

Kartlegging av inneklima ved installasjon av balansert ventilasjon i eldre bolig

Adrian N. Grotle
Emil A. Kjerpeset
Martin E. Lien

Bacheloroppgave i Energiteknologi
Bergen, Norge 2020



Kartlegging av inneklima ved installasjon av balansert ventilasjon i eldre bolig

Adrian N. Grotle

Emil A. Kjerpeset

Martin E. Lien

Institutt for Maskin- og Marinfag
Høgskulen på Vestlandet
NO-5063 Bergen, Norge

Høgskulen på Vestlandet
Fakultet for Ingeniør- og Naturvitskap
Institutt for maskin- og marinfag
Inndalsveien 28
NO-5063 Bergen, Norge

Omslag fotografi © Norbert Lümmen

English title: Mapping of indoor air quality when installing mechanical ventilation in older residence

Forfatter(e), studentnummer:	Adrian N. Grotle	h572000
	Emil A. Kjerpeset	h571992
	Martin E. Lien	h152088

Studieprogram:	Energiteknologi
Dato:	Mai 2020
Rapportnummer:	IMM 2020-M80
Veileder ved HVL:	Jørgen Knutsen
Oppdragsgiver:	HVL
Oppdragsgivers referanse:	Anne Sofie Handal Bjelland

Antall filer levert digitalt:	5
-------------------------------	---

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av tre studenter som et avsluttende arbeid for bachelorstudiet Energiteknologi ved Institutt for Maskin- og Marinfag (IMM) på Høgskulen på Vestlandet (HVL). Oppgaven ble til etter et møte med oppgavegiver Anne Sofie Handal Bjelland, høgskulelektor fra Institutt for byggfag ved HVL. Ved starten av prosessen var oppgaven rettet mot vedlikehold og hvordan dette påvirker inneklimaet og effekten av et balansert ventilasjonsanlegg. Oppgaven skiftet senere fokus til å kartlegge effekten og opplevelsen av inneklimaet til beboere som har etterinstallert balansert ventilasjon. Dette ble gjort med veiledning fra intern veileder Jørgen Knutsen, rådgiver VVS fra Norconsult AS og oppgavegiver Anne Sofie Handal Bjelland.

Vi vil gi en stor takk for god veiledning til Jørgen Knutsen og Anne Sofie Handal Bjelland. Videre vil vi takke Fana Blikk AS for hjelp med å finne en bolig hvor vi kunne foreta målinger, og Enova for hjelp med tilbakemelding og utsending av spørreundersøkelsen. Til slutt vil vi takke beboerne som stilte boligene sine til disposisjon for målinger og deltakerne som svarte på spørreundersøkelsen.

Sammendrag

Temaet for denne bacheloroppgaven er balansert ventilasjon, inneklima og eldre boliger. Problemstillingen er derfor: Hva er effekten på inneklima og beboers opplevelse etter installasjon av balansert ventilasjon i eldre bolig?

Det er allerede flere rapporter som viser til hvordan balansert ventilasjon i passivhus, bygg som er bygd etter TEK 10 og hus som har gjennomgått en helhetlig oppgradering, gir en positiv innvirkning på inneklimaet. Dette er vist gjennom beboernes tilfredshet og case studier. Det er manglende dokumentasjon av hvilken effekt installasjon av balansert ventilasjon har på inneklimaet i eldre boliger, hvor det ikke er gjort andre energiltak. Beboernes opplevelse av eget inneklima blir dokumentert ved hjelp av en spørreundersøkelse. Boligcasene blir gjennomført for å vise endringer av inneklimafaktorer ved installasjon av balansert ventilasjon. Det konkluderes med at resultatene fra eldre boliger etter installasjon, er positive. Både måleresultatene fra boligcasene og data fra spørreundersøkelsen viser en forbedring av inneklimaet, noe som kan bidra til økt komfort og samtidig redusert risiko for helserelevante problemer. Forskjellen mellom inneklimaet i eldre boliger som ikke har gjort andre energiltak og boliger med en helhetlig oppgradering er liten, ifølge beboernes opplevelse av eget inneklima.

Abstract

The theme for this bachelor thesis is mechanical ventilation, indoor air quality and older residences. Therefore, the problem statement is: What is the effect on indoor air quality and the residents experience after the installation of mechanical ventilation in older residences.

There are already several reports that refer to the positive effect on indoor air quality when installing mechanical ventilation in passive houses, buildings built after TEK 10 and buildings with a comprehensive upgrade. This is shown through residents' satisfaction in surveys and with case studies. There is a lack of documentation of the effects mechanical ventilation has on the indoor air quality in older residences, where no other energy measures have been done. The residents' experience of their indoor air quality is documented with a survey. Case studies are performed to show the change when installing mechanical ventilation. In conclusion, the results from older residences after the installation is positive. Both the data from the case studies and the data collected from the surveys, show an improvement of indoor air quality, which can lead to an increase in comfort and a reduced risk for health-related problems. The difference between the indoor air quality in older residences where no energy measures have been done and buildings with a comprehensive upgrade, is small according to the residents own experience of the indoor air quality.

Innhold

Forord.....	V
Sammendrag.....	VII
Abstract.....	IX
1. Innledning.....	1
2. Teori.....	3
2.1 Litteratur bakgrunn.....	3
2.2 Bakenforliggende teori.....	4
2.2.1 Inneklima.....	4
2.2.2 Psykososial atferd.....	7
2.2.3 Ventilasjonsmetoder.....	8
2.2.4 Energitiltak.....	10
3. Metode.....	11
3.1 Spørreundersøkelse.....	11
3.2 Boligcaser.....	13
3.2.1 Testobjekter.....	13
3.2.2 Utstyr.....	14
3.2.3 Fremgangsmåte.....	14
3.2.4 Intervju.....	14
3.2.5 Forventninger.....	15
3.3 Avgrensninger og feilkilder.....	15
4. Resultat.....	16
4.1 Spørreundersøkelse.....	16
4.2 Resultater for bolig B.....	25
4.3 Resultater for bolig Ø.....	29
5. Diskusjon.....	34
5.1 Trekk.....	35
5.2 Temperatur.....	36
5.3 Relativ fuktighet.....	38
5.4 Luftkvalitet.....	40

5.5	Støy.....	41
5.6	Avsluttende kommentarer	42
6.	Konklusjon	43
	Referanser.....	45
	Liste over Figurer	49
	Liste over Tabeller.....	50
	Vedlegg 1	51
	Vedlegg 2	53
	Vedlegg 3	54

1. Innledning

Det er i dag et skifte i byggebransjen og resten av samfunnet, hvor det er et større fokus på energieffektivisering for å redusere global oppvarming. For boliger gjøres dette med tiltak som å sørge for at bygningskroppen er tett og godt isolert. Med overgangen til tette og godt isolerte boliger, er det økt bekymring knyttet til inneklimate. Behovet for luftskifte i disse boligene blir større, og det er derfor vanlig å installere balansert ventilasjon for å forbedre inneklimate.

Tilstanden på inneklimate har en innvirkning på helsen til beboerne. En samlerapport fra Verdens helseorganisasjon (WHO) Regional Office for Europe [1], ser på leveår justert for funksjonshemming (DALY) [2], skader og dødsfall, i relasjon til boliger som ikke har en tilfredsstillende standard. I delen av rapporten som tar for seg faktorer ved inneklimate, blir det blant annet sett på CO₂ forgiftning, temperatur, fukt og mugg. Samlerapporten viser til at luftveissykdommer som astma er mest utbredt for barn og unge i boliger hvor det er høy konsentrasjon av fukt og mugg. I tilfeller hvor astma for barn er tilknyttet boliger med fukt og mugg, er estimatene i rapporten 0,07 døde og 50 DALYs per 100 000 av fukt og 0,06 døde og 40 DALYs per 100 000 av mugg. En av løsningene for fukt og mugg som legges frem i rapporten, er ventilasjonsmetoder for å regulere oppbyggingen av fukt [1, p. 210].

Inneklimate er tidligere dokumentert for passivhus, boliger bygget etter kravene fra tidligere TEK 10 eller eldre boliger hvor det har vært en helhetlig oppgradering. I disse tilfellene har boligene en kombinasjon av balansert ventilasjon og en energieffektiv bygningskropp, som påvirker inneklimate i boligen. Tidligere samlerapporter som Evaluering av boliger med lavt energibehov (EBLE) [3] og Enova boligoppgradering [4], dokumenterer beboernes tilfredshet med inneklimate, som bekreftes av målinger i EBLE. I dag er balansert ventilasjon med i støtteprogrammet til Enova som et tiltak for å bedre inneklimate, redusere energiforbruk eller ved planlagt oppgradering av bygningskroppen [5]. Etter samtale med oppgavegiver Anne Sofie Handal Bjelland, høgskolelektor ved Institutt for byggfag på Høgskulen på Vestlandet (HVL), kom det frem at det er manglende dokumentasjon av effekten balansert ventilasjon har på inneklimate i eldre boliger hvor det ikke er gjort en helhetlig oppgradering. Disse boligene vil ikke være like lufttette som de helhetlig oppgraderte boligene, og luftskiftet styres som regel ved hjelp av naturlig ventilasjon ved åpning av vindu, dører og av infiltrasjonstap. Dette fører ikke til tilstrekkelig luftskifte i alle tilfeller, noe som kan påvirke opplevelsen av inneklimate, da luftskiftet bidrar til et godt inneklimate. Det er derfor interessant å se på hvordan installasjon av balansert ventilasjon påvirker inneklimate i eldre boliger, hvor det ikke er gjort andre energitiltak.

Problemstillingen for oppgaven er: *Hva er effekten på inneklimate og beboers opplevelse etter installasjon av balansert ventilasjon i eldre bolig?*

Effekten balansert ventilasjon har på inneklima skal dokumenteres gjennom 2 kvalitative boligcaser og en kvantitativ spørreundersøkelse. Målet med boligcasene er å dokumentere effekten på CO₂-konsentrasjon, relativ fuktighet og lufttemperatur i boligene og beboers tilfredshet med installasjon av balansert ventilasjon. Disse boligene vil ikke gi noen data som kan generaliseres, og det blir derfor utarbeidet en spørreundersøkelse for å få et større datasett, som kan gi en indikasjon på tilfredshet med inneklima i boliger som har installert balansert ventilasjon.

