

Resultatrapport BEST VENT prosjektet

1 Mål og bakgrunn

Bakgrunn

Behovsstyrt ventilasjon eller DCV (demand-controlled ventilation) er den dominerende ventilasjonsstrategien for nyere skoler og kontorbygg i Norge og Norden, motivert av nasjonale krav for å redusere klimagassutslipp og lønnsomhet - muliggjort av nyere teknologisk utvikling. Inneluftkvaliteten påvirkes av personene i rommet, uteluftkvaliteten, temperatur og emisjoner fra materialer og prosesser. Disse forurensningskildene kan variere i styrke. Formålet med en DCV-strategi er å respondere på disse dynamiske kildene for å nå ønsket kvalitet på inneluften med tilstrekkelig lav konsentrasjon av uønskede gasser og partikler. DCV-strategi er definert av valgene av minste luftmengde (V_{\min}), største luftmengde (V_{\max}) og styringsstrategi mellom minste og største luftmengde. Utgangspunktet for BEST VENT er de DCV-strategiene som typisk brukes i dag. Imidlertid er tidligere forskning på ventilasjonsluftmengde stort sett gjort under statiske betingelser, til tross for at vi har dynamiske eksponeringsforhold. I tillegg er dagens myndighetskrav til luftmengder og ventilasjonsstrategier inkonsistente, skaper forvirring og mangler oppdatert faglig forankring. Det er derfor et klart behov for strukturert forskning på varierende forurensning for å finne den beste DCV-strategi og omforene regelverket rundt luftmengder og ventilasjonsstrategier.

Hovedmål

BEST VENT skal bidra til mer kunnskap og anbefalinger om riktige luftmengder og ventilasjonsstrategier for DCV i skoler og kontorbygg. Prosjektet ønsker å finne fram til robuste anbefalinger basert på faktisk eksponeringsrisiko, bruksmønster og optimal energibruk.

Forsknings spørsmål

1. Hva er lavt og høyt forurensningsnivå og hvordan er dette nivået relatert til initial og faktisk materialutslipp i bruksfasen?
2. Hva er kunnskapen bak de tre nasjonale ventilasjonsnivåene våre? 2,5-3,6-7,2 ($\text{m}^3/\text{t}/\text{m}^2$)
3. Hva er de beste kombinasjonene av minimum ventilasjon og ekstra ventilasjon?
4. Hvordan kan ventilasjonsstrategier best redusere risiko og øke robustheten?

2 Resultater

De konkrete resultatene knyttes til de enkelte forskningsspørsmålene:

1a) Hva er lavt og høyt forurensningsnivå?

Inneklima er undersøkt med tre hovedmetoder på Fernanda Nissen skole; 1) passive målinger i klasserom, 2) målinger i med høy tidsoppløsning i et klasserom over en lengre tidsperiode, 3) rapportering fra testpanel. Måleparametere inkluderte gasser (NO_2 , ozon, CO_2), relativ fuktighet, luftmengder, temperatur, flyktige organiske forbindelser, partikler, formaldehyd og acetaldehyd. Passive målinger er også foretatt i nye paviljonger på Nøklevann skole og i nyrehabilitert kontorlokale, og rapportering fra testpanel har vært brukt i forsøk med teppegulv hos OsloMet.

Resultatene indikerer at bruk av testpersoner er effektivt for å oppdage forskjeller mellom klasserom. Klasserom som er oppført med lavemitterende materialer gir generelt god opplevd luftkvalitet, men noen rom viste at det ikke alltid er tilfelle. Dette kan blant annet knyttes til møblement og brukerstyr og understøttes av resultatene fra passive målingene. Manglende renhold viste seg også raskt å påvirke luftkvaliteten.

Direktevisende målinger viser at forurensningsnivået i klasserom er høyest på morgenen før ventilasjonen skrues på og når det er et fullt klasserom. Ved å justere oppstartstiden for ventilasjonen kan vi sørge for at brukerne ikke blir eksponert for høye forurensningsnivåer når de kommer inn i rommet. Resultatene viser at tidligere anbefalinger ikke har tatt tilstrekkelig hensyn til reaksjoner

mellom gasser i utelufta og innendørs kilder. Resultatene har gitt oss ny kunnskap om V_{\min} i en behovsstyringsstrategi.

1b) Hvordan er dette nivået relatert til initial og faktisk materialutslipp i bruksfasen?

Initiell materialutslipp: En anbefaling om ventilasjonsstrategi for første driftsår for nye og ny oppussede bygg er blitt utarbeidet på bakgrunn av et litteraturstudium (SINTEF rapport og vitenskapelig publikasjon). Prosjektet har anbefalt Direktoratet for Arbeidstilsynet om å revidere sine anbefalinger på bakgrunn av dette.

