning, samt verdisikkerhet. For sistenevnte er det viktig at systemet ikke medfører større røykskader ved spredning over store soner (spesielt kritisk i bygninger med store sentraliserte ventilasjonsanlegg).</p> <p>Strategi for sikker ventilering er utarbeidet med en forutsetning om at det etableres mindre soner pr. system, og at soneplaner følger bygningens røyk- og brannskiller. Dette gir en god sikkerhet mht. rømning og verdisikkerhet.</p> <p>Generelt forutsettes følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Det forutsettes at ventilasjonsanlegg går som normalt ved deteksjon av brann. - Dersom ventilasjonsanlegg i tidsrom/perioder settes på minimum eller stanses, skal disse gå opp til normal luftmengde ved deteksjon av brann. - Dersom trapperom ventileres av systemer uten krav til by-pass, skal det installeres brannspjeld mot trapperom. - Det vil være aktuelt med ytterligere tiltak for enkelte systemer. Tiltak er sikker drift (by-pass) eller bruk av brannspjeld i begrenset omfang der systemer går på tvers av røyk- og brannskiller. - Bruk av brannspjeld forutsetter at spjeld kun stenger den tiltenkte delen av systemet, og at øvrig del av anlegget går som normalt. Brannspjeld skal være motorisert og forriglet mot brannalarm. 	



Brannkonseptet beskriver videre plassering og hvilke brannceller hvert aggregat forsyner, samt særskilte krav for hvert system. Detaljert informasjon om hvert aggregat er gitt under kap. 5.15.2 Teknisk beskrivelse.

SINTEF oppfatter brannkonseptet slik at:

- Ventilasjonsanlegget skal gå som normalt ved brannalarm. Dette gjelder også om aggregatet er slått av. Hva som er "normalt" oppgis ikke
- Ved deteksjon av røyk i tilluftskanal skal aggregatet stanse. Deteksjon skal plasseres etter aggregatet
- Brannisolering av kanaler er utelatt, men dokumentert som et fravik fra VTEK
- Bygget skal fullsprinkles.
- Enkelte brannceller er utført med overstrømningsventilasjon og skal være utstyrt med motoriserte brannspjeld forriglet mot brannalarm
- Det skal etableres mindre soner pr. system, og sonene skal følge bygningens røyk- og brannceller
- System 360.016 går på tvers av røyk- og brannskiller i fem plan og skal utføres med bypass for å sikre sikker drift

5.15.2 Teknisk beskrivelse

Leveransebeskrivelse for luftbehandling (udatert), oppgir følgende informasjon:

- Alle ventilasjonsaggregatene er utført med roterende gjenvinner og vannbårent varmebatteri
- Følgende 7 ventilasjonsaggregater er plassert i teknisk rom i 4. etasje:
 - 360.001: Aggregat type IV 600. Betjener kun aula
 - 360.002: Aggregat type IV 190. Betjener kantinekjøkken
 - 360.004: Aggregat type IV 190. Betjener gymsal
 - 360.005: Aggregat type IV 190. Betjener musikkrom
 - 360.016: Aggregat type IV 740. Betjener kulturakse. Aggregatet er utstyrt med branngassvifte/bypass
 - 360.017: Aggregat type IV 850. Betjener ungdomsskole 1. og 2. etasje
 - 360.018: Aggregat type IV 850. Betjener ungdomsskole 3. og 4. etasje
- De øvrige 12 ventilasjonsaggregatene er desentraliserte og har følgende plassering:
 - 350.003: Aggregat type IV 190. Betjener Multiboks. Plassering teknisk rom i 1. etasje (K1.09)
 - 360.006: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole i 1. etasje sør. Plassering desentralisert teknisk rom B1.47
 - 360.007: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 1. etasje midt. Plassering desentralisert teknisk rom B1.36
 - 360.008: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 1. etasje nord. Plassering desentralisert teknisk rom B1.34
 - 360.009: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 2. etasje sør. Plassering desentralisert teknisk rom B2.45
 - 360.010: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 2. etasje midt. Plassering desentralisert teknisk rom B2.36
 - 360.011: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 2. etasje nord. Plassering desentralisert teknisk rom B2.32
 - 360.012: Aggregat type IV 10. Betjener barneskole 3. etasje sør. Plassering desentralisert teknisk rom B3.50
 - 360.013: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 3. etasje sør2. Plassering desentralisert teknisk rom B3.05

- 360.014: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 3. etasje midt. Plassering desentralisert teknisk rom B3.34
- 360.015: Aggregat type IV 21. Betjener barneskole 3. etasje nord. Plassering desentralisert teknisk rom B3.32
- 360.019: Aggregat type IV 100. Betjener garderobes Kulturakse. desentralisert teknisk rom K1.25.

Brannkonsept: "Trek ut".

Ventilasjonsaggregater har drift ved brann ("trekk ut"-strategi). Aggregat 360.016 har brangassvifte/bypass, mens resten har ikke. Kun kjøkkenavtrekk er brannisolert da det er fullsprinklet.

Det er i tillegg montert en del brannspjeld for å stenge ut brannceller. Trimkjøring og test av brannspjeld gjøres via brannsentraler.

Det er 2 stk. brannsentraler plassert i henholdsvis U1.83 og B1.82. Gjennomføringer er branntettet gjennom brannskiller.

Systembeskrivelse for brannalarmanlegg, datert 26.04.2021, oppgir følgende informasjon:

- Ventilasjonsanlegg: Styring av ventilasjonsanleggene ved detektert brann gjøres via SD-anlegget på signal fra brannalarmanlegget
- Tilbakestilling av alarm: Etter resetting må det kontrolleres at alle ventilasjonssystemer starter og går som normalt

5.15.3 Resultat av kartlegging og funksjonstest

Ved oppstart kartlegging stod ventilasjonsanlegget i dagmodus, men på grunn av ferieavvikling i skolen var det få personer til stede i bygget og de fleste VAV-spjeldene stod derfor innstilt på et minimum.

Oppholdsrom for gjennomføring av funksjonstesten var auditorium U2.02 som tilhører ventilasjonsaggregat 360.017. Skolen har totalt 19 aggregater, og det ble derfor vurdert som tilstrekkelig å gjennomføre stikkprøver for aggregatene 360.016, 360.017 og 360.018. Aggregat 360.016 er spesielt ved at det tilhører kulturaksen, og har bypass som starter på utløst brannalarm + deteksjon av røyk i avtrekk. Øvrige aggregat har ikke bypass.

Generell informasjon: SD-anlegget har oversikt over VAV-spjeldene i de ulike etasjene, men ved utløst brannalarm kan det ikke sees på SD-anleggene om brannspjeldene har blitt aktivert. Dette kan imidlertid sees på brannspjeldscentralen.

Det ble identifisert 15 brannspjeld mellom kulturaksen og WC-arealer i ungdomsskolen med nummerering fra SZ001-SZ015.

I brannkonseptet beskrives at ventilasjonsanlegget skal gå som "normalt" ved utløst brannalarm. I praksis vil dette si prosjekterte luftmengder, som er maksimal spjeldåpning (dvs. anlegget går for fullt).

Brannspjeldscentralen ble lokalisert i rom U1.13 (El-skap U1.82). Sentralen viser at ett brannspjeld i 2. etasje samt brannspjeld i 3. og 4. etasje i ungdomsskolen (overstrømming mellom korridor og undervisningsrommet U3.13 Fysikk og Teknologi) lyser rødt. Årsaken viser seg å være at spjeldet ikke har montert spjeldmotor og er permanent stengt.

DAGMODUS:

Manuell melder ved hovedinngang ble utløst. Hørte at anlegget startet opp. Heisdører lukkes (egen branncelle). Alle VAV-spjeld går til full åpning og viftene reguleres opp. Forflytter oss til brannspjeldscentralen, hvor alle spjeldene lyser gult i tillegg til signal som viser at spjeldene har loddrett plassering, dvs. at de er lukket.

Avtrekksvifta (bypass) har ikke startet. Ifølge brannkonseptet skal denne kun starte på røykdeteksjon i avtrekket, men ifølge SD-anlegget har vifta fått startsignal. Driftstekniker hevder det er noe feil med programmeringen.

Kontrollerer brannspjeld over mot rom U1.06 Sløyd. Ifølge brannspjeldmotoren skal dette være stengt (mekanismen står på O, men selve spjeldet er ikke mulig å se).

Kontrollerer aggregat 360.016 (med bypass) i ventilasjonsrom i 4. etasje. Bypassvifta går. Trigger røykdetektor i avtrekket, men kun vanlig avtrekk starter. Registrerer samtidig flere VAV-spjeld som stenger, uvisst hvorfor.

Trigger røykdetektor på nytt, bypass stopper og vanlig avtrekk starter. Bypass skal starte ved to signal (signal fra alarmsentral og fra røykdetektor). Funksjon ved brann skal gå foran frostsikring.

Trigger manuell melder på nytt. Avtrekket går fortsatt med maksimale luftmengder. Viftene slo ut på alarm på grunn av for lavt trykk når alle spjeld åpner seg samtidig. Bypassvifta starter uten røykdeteksjon (dette er en feil, men har ingen betydning for brannfunksjon).

Slår av alarmen og sjekker spjeldet over mot rom U1.06 Sløyd igjen. Registrerer at indikator har flyttet seg tilbake til utgangsstilling (åpen).

NATTMODUS:

Driftsvalg kan enten stå i "stopp" eller "auto". Ved driftsvalg "stopp" står VAV-spjeld helt åpen (luftmengde 0).

Aktiverer brannalarm og registrerer endringer på SD-anlegget ved driftsvalg "stopp": avtrekksvifter har startet, hører at det er undertrykk i rommet vi sitter i. Tilluft starter etter noen minutter, men ikke på arealer for ungdomsskolen (dette er en feil).

Driftsvalg "auto": Da starter tilluft på ungdomsskolen. Aggregat 360.017 og 360.018 starter ikke hvis de er slått av via SD-anlegget à dette er en feil. Treg oppstartssekvens.

Trigget røykdetektor i tilluft for 360.017 når alarmen var på: anlegget stoppet.