2. Teori

Dette kapitelet er delt i to deler. Litteratur bakgrunn ser på rapporter som er brukt som bakgrunn for oppgaven. Bakenforliggende teori presenterer relevante begreper og temaer. Til innhenting av data og teori brukes nettressurser fra biblioteket ved HVL, som Byggforskserien og søkemotoren Oria. Videre brukes søkemotoren Google Scholar for nettsøk.

2.1 Litteratur bakgrunn

Samlerapporten EBLE [3] viser gjennom en beboerstudie i passivhusene og TEK10 boligene at beboerne har høye forventninger til inneklima. De fleste som var med i studiet opplevde også en god luftkvalitet i egen bolig, med noen unntak under vintersesongen, hvor det kan oppleves tørr luft. Dette bekreftes med målinger av temperatur, relativ fuktighet (RF) og CO₂-konsentrasjonen i soverom for 13 av boligene. Konsentrasjonen av CO₂ var over 1000 ppm 4 % av tiden, når det er tatt høyde for brukertiden til soverommet. Målingene av RF er lave i vinterhalvåret. Av beboere som ble intervjuet, ville de fleste ha en innetemperatur mellom 22-24 °C i oppholdsrom gjennom oppvarmings sesongen fra oktober til mars. For andelen av beboere som ikke var fornøyd med innetemperatur, ble det ofte oppdaget tekniske feil. Egen komfort er trukket fram som viktigere enn energisparing for beboerne.

I den danske rapporten «*Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse*» [6] forklarer Gram-Hanssen og Hansen hvordan den teoretiske verdien for et hus med lav energimerking som oppgraderes til passivhusstandard, har et høyere energiforbruk enn antatt. Dette forklares ved at personer bruker den energien som spares med energieffektiviserende tiltak til å øke egen komfort. Det ble utregnet en teoretisk verdi for hvor mye strøm beboere i energieffektive (A-merkede) til ikke-energieffektive (G-merkede) boliger bruker. Det viste seg at den teoretiske verdien for G-merkede boliger var større enn antatt og at personer i G-boliger benyttet i gjennomsnitt 52,3 % mindre strøm enn antatt. I A-boliger var det en motsatt effekt og beboere i A-merkede boliger brukte i gjennomsnitt 55,8 % mer enn den teoretiske utregnede strømbruken. Dette forklares ved at beboere som sparer energi i energieffektive boliger, vil ha mulighet til å varme boligen sin opp til en høyere temperatur, ha en lengre fyringssesong eller ha et større oppvarmet areal. Så i stedet for å spare energi på å få boligen sin oppgradert, ble heller spart strøm benyttet til å øke komfort i egen bolig. Denne effekten beskrives i «*Sorrell, Dimitropoulos, & Sommerville, 2009*» [7], som rebound effekten. Der ble det funnet ut at omtrent 20 % til 50 % av den energien som ble spart i energieffektiviserende tiltak, ble brukt til å øke egen komfort. Denne effekten blir spesielt sett i boliger som går fra en dårlig til en bedre energimerking.

Rapporten «*Enova boligoppgradering*» [4] viser til forandring på innemiljøet etter en helhetlig oppgradering av bolig. Beboere viser til innemiljøet som tilfredsstillende etter oppgraderingen. Det oppleves mer behagelig å oppholde seg i boligen enn tidligere. Avvik som har blitt registrert hos noen av beboerne er problemer med for høy eller for lav temperatur, samt støy fra ventilasjonsanlegg.

«*Anbefalte faglige normer for inneklime. Revisjon av kunnskapsnormer*» [8] er en rapport utgitt av Folkehelseinstituttet (FHI). Dette er en oppdatering av tidligere normer, som er utarbeidet for å oppnå et bedre inneklime. I rapporten blir det gjort risikovurdering for de ulike faktorene som påvirker inneklimeet. Det blir lagt frem forekomst, helseeffekter og deretter presentert normer og råd for hver av faktorene, som skal bidra til å oppnå bedre inneklime. Normene er ikke rettslig bindende, men gir anbefalinger for hvordan bestemmelse i lov eller forskrift bør eller kan oppfylles.

Örebro-skjemaet er spørreskjema som blir tatt i bruk for å kartlegge hvordan de ulike faktorene som påvirker inneklimeet blir opplevd. Universitetssykehuset i Örebro utarbeidet denne metoden på 1980-tallet i samarbeid med WHO [9]. Spørreskjemaet er blitt benyttet både nasjonalt og internasjonalt [10]. Dette gir en mulighet for sammenligning med resultater fra andre undersøkelser.

Byggteknisk forskrift oppgir de tekniske krav som stilles til byggverk. Her settes det en minimumsgrense til egenskaper et bygg må ha for å kunne godkjennes i Norge. TEK 17 er den nyeste versjonen og denne veilederen henviser til funksjonskrav. Disse blir ofte tolket og gjelder som ytelseskrav i forskriften. Forskriften har et eget kapittel som omhandler inneklime og helse. Målet med disse kravene er å forebygge helseproblemer og negativ opplevelse av komfort i bygg [11]. TEK 17 bygger videre på TEK 97 og TEK10. Forskriftene har blitt oppdatert med nye lover, blant annet er det blitt strengere krav til isolasjon, lufttetthet og energieffektive ventilasjonsanlegg [12].

2.2 Bakenforliggende teori

2.2.1 Inneklime

Verdens Helseorganisasjon har definert inneklimeet i fem underkategorier. Disse er termisk og atmosfærisk klima, samt aktinisk, akustisk og mekanisk miljø. Blir det estetiske og det psykososiale også tatt i betraktning, har man den totale oppfattelse av innemiljøet [13].

Det termiske klimaet omhandler fysiske faktorer som lufttemperatur, strålingstemperatur fra omgivende flater, lufthastighet i oppholdssonen (trekk) og relativ fuktighet. Lufttemperaturen kan defineres som temperaturen i luften i oppholdssonen til en person, som er 1,1 m over gulv. Ved å ta gjennomsnittet av lufttemperaturen og strålingstemperatur fra gulv, vegg og himling, finner man den operative temperaturen i rommet. Den operative temperaturen gir et bedre mål for hvordan personer opplever temperaturen i rommet [14]. For å oppnå termisk komfort, må temperaturen være riktig, både for

kroppen som en helhet og for kroppsdeler som blant annet hender og føtter. Den totale termiske komfort handler om at en skal føle seg tilfreds, noe som avhenger av faktorene inneklima, bekledning og aktivitetsnivå. Mennesker har forskjellige preferanser og kan oppleve det samme termiske inneklimate forskjellig. Det kan oppstå problemer med komfort og helse dersom lufttemperaturen er for høy eller for lav. Muskelfunksjoner og arbeidsprestasjon reduseres, samtidig som sjansen for ulykker øker. Det kan oppstå ubehag ved at luften oppleves tørr, dersom lufttemperaturen er for høy. Om det både er høy relativ fuktighet og temperatur, kan det føre til vekst av husstøvmidd og mikroorganismer, samt fremme emisjoner fra overflatemateriale i rommet [15].

Trekk oppfattes som luft i bevegelse som fører til en nedkjøling av kroppen og det vil påvirke hvordan enkeltindividet opplever det termiske inneklimate. Ved økende hastighet på luften, vil kjølevirkningen øke. Turbulensintensiteten er forholdet mellom middelveidien og standardavvik på lufthastigheten. Denne vil påvirke hvordan trekk blir opplevd. Strålingsasymmetri fra en kald overflate er en annen faktor som vil forsterke hvordan trekk blir opplevd [16].

Når det måles relativ fuktighet, ses det på forholdet mellom vandampens metningstrykk og dens aktuelle partialtrykk ved samme temperatur. Forandring i RF mellom 20-60 % vil mest sannsynlig ikke påvirke komfortfølelsen. Den bør ikke overstige 40 % i de kaldeste vintermånedene og i sommermånedene bør det maksimalt være 70 %. Ved en RF på under 20 % vil risikoen for helseplager som tørre øyner og virusinfeksjoner øke [8, p. 34]. Varmetapet som skjer ved rask fordunsting av fukt på hudoverflaten, vil føre til at luften oppleves kaldere enn den er. Blir den relative fuktigheten høy, kan det termiske inneklimate oppleves som ubehagelig og det er større risiko for svetteproduksjon. Den øvre grensen for relativ fuktighet er også satt for å forhindre mikrobiologisk vekst som husstøvmidd og muggsopp, og for å unngå kondens og bygningsskader [17].

Det vises til at fukt- og muggproblemer har en negativ innvirkning på hvordan personer opplever inneklimate. Problemer med fukt og mugg kan gi en økt risiko for luftveissykdommer, luftveisinfectionsjoner og forverring av astma. Det er flere årsaker til at det oppstår fuktproblemer i bygninger. En av disse kan være mangel på ventilasjon i henhold til produsert fuktighet. I kombinasjon med kuldebroer, kaldtvannsrør og andre steder der det kondenseres, er det mulighet for at det oppstår fuktproblemer. Mugg oppstår når en rekke vekstkrav ligger til rette, blant annet materialer, næringsinnhold, forurensing og fuktighet. Mikroorganismene har ulike krav til fuktighet for at de skal oppstå. Vanligvis vil det ikke være vekstmulighet for mugg innendørs om luftfuktigheten er innenfor grensekravene for de ulike årstidene [8, pp. 30-42].