Faktisk materialutslipp i bruksfasen: Resultatene viser at ved bruk av lavemitterende materialer, selv med møblement og brukerutstyr, er konsentrasjoner av flyktige organiske forbindelser stort sett under deteksjonsnivået for GC/MS- analyse av prøver tatt på Tenax over en uke med de nåværende ventilasjonsluftmengdene. Dette ser derimot ikke ut til å være tilfellet for helt nye paviljongskoler. En vitenskapelig artikkel/fagrapport for disse funnene vil bli publisert etter prosjektets slutt.

2. Hva er argumentene og kunnskapen bak de tre nasjonale ventilasjonsnivåene våre? 2,5-3,6-7,2 (m³/t)/m²

Minimum ventilasjon benyttes generelt mer i Norge enn andre nordiske og vestlige land. Både ASHRAE 62.1 og Norsk Standard NS15251+NA2014 (utgått) spesifiserer minimum ventilasjon per gulvareal, derav 2,5 tilsvarer anbefalingen for rom med lavemitterende materialbelastning (kat. II). Oslo kommune krever minst 7.2 (m³/t)/m² (<http://skok.no>) i sine bygg, avhengig av romtype. Lavere luftmengder kan gi klager og problemer, i de fleste tilfeller forårsaket av temperatur. Større luftmengde betyr også mer ventilasjonskjøling, noe det i perioder er behov for. Prosjektet har ikke funnet vitenskapelige begrunnet kunnskap bak disse ventilasjonsnivåene.

3. Hva er de beste kombinasjonene av minimum ventilasjon og ekstra ventilasjon?

Feltforsøkene er gjort i klasserom, resultatene er dermed begrenset til skoler.

Minimumsventilasjon (V_{\min}): Resultat fra forsøkene med testpanel viser at for klasserom som er planlagt lavemitterende, har det lite effekt å ha en V_{\min} utover 3,6 m³/t m², og i godt rengjorte klasserom uten særlig belastning fra brukerutstyr eller møbler kan dette reduseres ytterligere til 2,5 m³/t m². Ved nattstengning av ventilasjonen bør oppstart om morgenen ta hensyn til innendørskjemi og partikkeldannelse. Dette kan skje gjennom tidligere ventilasjonsstart, større luftmengde, gassfilter i tilluft eller spesielle tiltak for å unngå at det avgasses umettede organiske forbindelse, spesielt limonen og andre terpenener.

Ekstra ventilasjon (V_{\max}): Resultater av undersøkelser med frivillige forsøkspersoner tyder ikke på at det gir positiv effekt på symptomintensitet, opplevd inneklima eller prestasjoner å øke V_{\max} utover 26 m³/t per voksen person ved lav aktivitet. Det kan imidlertid være behov for ulike CO₂-settpunkt for ulike brukergrupper.

4. Hvordan kan ventilasjonsstrategier best redusere risiko og øke robustheten?

Prosjektet har gjennom ekspertintervjuer og forsøk i felt identifisert en rekke mulige feilkilder i DCV-anlegg, og analysert konsekvensene av disse. Det er videre avdekket variasjon mellom tilsynelatende identiske rom, og mellom ulike brukergrupper. For å redusere risiko er det behov for kvalitetskontroll i prosjektering og ved overlevering samt oppfølging i driftsfasen. Overdimensjonering og store sikkerhetsmarginer for luftmengder er ikke nødvendigvis et godt bidrag til robusthet.

BEST VENT Tool ble utviklet for å fungere som kvalitetssikring når det gjelder luftmengde og spjeldvalg, samt gi økt bevissthet rundt valgt luftmengde, og da spesielt V_{\min} . Verktøyet er testet og tatt i bruk av industripartnere Eriksen & Horgen og Multiconsult.

Resultatene har blitt formidlet gjennom journal- og konferanseartikler. I tillegg har fagartikler, medieoppslag, og faglige presentasjoner om BEST VENT resultatene blitt formidlet på ulike fagarenaer. En Post-Doc, 7 master- og 2 bachelorstudenter har vært tilknyttet BEST VENT prosjektet.

Forskningsspørsmålene er, slik det er vist over, belyst og i hovedsak besvart gjennom forskningsaktivitetene. I tillegg har prosjektet gitt ny kunnskap om læringseffekter i prestasjonstester, erfaring med bruk av utrent testpanel for evaluering av luftkvalitet og hvordan teppegulv kan påvirke innelufta selv etter at primær avgassing er redusert til et minimum.

3 FoU oppgaver og aktører

Disse forskningsmiljøene har deltatt i prosjektet:

- SINTEF Community (prosjektleder), Oslo
- NILU – Norsk institutt for luftforskning, Kjeller
- OsloMet – storbyuniversitet, institutt for bygg – og energiteknikk, Oslo

I tillegg har disse bidratt gjennom samarbeid / underleveranser:

- UiO (Universitetet i Oslo), Psykologisk institutt og Kjemisk institutt, Oslo
- HVL (Høgskolen på Vestlandet), Bergen (bachelorstudenter)

De viktigste FoU oppgavene er utført av følgende parter (oppgaveansvarlig uthevet)