Trigget røykdetektor i tilluft for 360.017 når anlegget er i normal drift: anlegget stoppet.

Trigget røykdetektor i tilluft for 360.016 i brannmodus: anlegget stoppet.

Trigget røykdetektor med anlegget 360.016 i bypass: anlegget stoppet.

I motsetning til skole N hvor VAV-spjeld har optimizer og lang åpningstid, registrerte vi at ved skole O hvor det ikke er optimizer gikk VAV-spjeld i full åpning umiddelbart etter utløst brannalarm.



5.16 Oppsummering funksjonstesting

En oppsummering av de ulike funksjonstestene som er gjennomført er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Oppsummering av utførte funksjonstester

Skole	Brannstrategi ("trekk ut", "trekk ut light" "steng inne", annet)	Ventilasjons prinsipp (VAV, CAV, annet)	Funksjon stesting Godkjent (Ja/Nei)	Bypass (Ja/Nei)	Brannspjeld (Ja/Nei)	Sprinkler (Ja/Nei)	Røykdetektor i tilluft (Ja/Nei)	Brannisolering av kanaler (Ja/Nei)	Kommentarer
Skole A, Oslo	"Trekk ut"	VAV	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Store avvik fra planlagt brannfunksjon. Ingen spjeld går til 100 % maksimalt innregulerte luftmengder.
Skole B, Oslo	"Trekk ut light"	VAV	Nei	Nei	Ja*	Nei	Ja	Ja	Pådrag for tilluft og avtrekksvifte starter ikke samtidig, slik at det oppstår noe ubalanse i «trekk ut»-strategien. To av aggregatene starter ikke opp igjen under nattmodus. *brannspjeld for ett av aggregatene
Skole C, Oslo	Blandet*	CAV	Nei	Nei	Ja	N/A	Ja	N/A	*Noen bygg har "trekk ut light" mens andre har "steng inne". Funksjonstest i februar 2019 med avvik. Ny funksjonsbeskrivelse kom i september 2019 med installasjon av brannspjeld. Ikke utført ny funksjonstest etter det.
Skole D, Oslo	"Trekk ut light"	VAV	Nei	Nei	Ja*	Ja	Ja	Nei	VAV-spjeld som sitter i kanalnettet for hvert rom, blir ikke påvirket av utløst brannalarm *Brannspjeld kun i nybygg, ikke i hovedbygg
Skole E, Oslo	"Trekk ut light" i 10 bygg "Steng inne" i ett bygg	VAV	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	N/A	Brannkonsept beskrivelse: gires opp til fullt avtrekk. Ved funksjonstesting, aggregater kjører som normalt ved dagmodus, men forblir av ved nattmodus.
Skole F, Oslo	Blandet*	VAV	Ja	Nei	Ja**	Ja***	Ja	N/A	*Noen bygg har "trekk ut light" mens andre har "steng inne"



									** Brannspjeld i bygg med "steng inne" ***Kun sprinkler i nytt tilbygg
Skole G, Oslo	"Trekk ut"	VAV	Nei*	Nei	N/A	Nei	Ja	Ja	*Ufullstendig og manglende funksjonstest. Avvik i brannfunksjon.
Skole H, Oslo	"Trekk ut light"	CAV	Ja	Nei	Nei*	Nei	Ja	N/A	*Brannspjeld ved rømningsveier
Skole I, Oslo	"Trekk ut"	VAV	Ja	Nei	Ja	N/A	Ja	N/A	
Skole J, Oslo	Blandet*	VAV**	Nei	Nei	Nei	Ja***	Ja	N/A	*Ett bygg har "trekk ut light" mens et annet har "steng inne" ved at tilluft stenger og avtrekk girer ned til 20 %. **Enkelte aggregat har kun CAV ***Nytt tilbygg er sprinklet, men ikke hovedbygget
Skole K, Bergen	"Trekk ut light"	VAV, uten optimizer	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja, inn og ut av sjakt	Anlegget fungerte som prosjektert.
Skole L, Bergen	"Trekk ut"	VAV, med optimizer	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Etter testslutt måtte aggregatene fysisk startes opp igjen på teknisk rom, de kunne ikke startes via SD-anlegget. Røykdeteksjon i tilluft gav ingen signal til SD-anlegget eller brannalarmanlegget.
Skole M, Bergen	"Trekk ut light"	VAV	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Anlegget fungerte som prosjektert, med unntak av at SD-anlegget ikke varsler om detektert røyk i tilluft.
Skole N, Trondheim	"Trekk ut"	VAV, uten optimizer	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Bypassvifte startet ikke i dagmodus. Årsak antas å være feil programmering
Skole O, Trondheim	"Trekk ut"	VAV, med optimizer	Nei*	Ja**	Ja	Ja	Ja	Nei	*Luftmengden i idrettshall ble halvert i stedet for å gå til full luftmengde. Leverandør hevder dette er en prosjektert spesialløsning. **kun ett aggregat

6 Kartlegging av branntilløp i skoler

6.1 Statistikk brann

Det er gjort søk i ulike databaser for å kartlegge branntilløp i skoler:

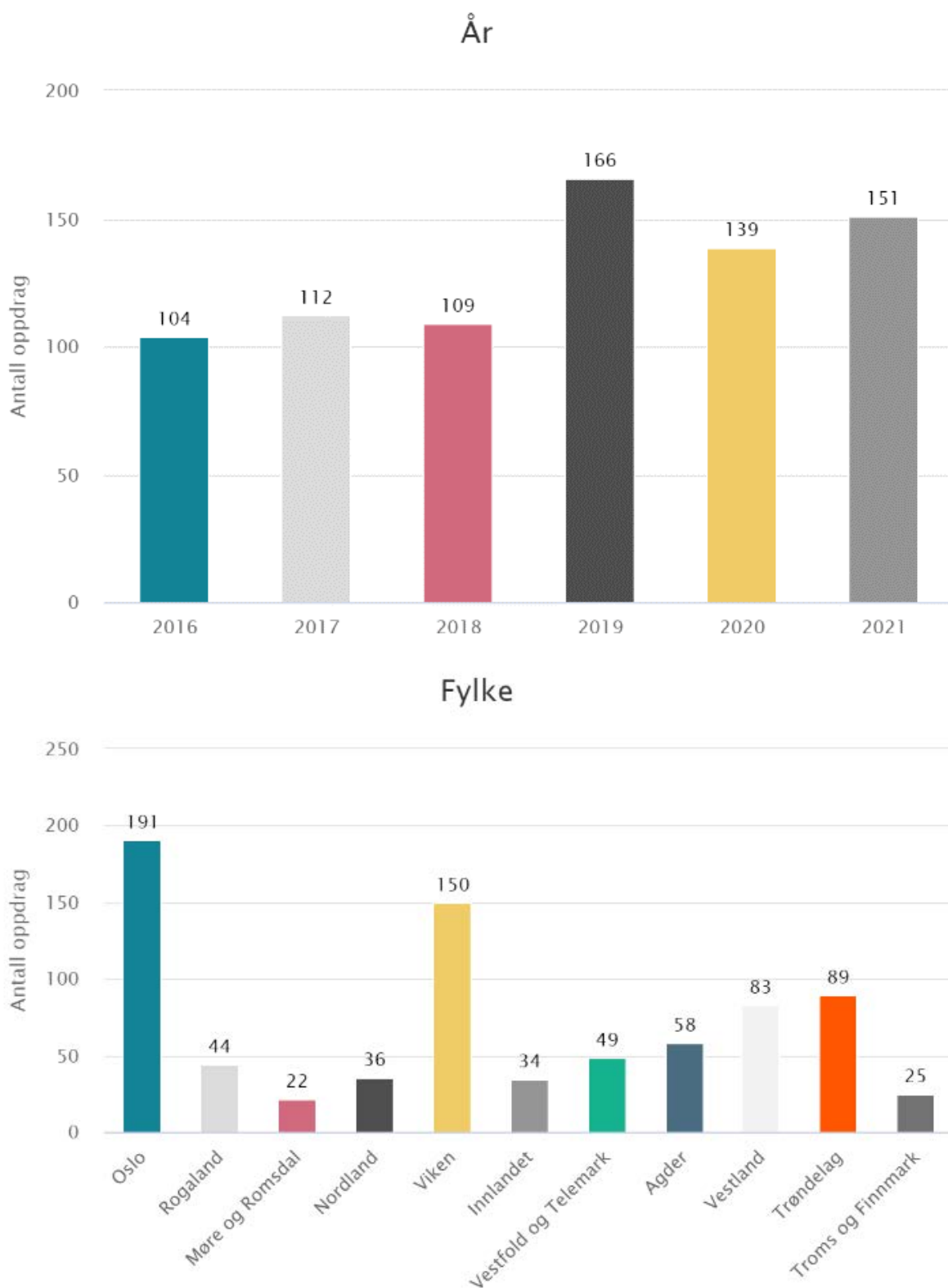
Brannstatikk.no: en nasjonal oversikt over alle brannvesenets utrykninger. Søk i denne nettdatabasen gir oversikt over brannstatistikk i ulike bygningstyper. For bygningsinformasjon kan man søke etter enten Detaljert bygningstype – Matrikkel eller Næringskode NACE. Databasen gir kun statistikk fra år 2016.

BRIS: BRIS står for Brann, Redning, Innrapportering og Statistikk og er Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DBS) sin rapporteringsløsning for brann og redningstjeneste. Databasen ble først etablert i 2016. Data fra før 2016 er også tilgjengelig, men ikke i samme format. Alle oppdrag som er registrert i 110-sentralenes oppdragshåndteringsverktøy overføres automatisk til denne databasen. I motsetning til brannstatikk.no som bruker samme datagrunnlag som BRIS, kan mer detaljert informasjon hentes ut fra BRIS ved hjelp av DSB.

BRASK (<https://brask.finansnorge.no/>): Inneholder statistikk av brannskader som er meldt til forsikringsselskapene siden 1985 og dekker mer enn 90 % av det norske markedet. Statistikk fra undervisningsbygg er blitt uthentet.