Atmosfærisk klima omfatter luftens kjemiske og fysiske sammensetning. Eksempler på dette er konsentrasjon av oksygen, karbondioksid, organiske gasser, støv og partikler. CO₂-konsentrasjon er lenge blitt sett på som en indikator for hvor godt inneklimate er [18], men ble fra og med 2012 i tillegg sett på som en mulig direkte forurensende faktor [19]. I en rapport fra Elsevier [20], beskrives det et

syndrom kalt «Sick building syndrome». Dette syndromet oppstår når personer oppholder seg i bygg der CO₂-konsentrasjonen er høyere enn 1000 ppm. Problemene som oppstår er relatert til øvre og nedre luftveier, øyne og hud, hodepine, tretthet og konsentrasjonsvansker. Det ble vist i 21 studier med 30.000 deltakere, at sannsynligheten for at personer ville oppleve «Sick building syndrome» avtok betydelig dersom CO₂-konsentrasjonen ble holdt under 800 ppm [21]. I et eksperiment «*Influence of carbon-dioxide concentration on human well-being and intensity of mental work*» ble det gjort en sammenligning mellom grupper som ble utsatt for 1500 ppm og 600 ppm der det ble påvist at gruppen med 1500 ppm opplevde økt hjerterytme og økt blodtrykk sammenlignet med gruppen med 600 ppm [22]. Dette ble senere påvist i en studie fra Harvard, der det ble sett på tre grupper bestående av 22 deltakere som ble plassert i rom med CO₂-konsentrasjon på 600, 1000 og 2500 ppm i en tidsperiode på 2,5 timer [23]. I denne studien ble det registrert at gruppen som ble utsatt for 2500 ppm, fikk økt hjerterytme og blodtrykk, samt nedsatt reaksjonstid og forverret ytelse i forskjellige oppgaver. CO₂-konsentrasjonen i boliger kan korreleres til nivået av kroppslukt som oppleves. Dette er fordi en høy CO₂-konsentrasjon vil indikere at luftskiftet er for lavt i forhold til hvor mange som befinner seg i rommet. CO₂ kan ses på som en hygienisk indikator på luftskiftet, som kan brukes til å hindre ubehagelige mengder kroppslukt. Overstiger CO₂-konsentrasjonen 1000 ppm, vil 20 % som kommer inn i rommet merke kroppslukten. Når CO₂-konsentrasjonen overstiger 2055 ppm, vil omtrent 20 % av de som allerede befinner seg i rommet oppleve lukten [8, p. 109].

Aktinisk miljø omfatter all stråling som er i boligen. Noen av disse er elektromagnetisk stråling, synlig lys, mikrobølger, radiobølger, elektriske felt rundt elektrisk utstyr, radon og annen radioaktiv stråling. I Norge er radon et kjent problem og her finner man noen av de høyeste konsentrasjonene av radon i bygninger [24]. God ventilasjon bidrar til å fortynne radongass som trenger inn, men kan også ha en negativ innvirkning dersom det oppstår undertrykk i boligen. Undertrykk kan bidra til at radonkonsentrasjonen i boligen øker. Balansert ventilasjon er derfor regnet som et bra tiltak for å hindre for høy konsentrasjon av radon [25]. Radon er rangert som den nest største risikofaktoren for lungekreft bak røyking. En studie gjort av WHO antyder at risikoen for lungekreft øker proporsjonelt med mengden radon man er eksponert for [26]. Dette betyr at verdier som også er under maksimalgrensen på 200 Bq/m³ og tiltaksgrensen på 100 Bq/m³, vil øke risikoen for lungekreft [8, p. 106].

Akustisk miljø omhandler lyd miljøet man opplever rundt seg. Støy er hørbar lyd som er uønsket og kan føre til sykdommer som er stressrelaterte. Blir man eksponert for støy over lengre tid, kan dette gi økt risiko for hjerte-karsykdom og økt blodtrykk. I tillegg kan det ha en negativ innvirkning på trivsel, prestasjonsevne, søvn, kommunikasjon og sosial atferd. Akkurat som når det gjelder termisk inn klima, har mennesker ulik oppfatning av hva de opplever som støy. En persons oppfatning av støynivået er viktig når det ses på trivsel, velvære og helse. En som blir plaget av støy og en som ikke blir plaget av støy, vil vurdere sin opplevelse av inn klimaet svært forskjellig [8, pp. 120-122].

Mekanisk miljø handler om hvordan brukernes føle- og smertesans og bevegelsesfunksjoner blir påvirket av det fysiske rundt seg. Brukere kan bli påvirket av innredning, utforming og hvor egnet bygget er for ønsket bruk. Opplevelse av forhold som har med mekanisk miljø å gjøre, kan være et glatt gulv eller vibrasjoner fra tekniske installasjoner. Det mekaniske miljøet skal bidra til å redusere risiko for fysiske skader [27].

2.2.2 Psykososial atferd

Psykososial atferd er en fellesbetegnelse på hvordan en person opplever verden rundt seg og hvordan personen håndterer opplevelser. I artikkelen «*The evolution of the endowment effect*» beskrives eierskaps-effekt som et fenomen der personer får en preferanse for et objekt eller gjenstand, på grunnlag av at personen allerede eier det objektet eller den gjenstanden [28]. I et eksempel på eierskaps-effekten fra «*Anomalies: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias*» fikk deltakerne i en studie utlevert enten et lodd eller \$ 2,00. På et senere tidspunkt ble hver deltaker tilbudt en mulighet til å bytte loddet mot pengene, eller omvendt. Veldig få deltakere valgte å bytte. De som fikk lodd, lot til å like dem bedre enn de som fikk penger [29, p. 194]. Andre effekter som kan påvirke hvordan en person oppfatter eller opplever noe, er placeboeffekten og taps aversjon. Placeboeffekten er et resultat av at en person tror et virkemiddel fungerer, og den baserer seg på at sinnet kan forandre på fysiologiske reaksjoner både positivt og negativt. I en studie fra Harvard ble det sett på hvordan placeboeffekten påvirker pasienter [30]. Pasienter med migrene ble delt opp i tre grupper, den ene fikk riktige tabletter, en annen gruppe fikk ingen tablett og den tredje fikk placebo tabletter. Resultatene viste at i gruppen som fikk placebo tablettene, opplevde 50 % av pasientene en lik effekt som gruppen som fikk den ekte medisinen. Dette fenomenet ble også sett på i en studie om bruk av varmegjenvinningsventilasjon som en forebygger for luftveissykdommer hos barn [31]. Barn med inuittisk opprinnelse viste en økt forekomst av luftveissykdommer grunnet mange beboere i samme bygg og dårlig ventilasjon. Studien foregikk over seks måneder i 68 hjem, med temperaturer fra -19 °C til -34 °C. For å teste om ventilasjonssystemene hadde en effekt på beboerne, ble det gjennomført tilfeldige prøvetakninger i forskjellige hjem. Noen av hjemmene hadde i perioder ventilasjonsanlegg som ikke var aktive og fungerte som placebo delen av undersøkelsen, og andre hadde fungerende ventilasjonsanlegg. Resultatene viste at hjemmene med fungerende ventilasjonsanlegg hadde færre rapporterte tilfeller av rhinitt, som er en inflammasjon av nesens slimhinne, og andre luftveissykdommer i forhold til placebo hjemmene.

I artikkelen «*Loss aversion in riskless choice. A reference dependent model*» [32], ble det gjort en analyse på hvordan personer oppfatter forskjellen i fortjeneste og tap. Når personer skal vurdere to forskjellige situasjoner, blir resultatene likest når begge situasjonene enten er positive eller negative.

Når en situasjon oppfattes som negativ, og en annen oppfattes som positiv, vil svarene avgitt i vurderingen av de to situasjonene ikke gjenspeile de reelle resultatene.

Personers egen oppfatning av inneklima varierer fra person til person. I studien «*Relationship Between Occupant Discomfort as Perceived and as Measured Objectively*» ble det gjort en sammenligning av hvordan personer opplever inneklima, og målinger av innemiljøet. Studien foregikk over en fire ukers periode, med 450 deltakere i et kontorbygg. I studien ble det funnet ut at 34 % av deltakerne opplevde luften som tørr, selv om den relative fuktigheten var målt til mellom 40-65 %. 32 % av deltakerne opplevde at det termiske inneklimate ikke var tilfredsstillende, selv om alle termiske parametere var tilfredsstillende ut fra de målingene som ble gjort [33]. I 1997 ble det gjort en studie «*Impact of psychosocial factors on perception of the indoor air environment studies in 12 office buildings*» på den psykososiale oppfattelsen av inneklima i tolv kontorbygg gjennom målinger av luftkvalitet og spørreundersøkelse med 877 deltakere [34]. Spørreundersøkelsen ble sendt ut i de kaldeste månedene, januar, februar og mars og de varmeste månedene juni, juli og august. Spørsmålene handlet om helse, miljøfølsomhet, arbeids glede og i hvilken grad deltakeren følte kontroll over inneklimate. Samtidig ble det gjort målinger av inneklimate i byggene som ble sammenlignet med amerikansk standard for innendørs luftkvalitet i 1989 [35]. Studien viser en korrelasjon mellom godt inneklimate og opplevelsen av luftstrømning. Med andre ord at personer vurderte luftkvaliteten som bedre når de kunne føle luftstrømninger, i forhold til stillestående luft med tilnærmet lik kvalitet. [34].

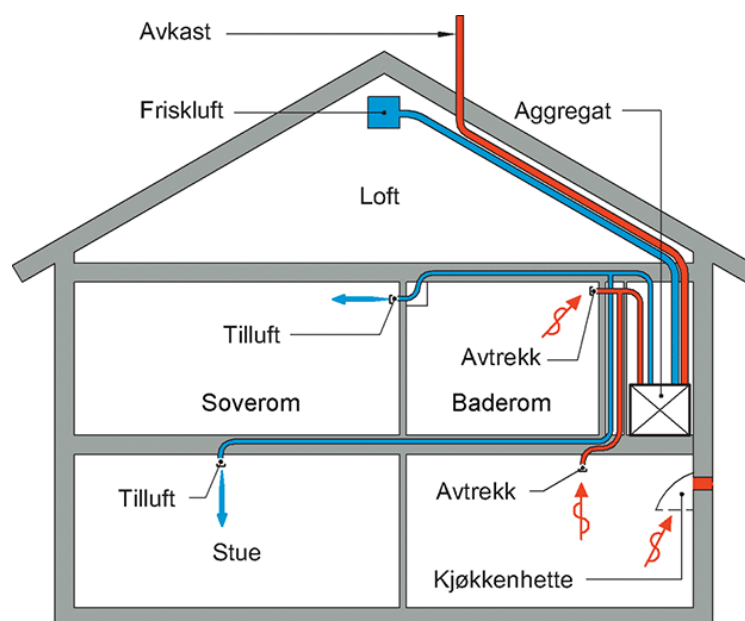
2.2.3 Ventilasjonsmetoder

Naturlig ventilasjon fungerer ved at boligen har avtrekksventiler i vegger og vinduer, samt avtrekkskanaler på bad og kjøkken hvor det er større sannsynlighet for fuktdannelse. Luftmengdene som strømmer ut og inn styres av trykkforskjellen mellom boligen og uteluften, noe som innebærer at luftskiftet varierer ut fra forholdene. Denne formen for ventilasjon var vanlig frem til 1970-tallet [36]. Det er vanskelig å oppfylle TEK17 sine krav til friskluft når det bare blir tatt i bruk naturlig ventilasjon [37]. Det er i dag rundt 682 000 boliger i Norge som er bygget før 1970, dette utgjør en andel på rundt 26,2 % [38].