- Anbefaling om ventilering i tidlig avgassingsfase **SINTEF, OsloMet**
- Passive målinger av kjemiske komponenter i klasserom **SINTEF, NILU og OsloMet**
- Direktevisende målinger i klasserom **SINTEF, NILU, UiO og OsloMet**
- Avanserte målinger av partikler og flyktige organiske forbindelser med høy tidsoppløsning (NILUs regning) **NILU, UiO (innleid for**
- Utvikling av prestasjonstester for personbaserte målinger **SINTEF, UiO**
- Utvikling av BEST VENT verktøy **SINTEF**
- Masteroppgaver **SINTEF, OsloMet**
- Bacheloroppgaver **SINTEF, HVL**

4 Prosjektgjennomføring og ressursbruk

Prosjektet er gjennomført med kostnader ihht budsjett. Sluttfrist for prosjektet ble innvilget utsatt til 01.02.2020, og noen ressurser er derfor flyttet til 2020. Prosjektet siste år ble gjennomført med en partner mindre enn foregående, da Hjellnes Consult ble en del av Multiconsult. Etter første fase av prosjektet ble det tydelig at man måtte bruke mer av budsjettet på å gjøre mer avanserte målinger, istedenfor å gjøre passive målinger i flere andre skoler. Det ble derfor allokert midler innenfor prosjektet til å gjøre målinger av partikkelstørrelsesfordelinger med NILU sitt SMPS-instrument (Scanning Mobility Particle Sizer). For å få økt forståelse av de kjemiske prosessene som pågår innendørs finansierte NILU i tillegg måling av flyktige organiske forbindelser (leie av et PTR-MS instrument gjennom UiO) fra egne midler.

Det har vært en god og effektiv arbeidsdeling mellom SINTEF, NILU og OsloMet i hele prosjektperioden. Sluttseminar for prosjektet er planlagt gjennomført første kvartal 2020.

Undervisningsbygg Oslo KF og Fernanda Nissen skole i Oslo, har gjennom hele prosjektet vært meget fleksible og løsningsorienterte, og vært en avgjørende suksessfaktor for prosjektet. Multiconsult og Erichsen & Horgen har vært spesielt viktige bidragsytere i henholdsvis utvikling og testing av BEST VENT Tool.

5 Forventet nytteverdi

Resultatene fra BEST VENT forventes å ha følgende betydning/nytteverdi:

For forskningsfeltet: Målingene viste at det bør tas hensyn til innendørs kjemiske prosesser og partikkeldannelse ved fastsettelse av reguleringsstrategier for DCV- ventilasjonssystemer og reguleringsstrategi. Dette vil ha betydning for forskning på inneklime, energieffektivitet og -fleksibilitet i bygninger med DCV.

For kompetanseutvikling: Prosjektdeltakerne har fått en større forståelse av hvordan DCV systemet virker (V_{\min}/V_{\max}), reaktiv innendørskjemi og effektene av reguleringsstrategi på inneklime. Dette vil bli videreformidlet gjennom undervisning (Oslo Met) og kurs og anvisninger i Byggforskserien (SINTEF).

For næringslivet: BEST VENT Tool er utviklet i samarbeid med Multiconsult AS, og er allerede blitt tatt i bruk av to av næringslivspartnerne i flere av prosjektene deres. Mange av resultatene fra feltforsøkene implementeres i drift av ventilasjonssystemene hos industripartnerne, særlig valg av V_{\min} og reguleringsstrategier.

For samfunnet for øvrig: Bedre kunnskap om riktig DCV-reguleringsstrategi av ventilasjonssystemer i skoler og bygg. Dette bidrar til at bygg blir mer energieffektive, får mindre funksjonsfeil samt at brukerne får et bedre inneklime.

6 Oppfølging og videre utnyttelse

For næringslivspartnerne vil det være aktuelt å anvende BEST VENT Tool for ventilasjonsprosjektering framover. To versjoner av BEST VENT Tool ble utviklet, og det er gode muligheter for videreutvikling av disse i framtiden.

Resultatene fra BEST VENT prosjektet har og vil bli formidlet via <https://www.sintef.no/projectweb/best-vent/> med lenker til BEST VENT Tool og relevante publikasjoner. Resultatene fra BEST VENT vil også blir brukt i fremtidige faglige presentasjoner, og implementeres i fremtidige kommersielle kurstilbud.

Metoder fra prosjektet er planlagt inn i et nystartet forskningsprosjekt om boligventilasjon, samt i ny søknad til Norges Forskningsråd i 2020.

7 Resultater etter prosjektslutt

Gjenværende resultatene forventes å bli ferdigstilt etter prosjektslutt i form av vitenskapelige publikasjoner, herunder to journalartikler og to konferanseartikler. Lenkene til disse vil bli lagt ut på <https://www.sintef.no/projectweb/best-vent/>

Et sluttseminar vil bli arrangert 28 april 2020, der prosjektet oppsummeres for partnere and andre interesserte. Seminaret vil bli streamet, lagret i etterkant og tilgjengelig på prosjektwebsiden til BEST VENT prosjektet.