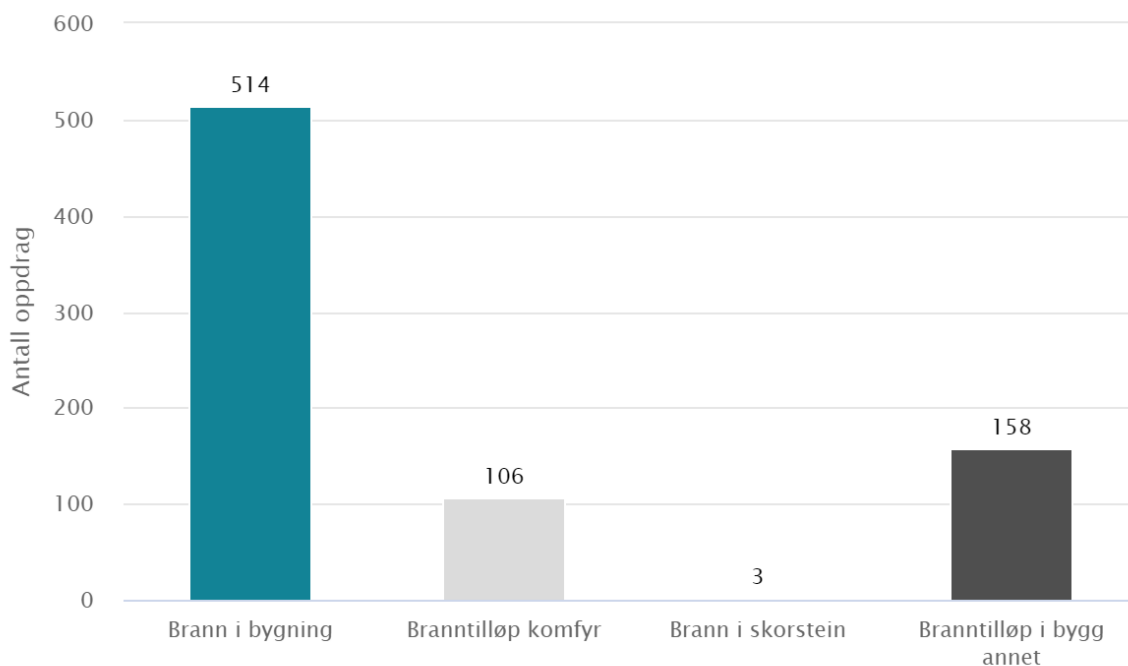
Knitre: Database fra Brannvernforeningen som samler erfaringsdata knyttet til brannårsaker med utgangspunkt i resultater fra etterforskning. Databasen samler i tillegg litteratur og forsøk nasjonalt, nordisk og internasjonalt for å fange opp årsaker, forskning og utvikling generelt. Databasen var ny i 2020.

Figur 1 viser statistikken hentet ut fra brannstatistikk.no for alle skolebygninger i Norge for perioden 2016 – 2021. Det er registrert over 100 branner hvert år, med høyest antall i 2019. Oslo og Viken er de to fylkene med høyest antall brannhendelser. Databasen gir ingen detaljert oversikt over branntilløp, kun kategorisert over ulike oppdragstype som vist i Figur 2. Flertallet av disse brannene skjer i byggene.



Figur 1 Brannstatistikk i skolebygning i Norge, fordelt over år (2016-2021) og fylke (www.brannstatistikk.no).

Oppdragstype



Figur 2 Fordeling av oppdragstype for branner i skoler, for år 2016-2021. Kilde: brannstatistikk.no

Mer detaljert informasjon om branner er hentet fra BRIS. For år 2000 – 2015, er brannoppdragene loggført med mindre detaljer i forhold til år 2016 og senere. Alle typer undervisningsbygg er inkludert i statistikken.

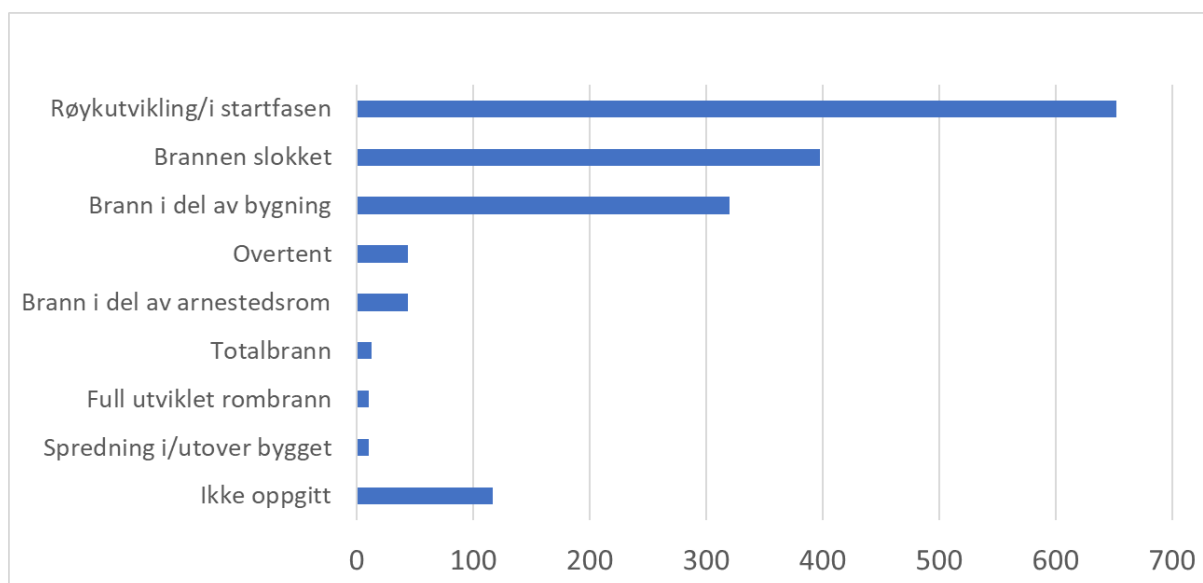
Det ble registrert 1133 branner i perioden 2000-2015 og 475 branner i perioden 2016-2021. Som vist i Figur 3 var flertallet av disse brannene i startfasen (41%) eller sloknet (25 %) når brannvesenet ankom stedet. Rundt 10 av brannene var fullutviklet rombrann eller var spredt i/utover bygget, mens 13 av brannhendelsene var totalbrann. I perioden 2016-2021 ble det også rapportert om det var røyk i rømningsvei, om røyken/brannen spredte seg og hva som bidro til å hindre brannspredningen. Ved røyk i rømningsvei var årsaken oftest at døren til startbranncellen var åpen. Andre nevnte årsaker var utett eller ikke klassifisert dør eller andre utette bygningsdeler. Det ble også rapport 9 tilfeller der ventilasjonsanlegg bidro til røykspredning. Som vist i Figur 4 er det begrenset spredning av røyk, der 25 % av røyken er spredt utover branncellen og kun 8 % utover brannseksjonen. For brannspredning, er det rapport at i 57 % av tilfellene er det ingen spredning utover arnestedobjektet og 9 % innenfor arnestedsrom. Det rapporteres få tilfeller der brannen spres utover branncellen/brannseksjonen/bygning (ca 4 % sammenlagt).

En oversikt av ulike slokkeanlegg og varslingstype i branncellen/bygget er gitt Tabell 2 . Denne infoen er ikke alltid oppgitt i databasen. Som vist i Figur 3 er fleste branntilløp i røykutvikling/startfasen (41 %) eller allerede sloknet (25 %) når brann- og redningsmannskapet ankommer, mens 13 hendelser var totalbrann ved ankomst.

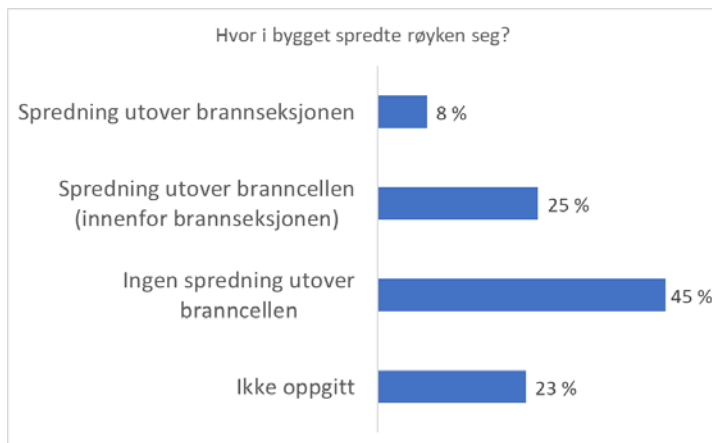
Tabell 2 Oversikt av ulike type varslingsystem og slokkinganlegg som er rapportert. Kilde: BRIS.

	Ja	Nei	Ukjent/vet ikke
Røykvarsler	354	314	463
Fungerte røykvarsler	271	16	545
Automatisk brannalarmanlegg	831	154	146
Fungerte brannalarmanlegg?	702	42	280
Håndslukkere	719	116	296
Fungerte håndslukkere?	166	3	733
Ble håndslukkere tatt i bruk?	158	504	242
Husbrannslange	667	140	324
Fungerte husbrannslange	185	441	256
Ble husbrannslangen tatt i bruk?	185	441	256
Ledesystem i bygningen*	127	39	49
Fungerte ledesystemet?*	105	2	67

*rapportert i perioden 2016 -2021.