Avtrekkstilpasning var en vanlig form for ventilasjon før og ble tatt i bruk i alle typer bygg. De fleste bruker nå balansert ventilasjon, men man finner fortsatt avtrekkstilpasning i eksisterende bygninger som småhus og boligblokker. Avtrekkstilpasning fungerer ved at det er åpninger i klimaskallet som bidrar til lufttilførsel. Det monteres en mekanisk vifte for at lufttilførselen skal være regulerbar. Inntakene plasseres i oppholdsrom og avtrekkene blir plassert på kjøkken og våtrom, hvor det er størst sjanse for fuktdannelse. Det må være åpninger mellom rommene for å sikre tilstrekkelig luftstrømning. Ulemper med avtrekkstilpasning er at man har mindre kontroll på luftstrømmene enn ved balansert

ventilasjon. Det kan også oppstå problemer med opplevelsen av trekk og ved at systemet ikke har varmegjenvinning som fører til varmetap [16].

Balansert ventilasjon fungerer ved at det ventileres med omtrent like store mengder avtrekksluft og tilluft. Luftstrømmen blir styrt av vifter og ikke ved hjelp av over- og undertrykk. Ved hjelp av varmegjenvinning i aggregatet fra avtrekkslufta, overføres varmen til tilluften. Fra illustrasjonen i Figur 1, ser man at tilluften blir ført inn til aggregatet hvor den får varme fra avtrekkslufta, og videre til soverom og andre oppholdsrom via ventiler. Den viser også at avtrekksluften blir tatt fra rom hvor det er størst sjanse for utvikling av fukt, som kjøkken, bad, vaskerom og boder. For at systemet skal fungere best mulig, må det være overstrømning mellom rom med avtrekk og rom med tilluft, enten ved gliper over eller under dører, i dørblad eller via ventiler mellom rom [39].



Figur 1. Illustrasjon av et balansert ventilasjonsanlegg i bolig [39].

Det er både fordeler og ulemper når det kommer til installasjon av balansert ventilasjon [36]. Ventilasjon bidrar til et bedre inneklima på flere måter. Installerer man et balansert ventilasjonssystem med varmegjenvinning, får man frisk luft samtidig som man kan gjenvinne mellom 70-90 prosent av varmen i bygningen. Dette hindrer også fukt og kondensdannning ved at den brukte lufta skiftes ut fort. Filteret i ventilasjonssystemet stopper partikler og annen forurensing i uteluften og bidrar til en renere inneluft. I forhold til naturlig ventilasjon, vil ikke tilførsel av friskluft bli like påvirket av vind og utetemperatur. Friskluften som kommer inn i boligen gjennom aggregatet vil være oppvarmet, noe som gjør at man unngår følelsen av trekk. Balansert ventilasjon gjør at man i større grad kan kontrollere luftmengdene som kommer inn i bolig enn ved naturlig ventilasjon. Både varmen og luftmengdene vil bli jevnere fordelt i boligen.

Balansert ventilasjon krever en del plass når det kommer til kanalføringene, noe som gjør at det kan bli vanskelig å få montert anlegget hvis boligen ikke er prosjektert med hensyn til dette. For at anlegget skal fungere best mulig, krever det rutinemessig vedlikehold. Filter bør som regel skiftes ut en gang i halvåret. Det er også anbefalt å rense kanaler, men man trenger ikke gjøre dette like ofte som utskiftning av filter. Støy kan forekomme dersom anlegget har mangelfull lyddemping, er montert feil eller ved en ugunstig plassering av aggregat. Dette kan også forsterkes dersom anlegget driftes med høy hastighet [40]. Sintef sin rapport, «Inneklima i energieffektive boliger – en litteraturstudie», konkluderte med at de kan oppleves tørr luft i bygninger hvor det er høyt luftskifte [41].

2.2.4 Energiltak

Ved å gjennomføre etterisolering i boligen, vil man redusere varmetap og energiforbruk. Dette fører til økt komfort og en bedre opplevelse av inneklima. Dersom en skal pusse opp eller oppgradere boligen, kan det være muligheter for å etterisolere samtidig, slik at det blir rimeligere. Boliger bygd før 1955 har ofte lite eller ingen isolasjon i ytterveggene. Etter 1955 ble det vanlig å bruke mineralull i vegger og tak. Tykkelsen som ble brukt er mindre enn dagens krav fra TEK 17. Hus fra 70-, 80- og 90-tallet har som regel 10-20 cm tykkelse på isolasjonen, noe som også er lavere enn dagens krav. For boliger fra denne perioden er det anbefalt å vurdere etterisolering [42].

Normalt vil vinduene i en bolig utgjøre mellom 5- og 10 % av arealet på ytterflaten. Faktorer som kvalitet, størrelsen på vinduet, lufttettingen og isolering rundt vinduet vil påvirke hvor stort varmetapet er. I noen tilfeller kan vinduene utgjøre opp mot 40 prosent av varmetapet i boligen. Dersom man har to-lagsvinduer fra 80-tallet, kan varmetapet halveres ved å bytte til lavenergivinduer med bedre u-verdi. Nye vinduer kan bidra til økt komfort og en redusert sannsynlighet for at det oppstår kaldras. Kaldras oppstår når det kommer kald uteluft som synker mot gulvet, dette kan oppleves som trekk [43].

Vindsperren er viktig for at vegger og tak skal ha best mulig varmeisolasjonsevne. Korrekt montering er viktig for at vindsperren skal fungere, spesielt rundt vinduer og dører. Skjøtene må festes mellom faste og plane materialer for å hindre åpninger hvor luft kan trenge gjennom. Funksjonen til vindsperren er å hindre at kald uteluft skal trenge inn i boligen gjennom isolasjonen. Den skal også ha lav vandampmotstand slik at fukt fra konstruksjonen skal kunne tørke ut. Dette vil bidra til å hindre fuktskader i bygningsverket. Samtidig må den være vannavstøtende for å hindre vann som trenger gjennom kledning fra å trenge videre inn i konstruksjonen [44].

Sintef påpeker at tre av fire byggskader skyldes fukt, og et av problemene som kan forårsake dette er en utett dampspærre, eller en dampspærre som ikke burde vært der. Ofte blir ikke skadene synlige før etter 5-10 år etter at fuktsikring er blitt utført feil [45].

3. Metode

I dette prosjektet blir det brukt to forskjellige metoder for å innhente data om hvordan installering av balansert ventilasjon påvirker inneklimaet i eldre boliger. For å få kvantitative data blir det utarbeidet en spørreundersøkelse. Kvalitative data blir innhentet ved å gjennomføre målinger i to boliger.

3.1 Spørreundersøkelse

Formålet med spørreundersøkelsen er å skaffe informasjon om hvordan beboere som har fått installert balansert ventilasjon opplever inneklimaet nå i forhold til før. Målgruppen for spørreundersøkelsen er dermed beboere i boliger hvor det er installert balansert ventilasjon. I tillegg blir det også hentet ut en del spørsmål som er brukt i Örebrokjøpet, som ofte blir brukt i undersøkelser om inneklima. Her er svaralternativene «Ja, ofte», «Ja, iblant», «Nei, aldri» og «Vet ikke». Det blir også sett på teori, slik at spørsmålene i spørreundersøkelsen bidrar til å gi et helhetlig bilde av inneklimaet i boligen. Spørsmålene som blir brukt i spørreundersøkelsen kan deles inn i filtreringsspørsmål og informasjonsspørsmål. Filtreringsspørsmålene gir informasjon om bygget og hvilke preferanser deltakerne har om inneklima. Informasjonsspørsmålene gir informasjon om hvordan personer opplever inneklima etter de fikk installert balansert ventilasjon.

Spørreundersøkelse som datainnsamlingsmetode brukes for å anskaffe informasjon fra et større utvalg og ha mulighet til å generalisere resultatene. Gjennom å bruke en kvantitativ nettbasert spørreundersøkelse skal det samles inn informasjon fra et stort utvalg personer over et stort område. I spørreundersøkelsen blir det brukt faste svaralternativer på alle spørsmål. I tillegg har noen av spørsmålene en fritekst rute, dersom svaret deres ikke stemmer overens med svaralternativene. Dette er en elektronisk spørreundersøkelse som er gjort i henhold til Norsk senter for forskningsdata sine retningslinjer for anonym løsning. Følger man disse retningslinjene, må man ikke rapportere inn undersøkelsen. Retningslinjene sier at man skal unngå spørsmål om identifiserende opplysninger og at man har en fullstendig anonym IT-løsning. Det innebærer at svarene ikke på noen måte skal kunne knyttes opp mot deltakernes IP-adresse, e-post og nettleserinformasjon, samt at det ikke kreves noen form for registrering for å delta [46].

I kvantitative spørreundersøkelser kan det oppstå problemer rundt gruppemessig indiskresjon. Når resultater fremstilles for ulike undergrupper i materialet, som for eksempel bestemte aldersgrupper eller ulike partiers velgere, kan resultatene tolkes som negative eller sosialt belastende av disse gruppene. Markedsundersøkelser er blitt mer vanlig og samme person kan risikere flere henvendelser i løpet av et år. Dette kan føre til mindre villighet når det kommer til å gjennomføre henvendelsen, noe som kan

skade utvalgets representativitet. Derfor bør man undersøke andre kilder og se om tidligere undersøkelser har den informasjonen man leter etter først. I denne undersøkelsen er man ute etter personer som har installert balansert ventilasjon som eneste energiltak i eldre bolig. Derfor er det nødvendig å sende ut en spørreundersøkelse, da det ikke er tilstrekkelig data fra tidligere undersøkelser som omhandler denne målgruppen. Spørsmålene er formulert på en slik måte at alle deltakere har kunnskap nok til å svare på spørsmålene, noe som er viktig for at svarene ikke skal være tilfeldige og være meningsløse for undersøkelsen [47].

Spørreundersøkelsen som blir distribuert ut til deltakerne er laget med programvaren SurveyXact. Dette programmet har filtreringsmuligheter som gjør det lettere å hente ut nødvendige data. Spørreundersøkelsen blir også tilpasset slik at den er mindre tidskrevende for deltakerne. Dette blir gjort ved at noen av spørsmålene kun kommer til de deltakerne som gir et spesifikt svar. Et eksempel på dette er spørsmål om deltakeren har fått gjennomført vedlikehold av ventilasjonssystemet. Dersom deltakeren svarer nei, sender programmet denne deltakeren forbi tre oppfølgingsspørsmål.

For å øke brukervennligheten på spørreundersøkelsen, blir det antatt at en andel av besvarelsene kommer til å bli gjennomført på mobil. Derfor blir spørreundersøkelsen gjennomgått både på mobil og på pc før den blir sendt ut. Spørreundersøkelsen blir også gjennomgått av flere individer uten noen tidligere fagkunnskap innenfor varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk. Dette blir gjort for å sikre at spørsmålene er godt formulert og lett forståelig for "gjennomsnittspersonen". Dersom spørreundersøkelsen er kort og forståelig, antas det at flere fullfører spørreundersøkelsen og svarene de oppgir samsvarer med deltakernes meninger.

For å anta at spørreundersøkelsen kan brukes til statistisk sammenligning er det et minstekrav. Dette minstekravet bestemmes utfra Robert V. Krejcie og Daryle W. Morgan sin tabell, som er utarbeidet utfra ligning [48, p. 607]. Det er ikke nødvendig å benytte seg av selve formelen, da all nødvendig informasjon kan hentes fra tabell. En spørreundersøkelse med en populasjon på 5241, krever et utvalg på 358 deltakere for å kunne si at spørreundersøkelsen representerer målgruppen, interpolert fra tabell nr. 1 [48, p. 608]. Tabellen er basert på et konfidensintervall på 95 %, som igjen gir en feilmargen på ± 5 %.

Spørreundersøkelsen skal gi kvantitative data fra personer som har installert balansert ventilasjon. For at flest mulig fra målgruppen skal svare på spørreundersøkelsen, er det viktig at de som inngår i målgruppen mottar undersøkelsen. Dette blir gjort ved at Enova distribuerer spørreundersøkelsen til de boligeierne som har fått innvilget støtte for installasjon av balansert ventilasjon [49]. Enova sender ut en e-post til boligeierne, som inneholder lenken til spørreundersøkelsen, samt en kort beskrivelse av hvorfor denne spørreundersøkelsen blir gjennomført og av hvem. Spørreundersøkelsen blir sendt ut 11.03.2020 og mottakerne har svarfrist frem til 18.03.2020.

For å hente ut resultater fra SurveyXact som skal brukes i rapporten, blir det filtrert ut deltakere som har gjort alle energiltak det blir spurt om, og deltakerne som kun har installert balansert ventilasjon. Ved å gjøre dette får man to forskjellige målgrupper man har data fra. Resultatene blir presentert og diskutert senere i rapporten. Grafene som presenterer målgruppene hver for seg, er utklipp fra SurveyXact. For å sammenligne målgruppene blir data fra SurveyXact hentet ut i en Excel-fil og satt sammen i søylediagram.

3.2 Boligcaser

Formålet med boligcasene er å anskaffe kvalitative data for å se forskjell på inneklima før og etter installasjon av balansert ventilasjon. Dette gjøres i to separate og uavhengige boliger, hvor beboer svarer på örebro skjema (vedlegg 2) og det skal tas målinger av CO₂-konsentrasjon, relativ fuktighet og lufttemperatur.

3.2.1 Testobjekter

Case 1

Testobjektet er en boligenhet i et rekkehus, lokalisert i Bergen kommune (bolig B), som har 2 faste beboere. Bygget ble bygd i 1984, og har 3-etasje med et bruksareal på omtrent 160 m². Beboerne har ikke informasjon om isolasjon i boligen, det antas derfor en isolasjonstykkelse mellom 10-20 cm, siden dette var vanlig på 1980-tallet. Primæroppvarming av boligen er gjort elektrisk. I 2011 ble det skiftet til lydpendevindu, pga. støy fra trafikk. Utenom dette, er det ikke gjort forandringer på boligen.

Case 2

Testobjektet er en enebolig, lokalisert i Øygarden kommune (bolig Ø), som blir brukt til fritidsbolig av fire personer i helger og ferier. Bygget ble bygd i 1979, og har et plan med bruksareal på 200 m². Det er 10 cm med isolasjon i vegg, gulv og i tak mot kaldt loft. Primæroppvarming av boligen er elektrisk, og det er installert en varmepumpe. Det er ikke gjort forandringer på boligen.

3.2.2 Utstyr

Wöhler CDL 210 er et måleapparat for CO₂, relativ fuktighet og lufttemperatur. Den har en lagringskapasitet på 15 999 målinger, og mulighet til å ta målinger i et intervall fra ett sekund til 4:59:59 timer. Instrumentet viser også direkttemålinger på integrert skjerm. Oppfyller krav om EN 61326-1:2006 [50].

Beskrivelse	Data
CO₂-målingene	
Måleområde	0-2000 ppm (2001-9999 ppm utenfor måleusikkerheten i måleområdet)
Oppløsning	1 ppm
Måleusikkerheten	± 50 ppm ± 5 % av avlesning mellom 0-2000 ppm
Trykkavhengighet	± 1,6 % per kPa avvik fra normaltrykk 100 kPa
Sensor	NDIR sensor
Temperatur	
Måleområde	-10 °C til +60 °C
Oppløsning	0,1 °C
Måleusikkerhet	± 0,6 °C
Relativ fuktighet	
Måleområde	5 – 95 %
Oppløsning	0,1 %
Måleusikkerhet	± 3 % (10-90 %, 25 °C)

Tabell 1: Hentet fra brukermanual Wöhler CDL 210 [50].

3.2.3 Fremgangsmåte

For å måle lufttemperatur, CO₂-konsentrasjon og relativ fuktighet, skal det plasseres to måleapparat i hver av boligene, en på soverom og en i et bruksrom. Plassering av måleapparatene skal ikke være til bry for beboere samt ikke være utsatt for direkte sollys. I boligenheten bolig B plasseres det ene apparatet i bruksrom, 1,3 meter over gulvnivået på en hylle. Det andre apparatet plasseres på soverom, 1,2 meter over gulvet på en kommode. Måling i boligen starter 9. mars og varer frem til 26. mars, med et loggeintervall på 900 s. I bolig Ø plasseres måleapparatene i september 2019 av oppgavegiver, måleperioden avsluttes mars 2020. Loggeintervall er innstilt på 3600 s. Plassering for begge måleapparat er 1,5 meter over gulvnivå.

3.2.4 Intervju

Gjennom intervju av beboere blir det anskaffet informasjon om bygget, og hvorfor de har valgt å installere balansert ventilasjon. Det blir først stilt spørsmål om bakgrunnsinformasjon om bygget, som størrelse, byggeår og om det er gjort andre energiltak i boligen. Deretter stilles det spørsmål om tilfredsheten beboer har før installasjon gjennom örebroskjema (vedlegg 2). Det blir også spurt om

motivasjonen for installasjonen, og om hvilke forventninger beboer har for resultatet. Spørsmålene er spesifiserte, men har ikke et standard svar. Dette gjør at beboere har mulighet til å svare fritt. Etter installasjon gjøres det et nytt intervju der beboer svarer på hvordan inneklima oppleves etter installasjon.

3.2.5 Forventninger

Etter installasjon av balansert ventilasjon, er det forventet at relativ fuktighet og CO₂-konsentrasjon vil ha en reduksjon, som følge av et høyere luftskifte. Videre er det forventet en stabilisering av lufttemperatur, som følge av oppvarmet tilluft.

3.3 Avgrensninger og feilkilder

I forbindelse med målingene i boliger er brukeratferden til beboerne den mest innvirkende feilkilden. Denne kan være større når perioden for målinger er kort, som i denne oppgaven. Videre har 2020 vært preget av COVID-19 pandemien [51], som har ført til en forandring i brukeratferd.

Gjennom arbeidet med oppgaven har det blitt satt avgrensninger. I spørreundersøkelsen er det spørsmål som ikke er brukt i rapporten. Disse omhandler hovedsakelig vedlikehold og energiforbruk. Årsaken til at disse temaene ikke ble tatt med, var tidsperspektiv og manglende muligheter for å sammenligne disse med caser. For boligcasen i bolig B ble det gjennomført målinger av støy. Disse målingene ble ikke utført i henhold til NS-EN ISO 16032, og er derfor ikke brukt i oppgaven. Videre er det ikke tatt høyde for operativ temperatur, ettersom det ikke ble gjort målinger av overflatetemperatur. For boligcasen Ø ble det ikke målt overflatetemperatur eller gjort målinger av støy. Dette kommer av problemer med å avtale tid for befaring. For begge boligene er det ikke sett på inneklimate i relasjon til lokasjon og uteklimate.