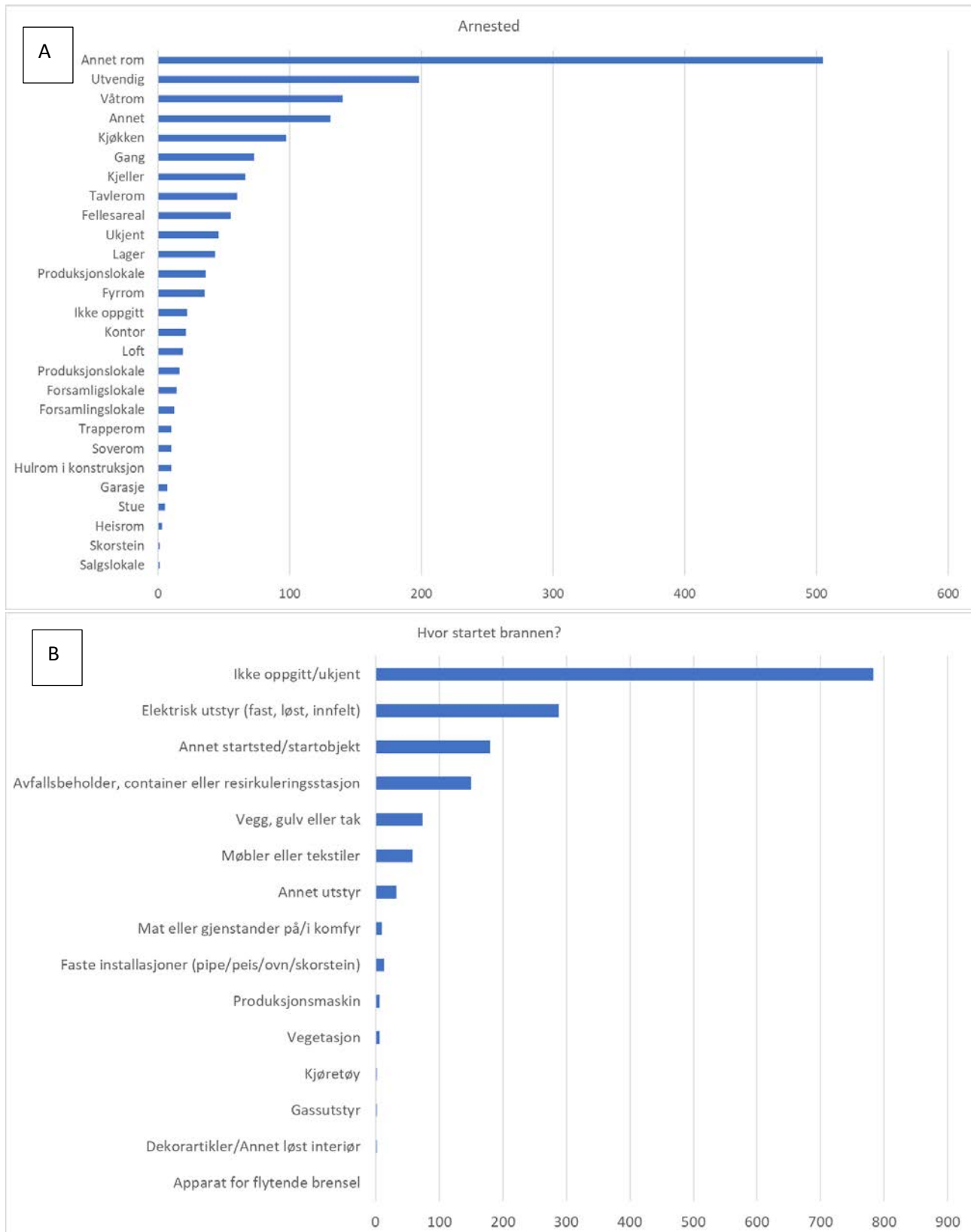


Figur 3 Situasjonsbeskrivelse ved ankomst for undervisningsbygg for år 2000-2021. Kategoriene for dataen før og etter 2016 er slått sammen Kilde: BRIS.

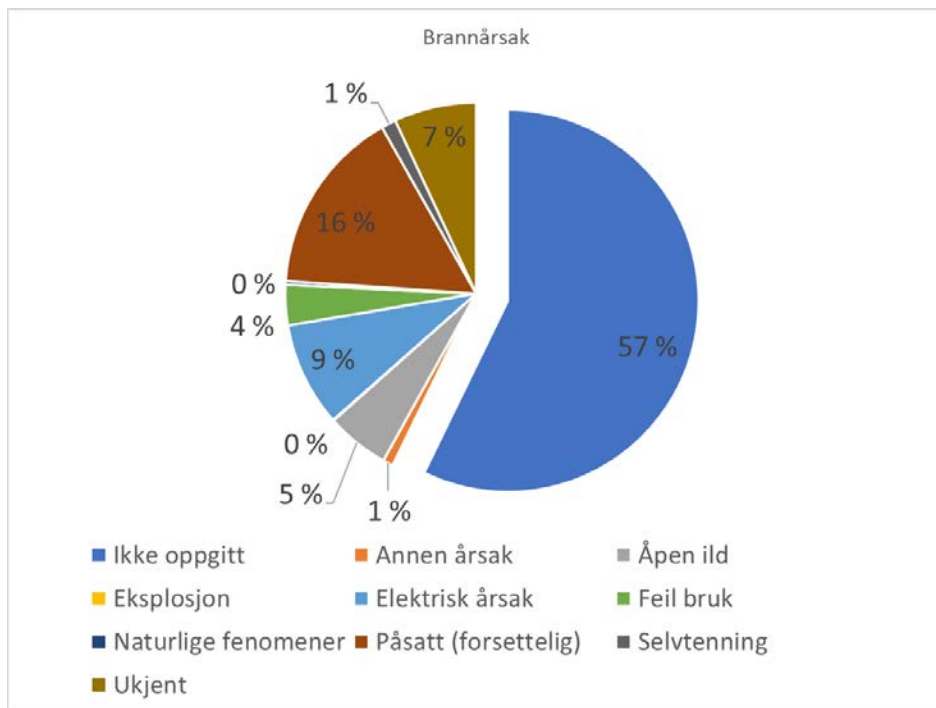


Figur 4 Hvor i bygget spredte røyken seg? For alle undervisningsbygg for 2016-2021. Kilde: BRIS

Typiske arnested og hvor brannen startet i er vist i Figur 5. "Annet rom" utgjør 31 % av alle brannhendelsene, etterfulgt av "utvendig" (12 %), "våtrom" (9 %) og "kjøkkenet" (8 %). Det er ikke oppgitt i nesten halvparten av de rapporterte hendelsene om hvor brannen starter, men "elektrisk utstyr" (18 %) og "avfall/søppelkontainere" (9 %) er to hyppige rapporterte steder.



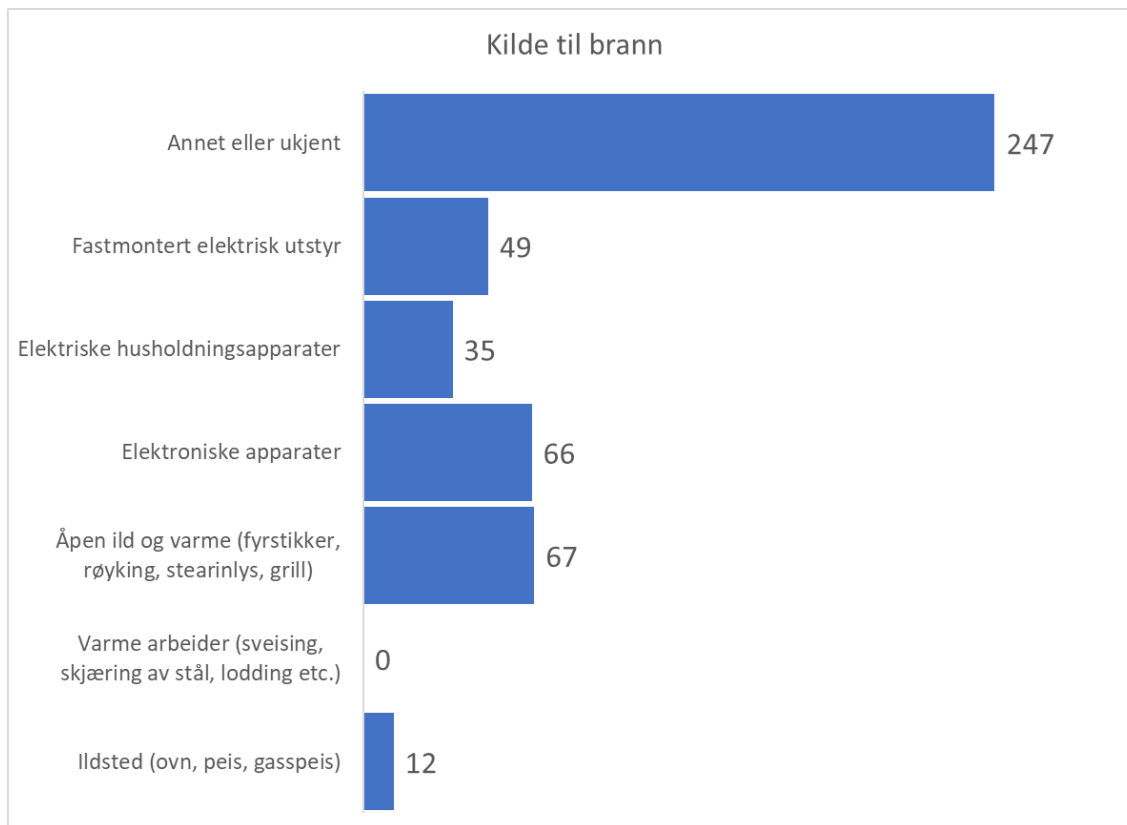
Figur 5 Oversikt over (A) arnested og (B) hvor brannen startet i, brannhendelser for undervisningsbygg for 2000 – 2021. Kilde: BRIS.