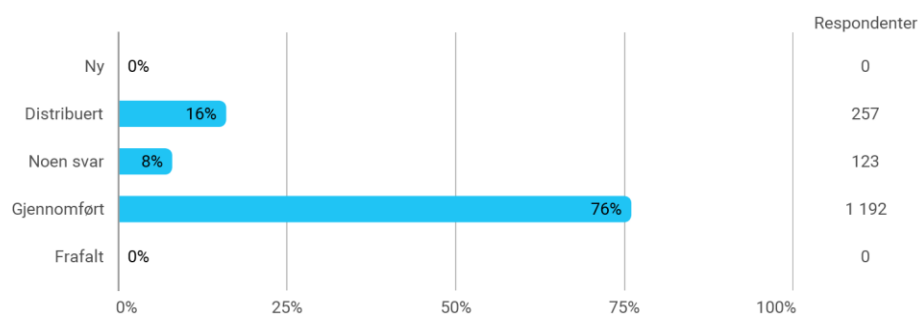
4. Resultat

I dette kapittelet presenteres resultater fra spørreundersøkelsen og fra målinger som er gjort i boligcaser. Først presenteres resultater for spørreundersøkelsen som ble sendt ut til boligeiere som har installert balansert ventilasjon og fikk støtte gjennom Enova sin støtteordning. Deretter blir resultater fra casene bolig B og bolig Ø presentert. Deretter blir resultater fra bolig B og bolig Ø presentert. Her er det gjort målinger av temperatur, luftfuktighet, og CO₂-konsentrasjon i oppholdsrom og soverom. Målingene gjennomføres i perioden før installasjon av balansert ventilasjon og i perioden etter.

4.1 Spørreundersøkelse

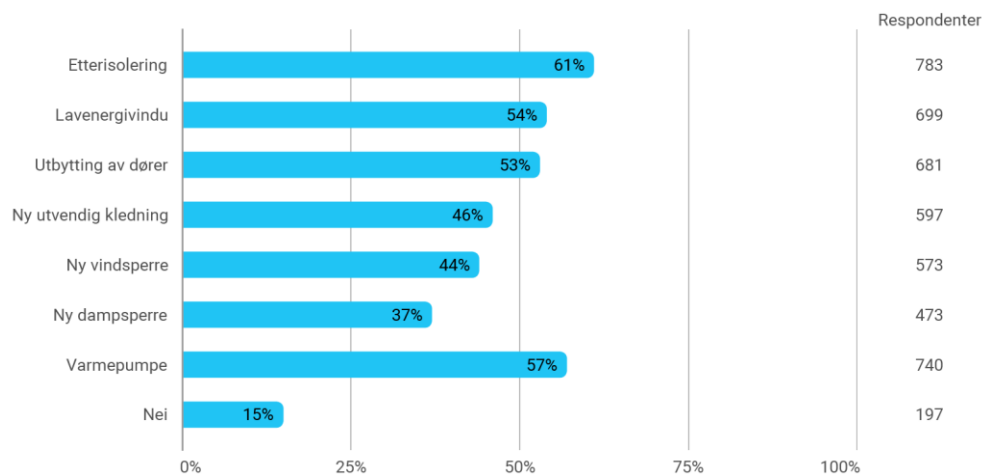
Deltakerne har i denne spørreundersøkelsen svart på generelle spørsmål om boligen, bakgrunnen for installasjonen, hvordan inneklimate i boligen var før installasjon og hvordan inneklimate i boligen er etter installasjon (vedlegg 3). Ved å filtrere ut deltakere basert på hvilke energiltak som er gjort i boligen, blir det videre presentert resultater fra boliger som kun har installert balansert ventilasjon og resultater fra boliger hvor alle energiltakene er installert.

Spørreundersøkelsen ble sendt ut gjennom Enova den 11.03.2020 og var åpen for besvarelse frem til 18.03.2020. Den ble sendt ut til 5241 personer som har fått støtte gjennom Enova til å installere balansert ventilasjon, som Figur 2 viser. Av de 5241 personene som fikk tilsendt spørreundersøkelsen på e-post, gjennomførte 1192 deltakere den. Det var 123 deltakere som gav noen svar underveis i spørreundersøkelsen uten å gjennomføre den. 257 personer åpnet lenken til spørreundersøkelsen uten å gå videre fra første side. For å regne ut prosentandelen som svarte for alle tiltak gjort, er det benyttet de 1192 deltakerne som gjennomførte spørreundersøkelsen. Dette vil gi et avvik fra prosentandelen, grunnet at det ikke blir tatt hensyn til frafall fra deltakere som ikke har gjennomført.



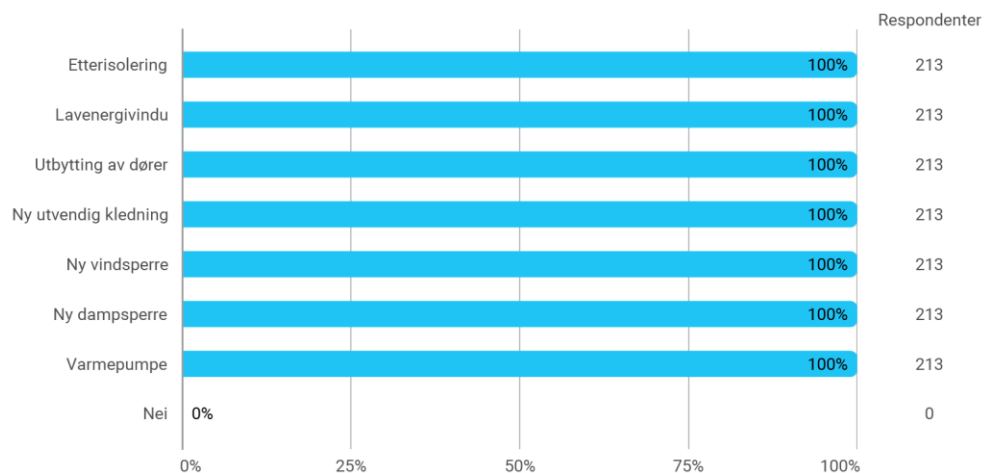
Figur 2. Diagram som presenterer hvor mange som har gjennomført, gitt noen svar eller bare åpnet spørreundersøkelsen.

Resultater på spørsmålet «Er det blitt gjort flere energieffektiviserings tiltak i boligen?» er gitt i Figur 3. Når det totale antallet deltakere som gjennomførte spørreundersøkelsen var på 1192, viser resultatene at mange av deltakerne har gjort flere energieffektiviserende tiltak. Etterisolering er det vanligste tiltaket som har blitt gjort, hvor 61,0 % har svart at de har gjort dette tiltaket. Det var 15,0 % som svarte «Nei». Det blir antatt at deltakerne som har svart dette, har installert balansert ventilasjon, men ikke gjort andre energitiltak i sin bolig. Disse boligene vil bli referert til som BV- boliger videre i oppgaven.



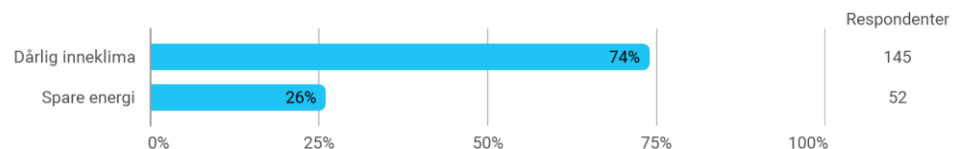
Figur 3. Viser hvilke energieffektiviserende tiltak som er gjort i boligen til deltakerne i spørreundersøkelsen.

I Figur 4. presenteres deltakerne som har svart «Ja» på alle energitiltakene som de ble spurt om i spørreundersøkelsen. Av de totalt 1192 deltakerne som gjennomførte spørreundersøkelsen, var det 213 deltakere som hadde gjort alle energitiltakene, som utgjør 17,9 %. Det har i disse boligene blitt gjort en helhetlig oppgradering, samt at de har installert balansert ventilasjon. Boligene som har fått en helhetlig oppgradering, vil bli referert til som AT-boliger. Ved underkategoriene i spørreundersøkelse, AT- og BV-boliger, er svarene for disse ikke statistisk generaliserende. Dette kommer av et for lite antall respondenter for å oppnå minstekravet i for et konfidensintervall 95 % og en feilmargen på 5 %. [48]

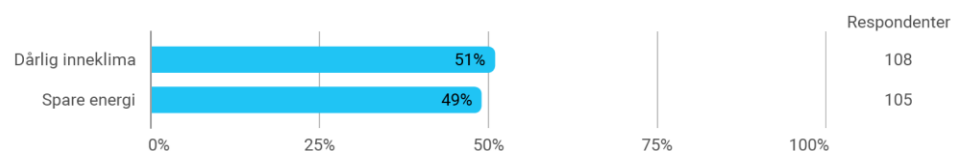


Figur 4. Viser hvor mange som svarte "Ja" på at de har gjort alle energiltakene i sin bolig.

Hovedårsaken til at deltakerne i BV- boliger og AT- boliger valgte å installere balansert ventilasjon er gitt i Figur 5 og Figur 6. For deltakerne med BV-boliger vist i Figur 5, var dårlig inneklime hovedårsaken til at installasjonen ble gjort. Her var svarandelen henholdsvis 74 % for at dårlig inneklime var hovedårsaken og 26 % for at å spare energi var hovedårsaken. Figur 6 viser at deltakerne som har AT-boliger hadde en jevnere fordeling på hva som var hovedårsaken. Her svarte henholdsvis 51 % av deltakerne at hovedårsaken var dårlig inneklime og 49 % at å spare energi var hovedårsaken.



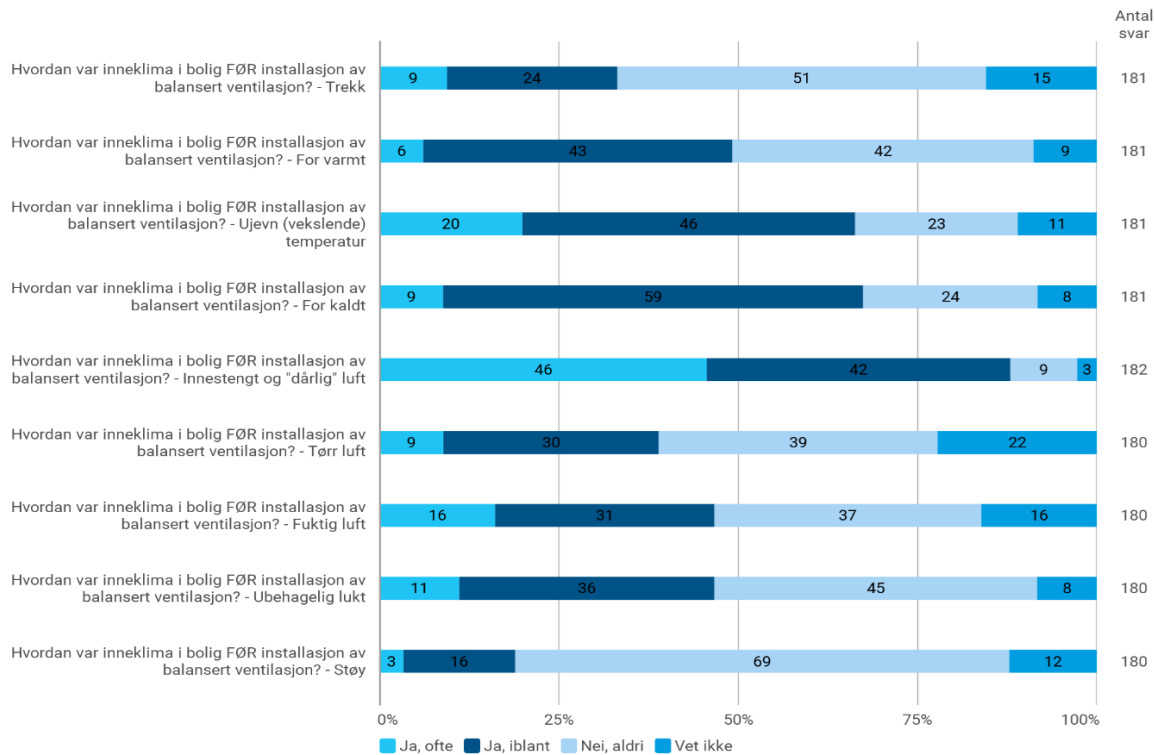
Figur 5. Hovedårsak for å installere balansert ventilasjon for deltakere i BV-boliger.



Figur 6. Hovedårsak for å installere balansert ventilasjon for deltakere i AT-boliger.

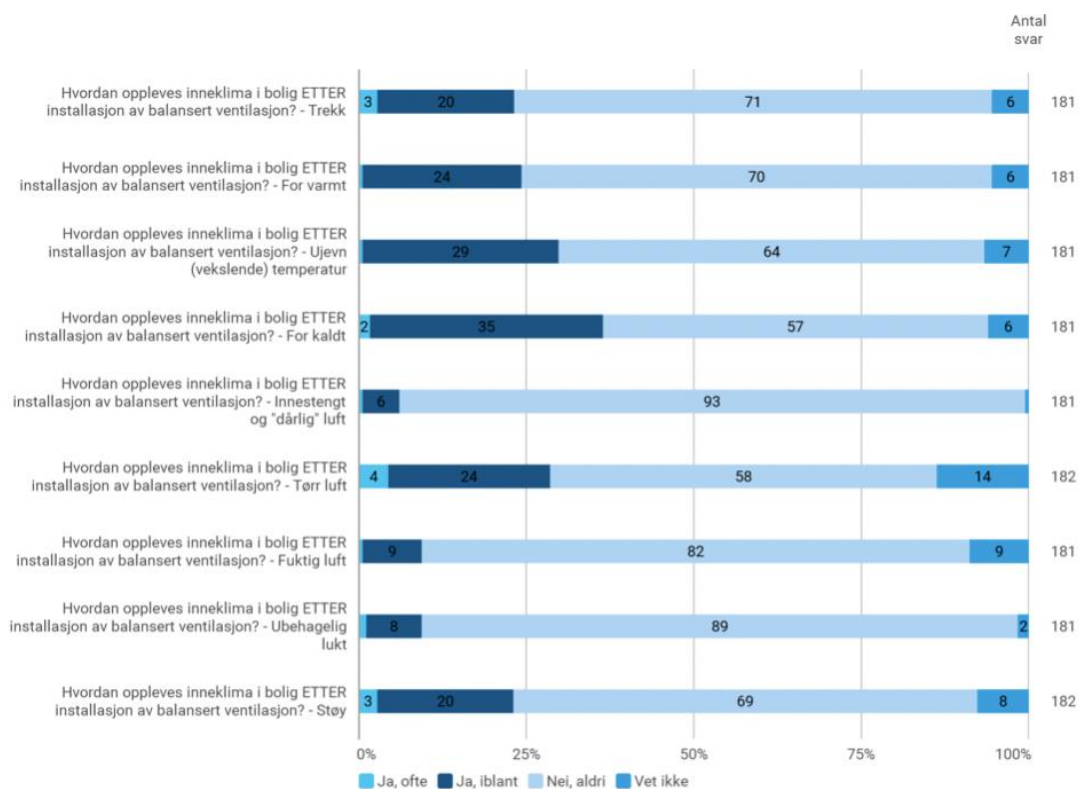
Opplevelse av eget inneklime før det ble installert balansert ventilasjon i BV- boliger er gitt i Figur 7. Resultatene viser at den faktoren som ble opplevd i flest boliger før installasjonen var «Innestengt og

dårlig luft». Det ble opplevd «Ujevn temperatur» og at det ble «For kaldt» i over halvparten av boligene. Faktorene «Trek», «For varmt», «Tørr luft», «Fuktig luft» og «Ubehagelig lukt» ble opplevd i over en av tre boliger. Støy er den faktoren som oppleves minst i disse boligene, her har 3 % svart at det ble opplevd ofte, 16 % at det ble opplevd iblant og 69 % at det aldri ble opplevd.



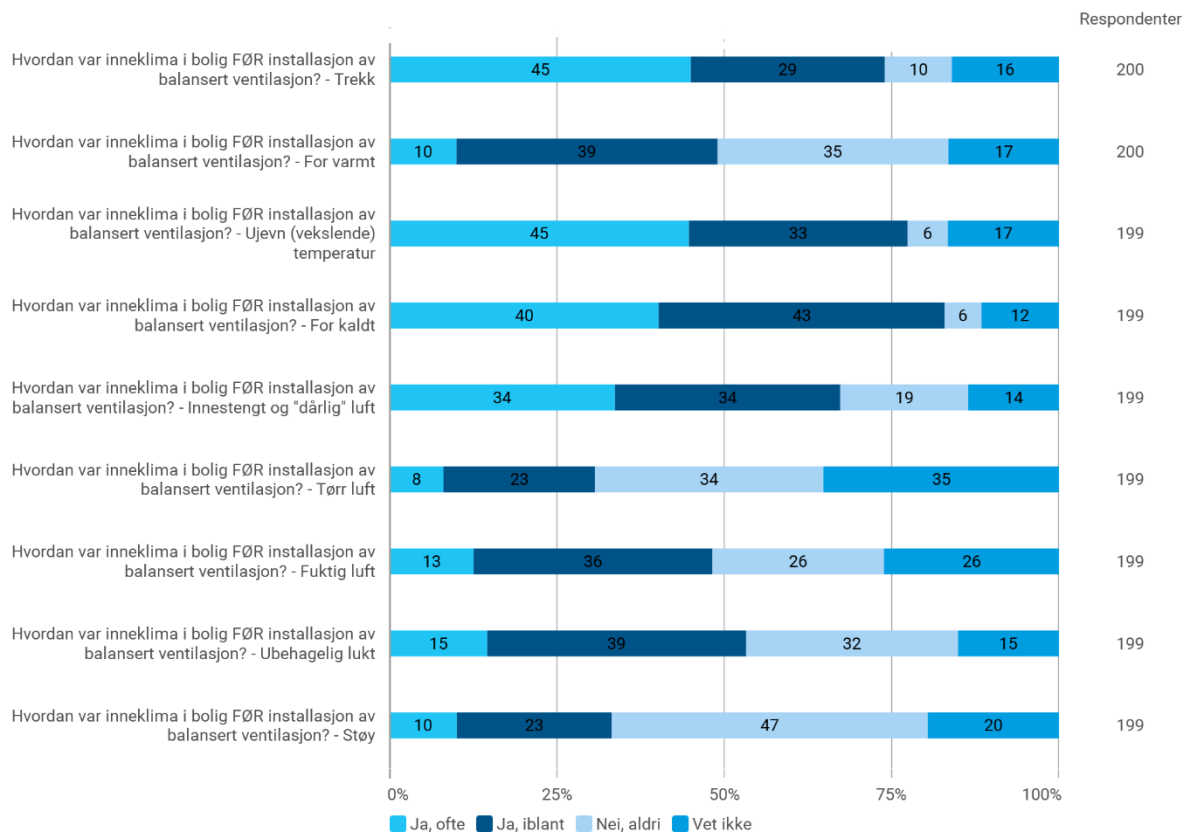
Figur 7. Opplevelse av eget inneklima i BV-boliger FØR det ble installert balansert ventilasjon.

Opplevelse av eget innelima etter det ble installert balansert ventilasjon i BV- boliger er gitt i Figur 8. «Trek», «Tørr luft» og «Støy» er de faktorene med flest svar avgitt som «Ja, ofte». Temperaturfaktorene «For kaldt», «For varmt» og «Ujevn temperatur» har flest svar avgitt som «Ja, iblant». «Innestengt og dårlig luft» er den faktoren som oppleves minst, der 93 % svarer «Nei, aldri». Faktoren «For kaldt» blir opplevd av flest deltakere når man ser på svaralternativene «Ja, ofte» eller «Ja, iblant».