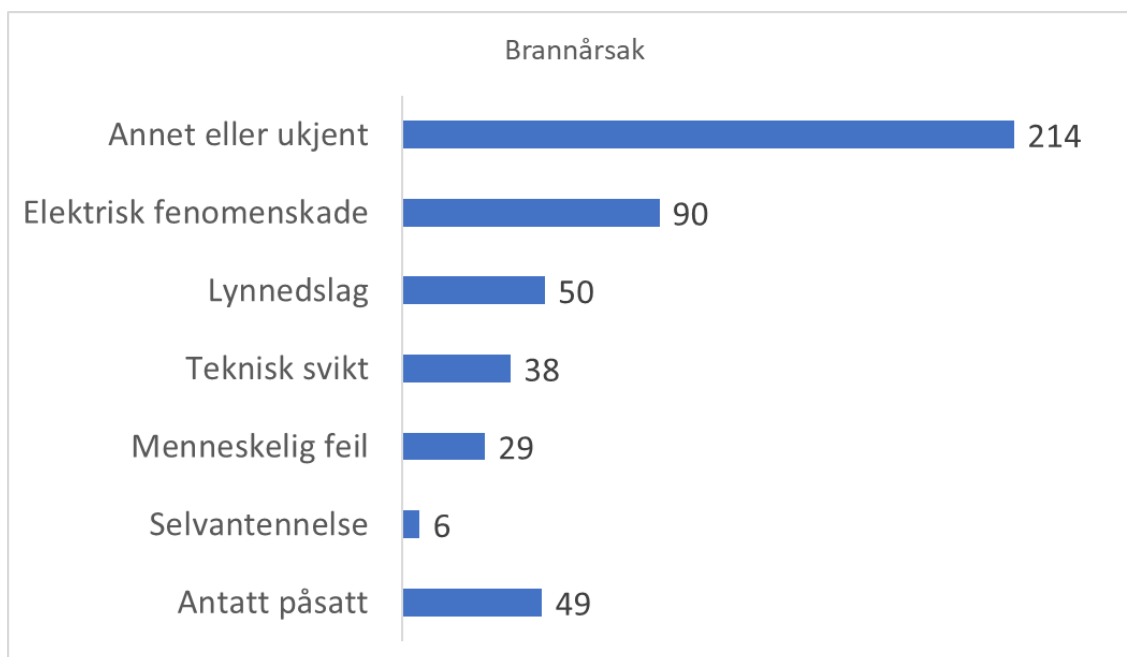
Figur 6 Overordnet brannårsak for undervisningsbygg for år 2000-2021. Kilde: BRIS

Årsaken til brannene var også ikke alltid oppgitt i database (57 %), men 16% av alle rapporterte branner var påsett mens elektrisk årsak følger tett etter med 9 %.

Fra BRASK er det blitt hentet ut statistikk for tidsperioden 2000 – 2021. Det er meldt inn totalt 476 brannskadesaker. Oversikten av kildene til de ulike brannskader kan sees i figuren under, der annet/ukjent kilde (52 %) er den som er mest registrert, etterfulgt av åpen ild og varme (14 %). Årsaken til flertallet av disse brannene er også ukjente/annet, 19 % av brannskadene skyldes elektronikk og 10 % er antatt påsatt.

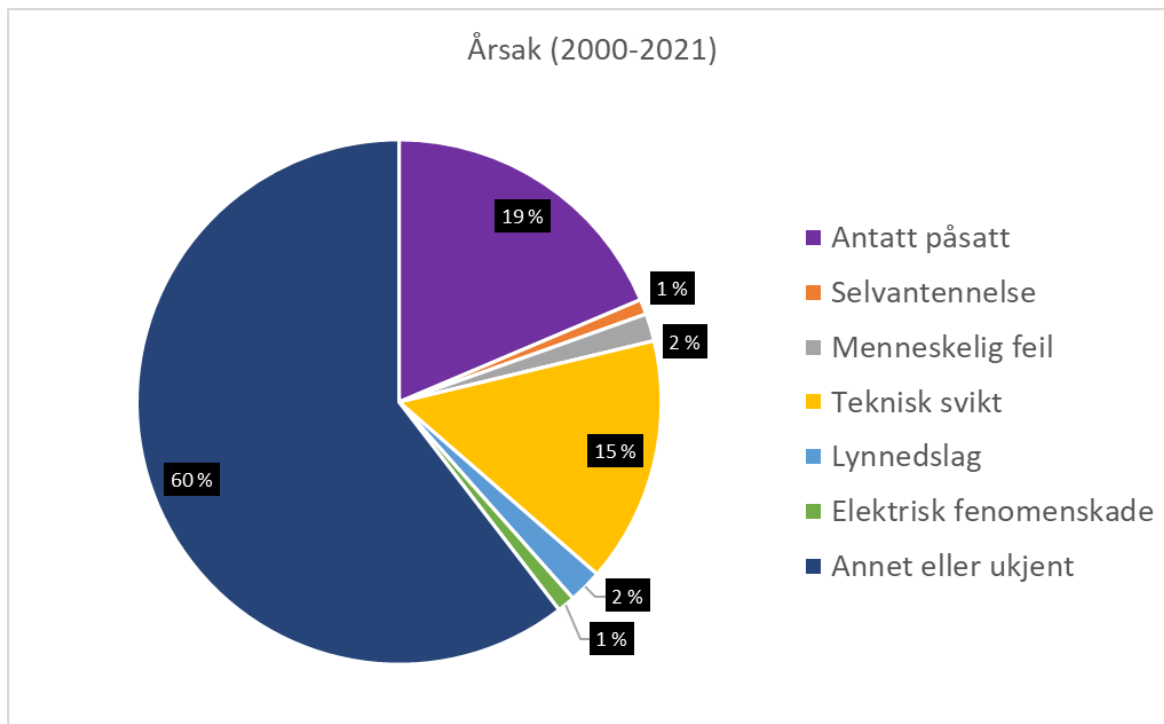


Figur 7 Oversikt over kilder til branner i undervisningsbygg for år 2000-2021. Kilde: BRASK.



Figur 8 Oversikt av årsak til branner i undervisningsbygg, for år 2000-2021. Kilde:BRASK.

I den samme tidsperioden er det utbetalt et erstatningsbeløp på 361.741.000 NOK. Som vist i figur 7, er de største beløpene utbetalt til brannskader som er av ukjent/annet årsak. 19 % av erstatningsbeløp er derimot utbetalt til branner der det er antatt påsatt. Teknisk svikt utgjør også en stor del av erstatningsbeløpene.



Figur 9 Oversikt over prosentandel av utbetalinger grunnet brannskader i undervisningsbygg, fordelt på brannårsak.

Databasen Knitre ble brukt til søk på 'skole' og 'ventilasjon'. Søket ledet til en studentoppgave fra HSH; *Brannen var påsatt* (Olsen, Kristoffersen, 2014), som viste at skoler har høy sannsynlighet for påsatt brann, og at mer enn 1/3 av branner i skoler er påsatt. Skoler med høyt elevtall er mer utsatt for brann enn skoler med få elever. 36 % av de påsatte brannene ble stiftet i søppelkasser og avfallscontainere, mens 24 % av brannene ble stiftet i brennbart materiale ved yttervegg eller inngang.

6.2 Generelt

Det finnes ikke et omforent system for registrering av brannhendelser i de ulike kommunene. Oslo kommune har et system (ORRA) der ulike typer hendelser registreres, disse rangeres fra 1 til 3 avhengig av alvorlighetsgrad. Hendelser helt tilbake til år 2012 er tilgjengelig og søkbar i systemet. Nøkkelordene "brann" og "ventilasjon" er blitt brukt for å kartlegge aktuelle hendelser, og deretter vurdert etter kommentarene lagt inn av driftsperson for å undersøke om de er aktuelle. Bakgrunnsinformasjon for brannhendelser som har hatt større økonomiske konsekvenser er det forsikringsselskapet som sitter med informasjon om. Tabell 3 viser en oversikt mottatt fra forsikringsselskapet, hvor det har vært registrert utbetalinger (>300.000 kroner) for 36 branner i tidsperioden 2011-2021, av disse er 10 ikke registrert i systemet til Oslo kommune. Skolene er anonymisert som skole 1-36. Egenandelen til kommunen på kr. 300.000 er ikke medregnet i kostnadskolonnen.

Trondheim kommune har et system for avviksregistrering, men det har ikke en god søkefunksjon for å finne tidligere inntrufne branner. De har også et system for registrering av forsikringsaker. Aktuelle tilfeller ble funnet via google-søk.

Bergen kommune ved Etat for bygg og eiendom (EBE) registrerer i dag hendelser gjennom et felles system i Bergen kommune som heter Bkkvalitet. Her registreres alle hendelser innen HMS og kvalitet. Vedlikeholdsteknikere i kommunen får opplæring innen brannsikkerhet gjennom en presentasjon som

viser hva kommunen vektlegger med erfaringsoverføring etter hendelser, samt informasjon om registrering av hendelser/oversikt over hendelser som finnes i etaten. For noen branner/branntilløp har kommunen også gjennomført granskning/gjennomgang av hendelsene for å se bakenforliggende årsaker og ta ny lærdom for å forebygge.

Mer detaljert hendelsesforløp og kostnadsoverslag over et utvalg brannhendelser fra de ulike kommunene er lagt til under kapittel 6.3.

Tabell 3 Oversikt fra forsikringsselskap over branner i Oslo-skoler med utbetalinger > 300.000 kroner i perioden 2011-2021. Kostnadene er ekskludert egenandelen på 300.000 kroner.

Skole	Skadeårsak	År	Kostnader [NOK]	ORRA	Info hentet fra ORRA
1	Påsatt	2011	<300.000	Nei	
2	Påsatt	2016	<300.000	Ja	Brann i søppelbøtte på utetoalettet. Hele bygningen innvendig er røyk- og sotskadet. Søppelbøtte og såpedispenser er brent opp. Skolen tror brannen er påsatt.
3		2019	<300.000	Ja	Gymsal, brann i fordelerkum
4	Uaktsomhet	2021	<300.000		
5	Påsatt	2018	<300.000	Ja	brann i klasserom
6	Påsatt	2019	<300.000	Ja	knust vindu
7	Ukjent årsak	2016	<300.000	Ja	Brann som startet på ytre vegg ved grupperom C. Brannvesenet slokket.
8	Påsatt	2011	1.594	Nei	
9		2021	4.323	Ja	Brann på HC Toalett.
10	Påsatt	2013	4.625	Nei	
11	Påsatt	2011	6.084	Nei	
12	Påsatt	2016	6.768	Ja	Brann i søppelbøtte blå garderobe
13	Påsatt	2014	8.756	Ja	Brann i jentedo
14	Ukjent årsak	2017	10.738	Ja	brann i toalett
15	Uaktsomhet	2021	17.219	Ja	Brann i tak
16	Påsatt	2017	112.024	Ja	Usikker, var flere hendelser i okt, mest relevant er den datert 18.10.2017
17	Påsatt	2017	128.276	Ja	brann i WC
18	Elektr. apparat	2021	128.660	Ja	Utvendig tak.
19	Uaktsomhet	2021	317870	Nei	
20	Annen kjent års	2015	171.772	Ja	Brann i bygning
21	Ukjent årsak	2015	207.284	Ja	Et klasserom delvis brent, mye røykskader
22	Påsatt	2020	238.178	Ja	Brann på fasade
23	Påsatt	2013	258.530	Ja	Brann på guttetoalett mellom D og E blokk. Rommet er ikke detektert, hadde ikke brannen blitt meldt før den ble for stor kunne dette gått riktig ille.
24	Påsatt	2021	270.000	Ja	Brannen begynte på utsiden av skolen natt til lørdag, med begrenset smitte til bygget. Brannvesenet måtte samtidig være grundig i slukkingen slik at to klasserom

Skole	Skadeårsak	År	Kostnader [NOK]	ORRA	Info hentet fra ORRA
					omegn ble oversvømt og de skar hull i taket for å sikre at det ikke brant. Det elektriske anlegget er muligens berørt av fukt og det kom noe røyk i ventilasjonen. En elektrisk rullestol var parkert tett inntil skolebygget, og begynte først å brenne. Stolen mistenkes påtent, og politiet på stedet tok den med seg for undersøkelser.
25	Påsatt	2013	457.214	Ja	Se tabell 4
26	Uaktksomhet	2015	465.640	Ja	brann i glemmekasse for klær
27	Påsatt	2014	503.996	Ja	Tent på enten i søppelbøtte eller i papirdispenser. Det er også brent av el anlegg som lå i kanalen oppe ved tak. Mye sot i hele gymanlegg og i gutte-wc som også ligger på siden av dette.
28	Feil/manglende vedlikehold	2016	532.386	Ja	brann i elkjele
29	Påsatt	2017	556.849	Ja	Brann i grupperom/hvilerom
30	Ukjent årsak	2013	639.626	Nei	
31	Ukjent årsak	2012	2.009.428	Nei	
32	Ukjent årsak	2014	3.074.869	Nei	
33	Uaktksomhet	2015	3.533.098	Ja	Totalskadet bygg av brann, brannvesenet slokket brannen. Foreløpig ukjent brannårsak
34	Elektrisk fenomen	2019	3.582.011	Nei	
35	Ukjent årsak	2017	3.725.311	Ja	Brannalarm uløst og OBRE ankom skole ca. 22:00. Åpne flammer i sløydsalen i sidebygningen. Brannen ble slokket men bygningen har fått omfattende skader. Hovedbygning er ikke påvirket og normal skoledrift kan opprettholdes selv om sløyd- og formingssal er omfattende skadet. Uvisst hvordan brannen har startet, venter på rapport fra brannvesen og politi. OBRE startet utluftning umiddelbart etter at brannen var slokket og det er lite vann på gulvet.
36	Påsatt	2017	73.573.844	Ja	Brann i gymsal. Deler av skolen totalskadet.

6.3 Oversikt over branntilløp

Tabell 4 viser en oversikt over større brannforløp ved skoler i Oslo, Bergen og Trondheim, med beskrivelse av brannårsak, skadeomfang, utbedringer og kostnader. Skolene er anonymisert som skole I – XVII.

Tabell 4 Oversikt over større branntilløp med skadeomfang ved skoler i Oslo, Bergen og Trondheim. Kostnadene er inkludert egenandelen til de ulike kommunene.

Skole	Brannårsak	Skadeomfang	Utbedringer	Kostnader [NOK]
I, Oslo Flere tilfeller. Mekanisk ventilasjon, "Trek ut".	Brannen startet i et klasserom i et av byggene ved at en rakett ble kastet inn vinduet og tente på en gardin. Fra gardinen tok det fyr i veggen. Brannalarmen var ikke koblet mot aggregatet så ventilasjonen gikk som vanlig. Ventilasjonen ble dkrudd av manuelt.	Brannen ble raskt slokkes, men noe skader oppstod på innsiden av rommet (vindu/panel) og det ble røykspredning til tre klasserom.	Luktsanering av lokalene, rens av ventilasjonskanalene samt filterbytte på aggregatet.	110.000,-
II, Oslo Flere tilfeller i 2017/2018. Mekanisk ventilasjon (fortrengning og omrøring). Ingen styring av brannalarm mot ventilasjon.	En rekke påsatte branner bak låste dører i 2017/2018. Ett av brannforløpene startet i et hvilerom i 3 etg., ved påtent inventar (seng). Tre av de påtente brannene startet i grupperom på skolen.	På hvilerom tok det fyr i resten av inventaret før vegger og tak tok fyr. Brannen ble slokkes før tilstøtende rom ble berørt. Ingen forrigling mot ventilasjon. Inntaket for ventilasjon var rett over takluken i rommet så mye røyk ble dratt inn i kanaler. Brannvesenet skrudde av ventilasjonen. Grupperom fikk brannskader i form av sot, røyk og elektrisk anlegg. I tillegg kom det røyk inn i ventilasjonsanlegg og elektrisk anlegg som følge av brann.	Luktsanering og vask av deler av ventilasjonskanalene.	700.000,-

Skole	Brannårsak	Skadeomfang	Utbedringer	Kostnader [NOK]
III, Oslo 2013. Mekanisk ventilasjon, "Trekk ut".	Påtent jakke som hang i korridoren på knaggene under hylleseksjonen.	Begrenset til korridor/fellesarealet, samt luftkanalsystem for avtrekkventilasjon som har viftehus/sentral på bygningens tak.	Sanering/vask, rensing og overmaling av 3 klasserom. Ventilasjonsanlegget må delvis demonteres i korridorene og renses, samt vaske/rense viftemotorene i viftehuset på taket og skifte luftfilter. Himlingen må fjernes, og skinnesystemet må luktsaneres. Elektrisk ledninger og lysarmatur må skiftes. 4 øvrige rom må vaskes. Utskifting av tre vinduer. Utskifting av branndør.	908.000,-
IV, Oslo 2019. Mekanisk ventilasjon, "Trekk ut".	Branntilløp i et ventilasjonsanlegg. Nedsmelting av isolasjon rundt strømkabler i varmebatteriets hovedkammer, kan skyldes termostatfeil og/eller feilmontering av strømkabel.	Spredning av røyk og sot via kanalnett til områdene som betjenes av ventilasjonsaggregat. Skader på hele anlegget.	Rengjøring av klasserom, aggregat og kanalrens. Nytt aggregat med varmegjenvinner må installeres.	3.882.011,-
V, Oslo 2014 (natt). Gammelt anlegg, "steng inne".	Oppstod i krypekjeller på undervisningsbygg på kveldstid i helg. Brannen startet oppå eller i kablene som gikk under gulvet til klasserommet.	Brannskader på bjelkelag, sot og forkulling mot kryperom. Røyk og bygningsskader i lokaler over kryperom etter at brannvesenet skjærte hull i konstruksjonen for å få kontroll på brannen.	Rens av ventilasjonsanlegg, rens/vask og luktsanering, tetting av tak, bytting av dører, maling.	3.374.869,-
VI, Oslo 2017. Mekanisk ventilasjon (VAV), "Trekk ut".	Noen elever tente på et lukket garderobeskap og brannen spredde seg til det andre skapet.	Pauserommet i 2.etg i A-bygget, korridorer og toaletter fikk sotskader.	Sanering/vask, rensing og oppmaling av de berørte områdene. Bytting av detektorer og to tillufts- og to avtrekksventiler. Ingen kanalrens.	Ca. 200.000,-



Skole	Brannårsak	Skadeomfang	Utbedringer	Kostnader [NOK]
VII, Oslo Mekanisk ventilasjon (VAV), (natt). "Trekk ut" og "steng inne" avhengig av bygg.	Brannen startet i det elektriske anlegget i den øverste etasjen. Dette skjedde midt på natten, så ventilasjonsanlegget var avskrudd.	Begrenset til ytre del av bygningen.	Ukjent.	350.000,-
VIII, Oslo 2015 (dagtid). Mekanisk ventilasjon (VAV), "Trekk ut".	På satt brann i en bokhylle på et klasserom. Papir er blitt brukt til å tenne på.	Brann- og sotskader på gulv, vegger og tak. Sotskader på toalettrom og en forgang utenfor klasserom, lett sot i korridoren.	Sotvask, oppmaling og luksanering i aktuelle områder. Rens av ventilasjonskanaler i nødvendig utstrekning, utskiftning av berørt ventilasjonsfilter.	507.284,-
IX, Oslo 2017. Mekanisk ventilasjon, ikke forriglet mot brannalarm, "Trekk ut".	Startet i eller ved et skap som har stått i skolens sløydrom. Antatt årsak er åpen ild i en eller annen form, inne i skapet i ting/papirer eller lignende som har ligget der.	To brannvarslere i taket. Ventilasjon/trekkforhold kan ha ført til at melderne ikke har slått inn før åpne flammer har oppstått. Størst skade i sløydrommet, hele tilbygget har røyk og sotskader. Sot i hele bygget på 360 kvm, sløydsalen er ca. 120 kvm og har kraftige brannskader/totalskadet.	Alt teknisk med ventilasjon, elektro og rør er berørt av skaden i ulik grad. Generelt kreves sanering, maling, rengjøring av alle rom.	4.025.311,-
X, Oslo 2013 (dagtid).	Mistanke om på satt brann på toalett.	Berørt toalettanlegg inneholder 7 separate WC-rom, et fellesrom med servanter samt forgang og bod. Store røyk- og sotskader. Noe brannskader ved arnestedet.	Totalrehabilitering, sanering, maling, rens av ventilasjonsanlegg, bytting av ventiler og lydfeller da lukt har satt seg i isolasjonen. Anbefalt at også kanaler etter aggregat blir byttet.	558.530,-



Skole	Brannårsak	Skadeomfang	Utbedringer	Kostnader [NOK]
Mekanisk ventilasjon (CAV/VAV), "Trekk ut".				
XI, Oslo 2012. Mekanisk ventilasjon (CAV/VAV), Steng-inne.	Startet i datarom, enten i en laptop eller i en strømkontakt.	Da brannvesenet kom og fikk kontroll satte de i gang ventilasjonsanlegget, dette førte til at sot spredde seg i store deler av undervisningsbygget. Store sotskader, til sammen 9 klasserom, bibliotek, fellesganger og fellesrom er berørte.	Full sanering av ventilasjonsanlegget og elektrisk opplegg. Sanering av berørte rom.	2.309.000,-
XII, Oslo 2016. Mekanisk ventilasjon (VAV), "Trekk ut".	Brann i det ene ventilasjonsrommet i kjeller med elektrisk kjele som produserer varmtvann. Brann oppstod i tilførselsledninger i kjelen. Brannalarmen forårsaket at ventilasjonsanlegg og frostvakten ikke fungerte som normalt.	Røyken spredde seg oppover i bygningen. Brannvesenet slokket og satte bygget til lufting. Sot og røykskader i teknisk rom og på tre ventilasjonsanlegg. Ikke funnet sot i klasserom eller bygningen for øvrig. Frostskader i 3 stk varmebatterier.	Sanering og nedvasking. Reparasjon av ventilasjonsanlegg (rensing, filterbytte, varmebatterier), utbedring av røranlegget.	832.386,-
XIII, Bergen 2019 (natt). Naturlig ventilasjon.	Brannen startet i det elektriske anlegget (takvarme-system).	Skadeomfanget er konsentrert til musikkrommet og utvendig fasade ved musikkrom.	Skadealliansen ble innkalt for å sikre skadestedet, skadesanering og røykventilering for å hindre røyklukt fra brannen til flere klasserom. Hendelsen ble politietterforsket sammen med BKK (EL-tilsynet).	758.000,-
XIV, Bergen 2016 (kveld). Fredet bygg fra 1790	Arnested i 1. etasje. Påsatt brann etter innbrudd i tiliggende rom til trapperom.	Røykspredning videre opp trapperom.	Utluftning, rengjøring og utbedringer i rommet hvor brann oppstod.	293.000,-



Skole	Brannårsak	Skadeomfang	Utbedringer	Kostnader [NOK]
XV, Bergen 2017 (helg).	Utvendig påsatt brann.	Brann spredte seg inn til garderobe som ble utbrent. Brannrøyk spredte seg inn i gymsal og opp til 2 etasje (kontorer).	Utluftning, rengjøring og utbedringer av garderobe etter brannen. Hendelsen ble politietterforsket etter oppfordring fra Bergen kommune. Politiet oppgav elektrisk årsak til brannen. Bergen kommune mente den var påsatt. Dette ble bekreftet i videre etterforskning.	1.010.000,-
XVI, Trondheim 2019 (kveld).	Påsatt brann i sofa i korridor 1. etasje.	Korridor ble totalskadd, og det ble omfattende røykskader i hele skolen. Elevene måtte flytte ut et halvt år. Hendelsen skjedde i vinterferien, og ventilasjonsanlegget var avslått. Ventilene fungerte derfor som åpninger, og røyk kunne spres via kanalnettet i hele bygget.	Totalreovering. Kanalene i brannarealet ble skiftet ut.	9.060.000,-
XVII, Trondheim 2020 (morgen).	Påsatt brann i søppelkasse på guttetoiletet.	Lokale røykskader på toalett og tilstøtende rom.	Ventilasjonskanalene og aggregatet ble sjekket og rengjort.	850.000,-

7 Inneklima og helse etter brantilløp

Ved brann er det store mengder røyk og varme som produseres. Materialsammensetning, temperatur og oksygenkonsentrasjon er blant de tre viktigste elementene når det gjelder hvor helsefarlig røyken fra et brantilløp er. Branner starter vanligvis smått, men kan utvikle seg i ulikt tempo avhengig av forskjellige faktorer som for eksempel tilgang på brensel og oksygen. Etersom bygninger ofte har utstrakt bruk av syntetiske materialer er det stor risiko for dødelige brantilløp da det kan oppstå høye konsentrasjoner av røyk og giftige gasser (Stefanidou et al., 2008). Røyk er en kompleks blanding av karbondioksid (CO₂), vanddamp, karbonmonoksid (CO), flyktige organiske forbindelser (VOC), nitrogenoksider (NO_x), spormineraler og partikler (Stec, 2017).

Hvilke røykgasser og partikler som dannes under forbrenning avhenger av materialer, temperatur og oksygentilførsel. Flyktige røykgasser er oftest svært giftige og helseskadelige, og er et overordnet mål for en brannstrategi er å beskytte brukerne av bygningen mot røyk.

Om man opplever helseeffekter avhenger av mange faktorer, inkludert hva som er i brannrøyken, mengden, eksponeringstid og en del andre faktorer som livsstil og helsehistorikk. Partiklene som dannes i forbrenningsreaksjoner er ofte i fin- og ultrafin fraksjon, dvs. PM_{2,5} (finkornet svevestøv som er partikler med diameter mindre enn 2,5 mikrometer) og PM_{0,1} (ultrafint svevestøv som er partikler med diameter mindre enn 0,1 mikrometer). Disse kan inhaleres dypt ned i lungene og dermed er ved langvarig eksponering assosiert med blant annet hjerte-/kar- og luftveislidelser. Ved kortvarig eksponering kan det blant annet føre til forverring av luftveissymptomer og forsterke allergiske reaksjoner (Folkehelseinstitutt, 2015). Barn er betraktet som en sårbar gruppe og er derfor spesielt utsatt når de utsettes for røyk og sot.

Røyk vil trenge inn i porøse materialer og ulike forbindelser vil tas opp av materialene eller avsettes på overflater eller støv. Lettflyktige forbindelser vil raskt avgis igjen, mens flyktige og tungflyktige forbindelser vil avgis over lengre tid. Overflater vil ofte misfarges, og noen av røykgassene kan også reagere kjemisk med innholdet i materialene. Flere av forbindelsene som dannes i brann har lav flyktighet og lav luktterskel, noe som gjør at man kan kjenne røyklukt i svært lang tid etter en brann. Av spesiell interesse er polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) som gjerne spres med sotpartikler. IARC (International Agency for Research on Cancer) har identifisert 16 PAH-er som er klassifisert som kreftfremkallende. Mye oppmerksomhet har vært rettet mot PAH-er og økt kreftrisiko blant brannmenn sammenlignet med den generelle befolkningen (Stec et al., 2018).

Sot er meget fine partikler av tilnærmet rent karbon som dannes ved ufullstendig forbrenning av organiske materialer. Sotpartikler vil variere i størrelse og kjemisk sammensetning siden en brann vil forbrenne det som er tilgjengelig. Sotpartikler er lett synlige og kan binde seg til røykgasser og lett feste seg til overflater. Som med røykgasser, kan sotpartikler også lett penetrere porøse materialer (El-Fadel, 2000). Det er i disse porøse materialene at både lukt og sotpartikler kan være vanskelig å fjerne.

Rester av røyk og sot etter en brann avgir sjenerende lukt og kan føre til negative helseeffekter. Norges astma- og allergiforbund (NAAF) har laget en veileder for brann-/sot-/røykskader for sårbare grupper (NAAF, 2021) med en rekke tips og råd på hva som kan gjøres før og etter en brannskade. Disse skadebegrensende tiltakene er nevnt:

- Fjerning av ting som er berørt av røykgasser og sot. Økt ventilasjon sammen med økning av temperaturer kan raskere fortynne og fjerne røykgasser fra porøse materialer
- Sot og støv er kilder til lukt og bør fjernes så tidlig som mulig

- Midlertidig avstengning av de berørte bygningsdeler for å begrense spredning av lukt. Sot og støv flytter på seg hvis de virvles opp

8 Diskusjon og konklusjon

Litteratursøket viser at det er gjort mye forskning på ventilasjon og røykspredning, men ikke spesifikt på ventilasjonsanleggets funksjon under brann i skolebygg. Det er også lite litteratur å finne som omhandler "trekk ut"-strategien. Når ventilasjonsanlegget har en funksjon under branttilløp må anlegget kunne forhindre brann og røykspredning, samtidig som komponentene til ventilasjonsanlegget må være robuste nok til å tåle relative høye temperaturer (typisk 300 °C for by-pass viften). Komponenter som kan være utsatte er blant annet ventilasjonsfilter, tilluft- og avtrekksvifter, elektroniske komponenter og kanaler. Nyere forskning viser at trykkutvikling under tidlig brannvekstfase kan nå kritiske verdier i løpet av kort tid. Dette kan påvirke evakueringsmuligheter, røykspredning gjennom ventilasjonskanaler og skape risiko for kollaps av bygningselementer. Trykkoppbyggingen er avhengig av hovedsakelig tre faktorer: utviklingshastighet til brannen, luftmotstand i ventilasjonskanalene og infiltrasjonsegenskapene til brannrommet. Spesielt i nyere tid har temaet blitt viet økt oppmerksomhet da det bygges tettere bygg med mindre luftlekkasjer mellom rom og gjennom bygningskroppen. Alle moderne bygninger som opprettholder normale lufttetthetskrav kan få problemer med trykkoppbygging og røykspredning ved ugunstige ventilasjonsstrategier. «Steng inne»-strategier med stengning av brannspjeld i både tilluft- og avtrekkskanaler kan føre til såpass høye trykknivåer at man bør vurdere om konstruksjoner og brannspjeld i bygget vil tåle belastningene. «Trekk ut»-strategier har vist seg å være effektive for å avlaste trykket og kontrollere røykspredningen, men en del forutsetninger må først på plass, slik som tålegrensene for temperatur på systemkomponentene og saneringsbehovet for komponentene i etterkant av en brann.

Mange studier er gjort for å redusere antall branner i skoler, da dette er et stort problem. Skolebygg er ofte utsatt for brannstiftelse, spesielt på ubetjente steder, som i en søppelbøtte i korridoren, et ubemannet klasserom eller i toaletter og garderober. Andre arnesteder er på kjøkkenet, men disse gir ofte begrenset branttilløp og dermed små skader på eiendommen. Disse småbrannene fører sjelden til tap av liv, men kan få store økonomiske konsekvenser.

Kartlegging og funksjonstesting av ventilasjonsanleggets funksjon under brann ved skoler i Oslo, Bergen og Trondheim kommune viser at det er stor variasjon i dokumentasjonsgrunnlaget. Eldre skoler har som regel ikke et dokumentert brannkonsept, og man vet ikke hvordan anlegget fungerer under brann. For nyere skoler er det vanligvis beskrevet i brannkonseptet om ventilasjonsanlegget skal ha "trekk ut"- eller "steng inne"-strategi, og funksjonsbeskrivelsen fra RIV samsvarer i grove trekk med det som er prosjektert i brannkonseptet. Likevel gjorde man under funksjonstesting flere observasjoner, slik som:

- VAV-spjeld går ikke i 100 % maksimalt innregulerte luftmengder ved utløst brannalarm (bruker for lang tid)
- Pådrag for tilluft- og avtrekksvifte starter ikke samtidig, slik at det oppstår noe ubalanse i «trekk ut»-strategien
- Aggregater starter ikke opp igjen under nattmodus selv om brannalarmen utløses
- VAV-spjeld som sitter i kanalnettet, blir ikke påvirket av utløst brannalarm
- "Trekk ut" funksjon stenger tilluft, og girer ned avtrekk til 20 %
- Etter testslutt måtte aggregatene fysisk startes opp igjen på teknisk rom; de kunne ikke startes via det sentrale driftsanlegget (SD-anlegget)
- Røykdeteksjon i tilluft gav ingen signal til SD-anlegget eller brannalarmanlegget

Skoler som består av flere bygg har gjerne ulike brannstrategier, hvor det ofte oppstår uoverensstemmelse mellom brannstrategi og funksjon av ventilasjonssystem. Det er tilfeller hvor brannstrategien har vært misforstått, hvor "trekk ut" blir tolket som at ventilasjonsanlegg skal gires opp til fullt avtrekk ved brannalarm og avstengt tilluft. Mange skoler har såkalt "trekk ut light", der ventilasjonsanlegget fortsetter å gå som normalt, men ikke nødvendigvis gires opp til maksimale luftmengder ved brannalarm. Få av de kartlagte ventilasjonsanleggene ved de eldre skolene har bypass-vifte.

Under kartleggingen ved skolene så man at driftspersonell ikke alltid vet hvordan anlegget er tenkt å fungere under brann. Ved en skole trodde man for eksempel at det var brannspjeld i alle rom og at anlegget stoppet, men så viste det seg at anlegget var prosjektert med "trekk ut" strategi. Dette kan tyde på at ventilasjonsanleggets funksjon under brann er et tema som ikke er viet mye oppmerksomhet. Videre så man at det ikke finnes noen gode beskrivelser i FDV-dokumentasjonen for byggene hvordan ventilasjonsanleggets funksjon under brann skal testes i driftstiden. Problemstillingen vil bli undersøkt videre i prosjektets arbeidspakke *WP3 Kontroll og dokumentasjon av ventilasjonssystemer*.

Statistikk for perioden 2000-2021 viser at det har vært 1600 branner i norske undervisningsbygg. Kostnadene ved disse brannene varierer veldig avhengig av brannstørrelsen, med utbetalte erstatningsbeløp for opptil 73 MNOK for en enkelthendelse. Dette viser at skolebranner er et samfunnsproblem som koster samfunnet store verdier hvert år. Kartlegging av skolebranner i Oslo, Bergen og Trondheim kommune viser at brannstart ofte er utendørs eller i garderober og toalett, og da er brannen gjerne påsatt. Av ikke-påsatte branner er elektrisk feil den vanligste årsaken. Innendørs brannstart gir ofte store røykskader i bygget, og kostnadene ved sanering og gjenoppbygging er store.

Etter en brann vil kanalene og aggregatene i ventilasjonsanlegget kunne bli forurenset med sotpartikler. Hvilken innvirkning dette kan ha for inneklima og helse i etterkant av branntilløp vil bli undersøkt nærmere i prosjektets arbeidspakke *WP2 Komponenttesting*.

9 Referanser

Anseeuw, K., Delvau, N., Burillo-Putze, G., De Iaco, F., Geldner, G., Holmström, P., Lambert, Y., & Sabbe, M.

(2013). Cyanide poisoning by fire smoke inhalation: A European expert consensus. *European Journal of Emergency Medicine*, 20(1), 2–9. <https://doi.org/10.1097/MEJ.0b013e328357170b>

Audouin, L., Rigollet, L., Prétrel, H., Le Saux, W., & Röwekamp, M. (2013). OECD PRISME project: Fires in confined and ventilated nuclear-type multi-compartments - Overview and main experimental results. *Fire Safety Journal*, 62, 80–101. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.008>

Bøe, A. S., Sesseng, C., & Hox, K. (2019). *BRAVENT - Delrapport 2 Brannspredning i ventilasjonskanaler* (RISE-Rapport 2019:12; pp. 1–76). RISE Fire Research.

Bøe, A. S., Sesseng, C., & Stensaas, J. P. (2019). *BRAVENT - Delrapport 1 Teori- og kunnskapssammenstilling* (RISE-Rapport 2019:11; pp. 1–73). RISE Fire Research.

<https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2019/2019-11-bravent-rapport-1-teori-og-kunnskapssammenstilling.pdf>

- Brandt, O. (2015). *Håndbok Restverdiredning Veileder for RVR-Tjenesten* (pp. 1–72) [Håndbok]. Finans Norge. <https://www.rvr.no/siteassets/rvr-handbok-2015.pdf>
- Brohez, S., & Caravita, I. (2020). Fire induced pressure in airtight houses: Experiments and FDS validation. *Fire Safety Journal*, 114, 103008. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103008>
- Campbell, Richard. (2020). *Structure Fires in Schools* (NFPA Research, pp. 1–13). National Fire Protection Association (NFPA). <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Building-and-Life-Safety/Structure-fires-in-schools>
- El-Fadel, M. (2000). Hazard Assessment of Indoor Air Quality in Fire Damaged Buildings. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, 4(3), 99–104. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-025X\(2000\)4:3\(99\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-025X(2000)4:3(99))
- Folkehelseinstitutt. (2015). *Anbefalte faglige normer for innelima. Revisjon av kunnskapsgrunnlag og normer – 2015* (Rapport 2015:1; pp. 1–147). Folkehelseinstituttet. <http://www.fhi.no/publ/2015/anbefalte-faglige-normer-for-innekl/>
- Fourneau, C., Cornil, N., Delvosalle, C., Breulet, H., Desmet, S., & Brohez, S. (2012). Comparison of Fire Hazards in Passive and Conventional Houses. *Chemical Engineering Transactions*, 26, 375–380. <https://doi.org/10.3303/CET1226063>
- Hostikka, S., Janardhan, R. K., Riaz, U., & Sikanen, T. (2017). Fire-induced pressure and smoke spreading in mechanically ventilated buildings with air-tight envelopes. *Fire Safety Journal*, 91, 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.04.006>
- Johansson, N., Mcnamee, M., & van Hees, P. (2020). *ANLAGD BRAND i skolor och förskolor: Trender och uppföljning av åtgärder*. (No. 3230; TVBB). Lund University.

Li, J., Beji, T., Brohez, S., & Merci, B. (2020). CFD study of fire-induced pressure variation in a mechanically-ventilated air-tight compartment. *Fire Safety Journal*, 115, 103012.

<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103012>

Li, J., Pr treel, H., Suard, S., Beji, T., & Merci, B. (2021). Experimental study on the effect of mechanical ventilation conditions and fire dynamics on the pressure evolution in an air-tight compartment.

Fire Safety Journal, 125, 103426. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103426>

Mowrer, F. W. (2009). Driving Forces for Smoke Movement and Management. *Fire Technology*, 45(2), 147–162. <https://doi.org/10.1007/s10694-008-0077-1>

NAAF. (2021). *Veileder ved brann-/sot-/r ykskader for s rbare grupper*.

https://www.naaf.no/fokusomrader/inneklima/Veiledere_regelverk/veiledning-brann-og-sotskader/

Pr treel, H., Le Saux, W., & Audouin, L. (2012). Pressure variations induced by a pool fire in a well-confined and force-ventilated compartment. *Fire Safety Journal*, 52, 11–24.

<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2012.04.005>

Pr treel, H., & Such, J. M. (2005). Effect of ventilation procedures on the behaviour of a fire compartment scenario. *Nuclear Engineering and Design*, 235(20), 2155–2169.

<https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2005.03.003>

Stec, A. A. (2017). Fire toxicity – The elephant in the room? *Fire Safety Journal*, 91, 79–90.

<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.05.003>

Stec, A. A., Dickens, K. E., Salden, M., Hewitt, F. E., Watts, D. P., Houldsworth, P. E., & Martin, F. L. (2018).

Occupational Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Elevated Cancer Incidence in Firefighters. *Scientific Reports*, 8(1), 2476. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20616-6>

Stefanidou, M., Athanaselis, S., & Spiliopoulou, C. (2008). Health Impacts of Fire Smoke Inhalation.

Inhalation Toxicology, 20(8), 761–766. <https://doi.org/10.1080/08958370801975311>

- Stølen, R., & Bøe, A. S. (2021). *BRAVENT - Tetting av ventilasjonsfilter med brannrøyk* (RISE-Rapport 2021:32; pp. 1–31). RISE Fire Research. <https://risefr.com/media/publikasjoner/upload/2021/riese-rapport-2021-32-bravent-tetting-av-ventilasjonsfilter-med-brannroyk.pdf>
- Wade, P., Teeman, D., Golden, S., Wilson, R., & Woodley, V. (2007). *The impact of school fires: A study of wider economic and social impacts on schools and the local community*. (No. 03/07; LGA Research, pp. 1–49). National Foundation for Educational Research.
- Yu, Y., Chu, Y., & Liang, D. (2014). Study on Smoke Control Strategy in a High-rise Building Fire. *Procedia Engineering*, 71, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.021>