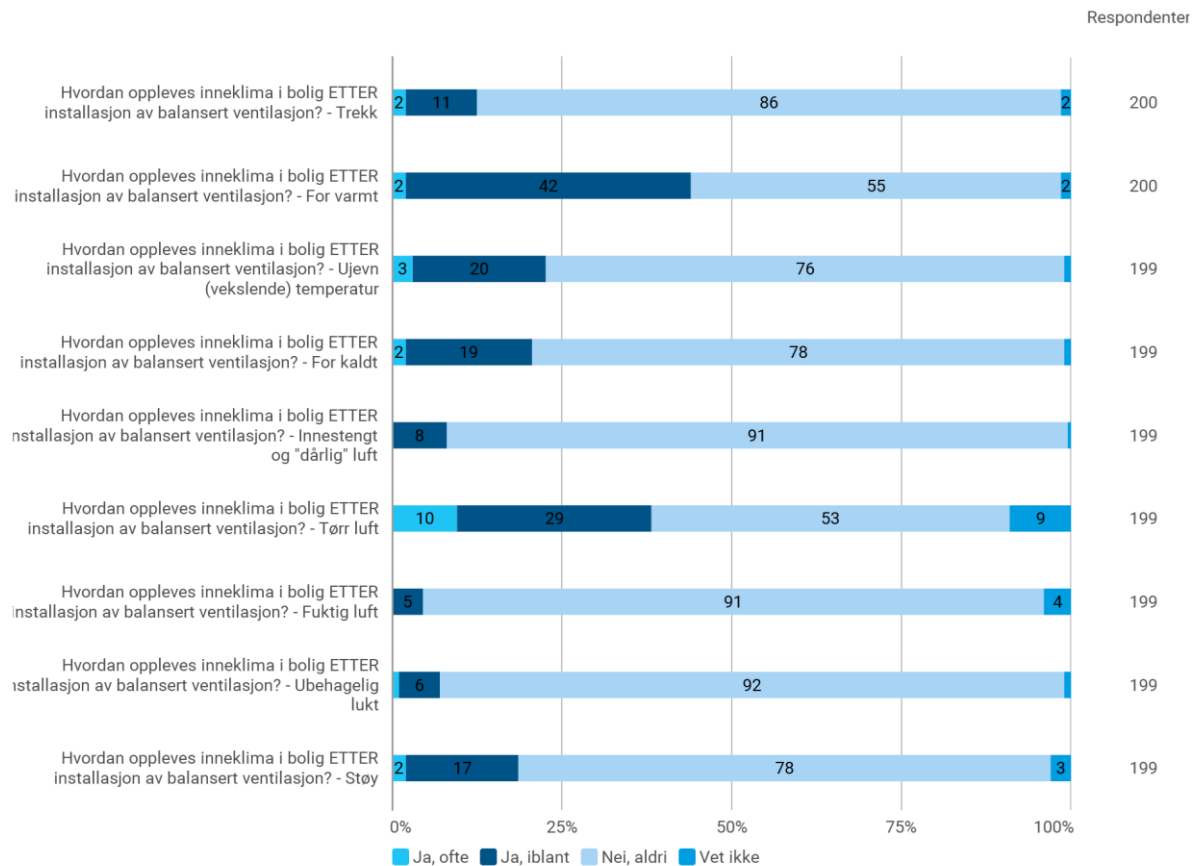
Figur 8. Opplevelse av eget innelima i BV-boliger ETTER det ble installert balansert ventilasjon.

Opplevelse av eget inneklima før det ble installert balansert ventilasjon i AT- boliger er gitt i Figur 9. Faktorene «Trekking», «Ujevn temperatur», «For kaldt» og «Innestengt og dårlig luft» ble opplevd ofte i over en tredjedel av besvarelsene. Om man også ser på svar hvor disse faktorene ble opplevd iblant, vil det samlet utgjøre over to tredjedeler. Det er flest deltakere som har svart «Nei, aldri» på «Støy», og når man ser på alternativene «Ja, ofte» og «Ja, iblant», er det omtrent en tredjedel av deltakere som opplever dette. Det er 6 % som svarte «Nei, aldri» for «Ujevn temperatur» og at det ble «For kaldt».



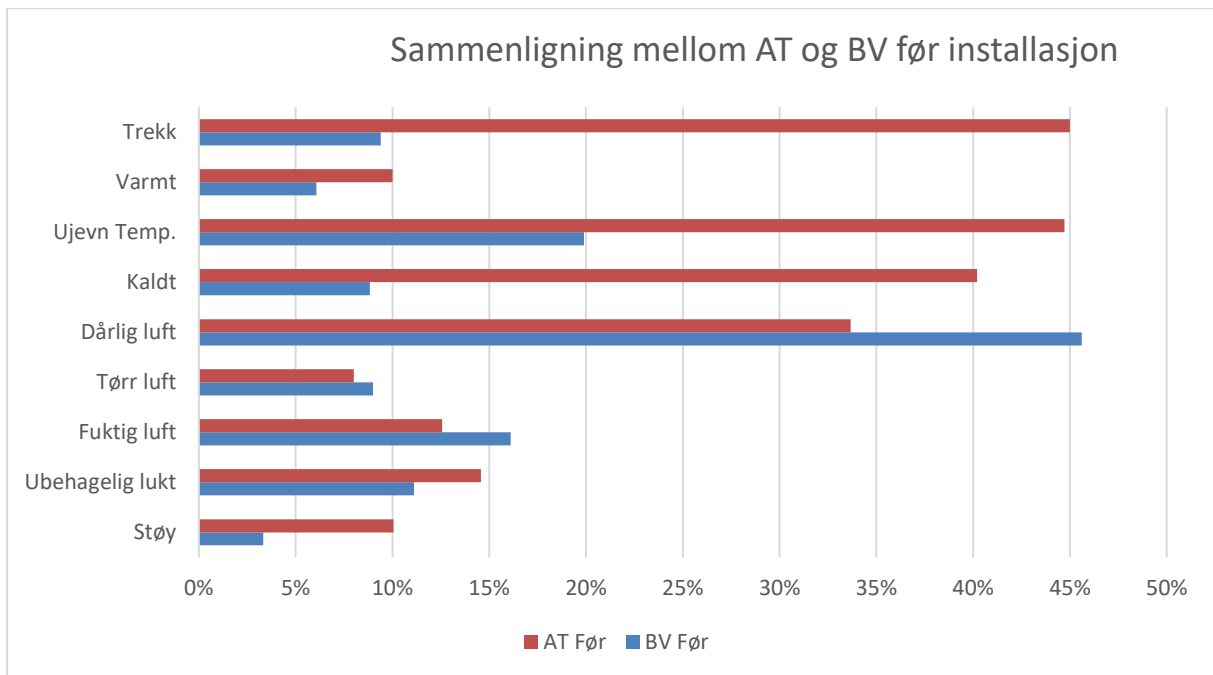
Figur 9. Opplevelse av eget inneklima i AT-boliger FØR det ble installert balansert ventilasjon.

Opplevelse av eget innelima etter det ble installert balansert ventilasjon i AT- boliger er gitt i Figur 10. Faktoren som oppleves oftest er «Tørr luft» med 10 %. Det er flest deltakere som har svart «Ja, iblant» på temperaturfaktorene «For varmt», «Ujevn temperatur» og «For kaldt», samt på faktoren «Tørr luft». Faktorene «Dårlig luft», «Fuktig luft» og «Ubehagelig lukt» er det som oppleves minst, da over 90 % har svart «Nei, aldri».

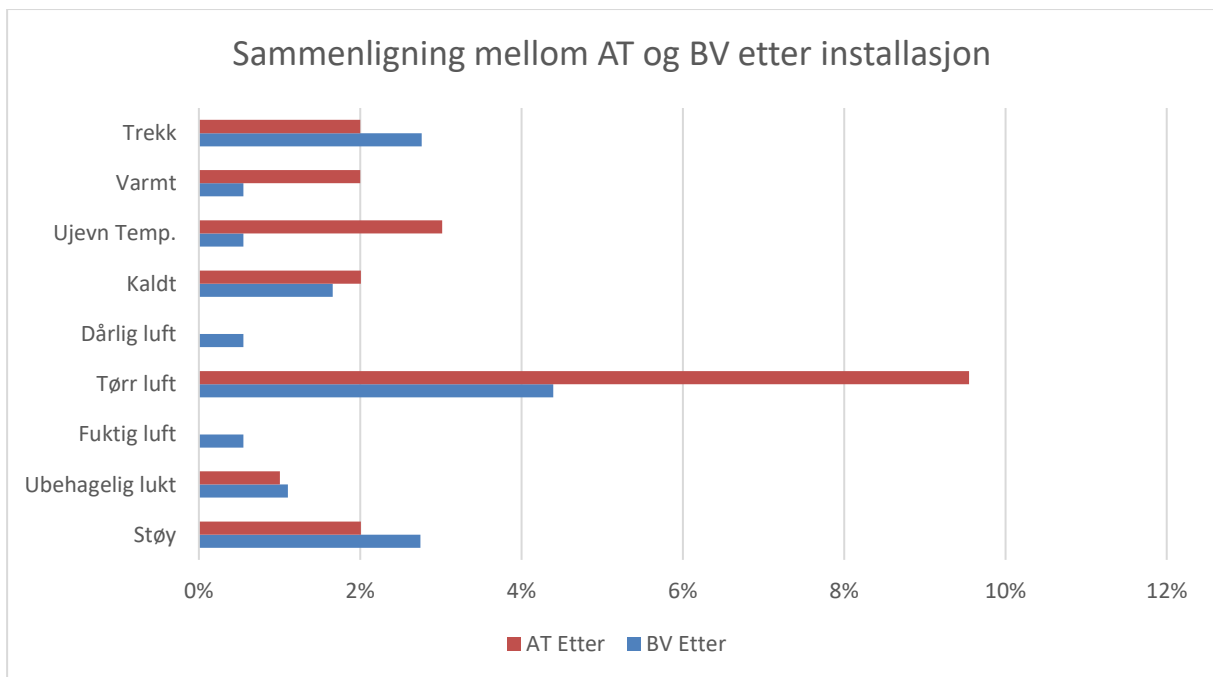


Figur 10. Opplevelse av eget innelima i AT-boliger ETTER det ble installert balansert ventilasjon

Resultatene fra BV- og AT- boliger blir presentert opp mot hverandre i Figur 11 og i Figur 12. Opplevelsen av innelimaet i disse boligene før installasjon er gitt i Figur 11. Den viser at det er størst forskjell på faktorene «Trekk», «Ujevn temperatur» og «For kaldt». Disse oppleves oftere i AT-boliger enn i BV-boliger. Faktorene «For varmt», «Ubehagelig lukt» og «Støy» oppleves også oftere her. BV-boliger opplever oftere faktorene «Dårlig luft», «Tørr luft» og «Fuktig luft». Figur 12 viser hvordan innelimaet i disse boligene blir opplevd etter installasjon. Alle faktorene oppleves i mindre enn 10 % av AT- og BV-boliger. «Tørr luft» i AT-boliger er det som oppleves oftest, da dette oppleves i 9 % av boligene. Av de deltakerne som har AT-boliger, har ingen svart «Ja, ofte» på faktorene «Innestengt og dårlig luft» og «Fuktig luft».

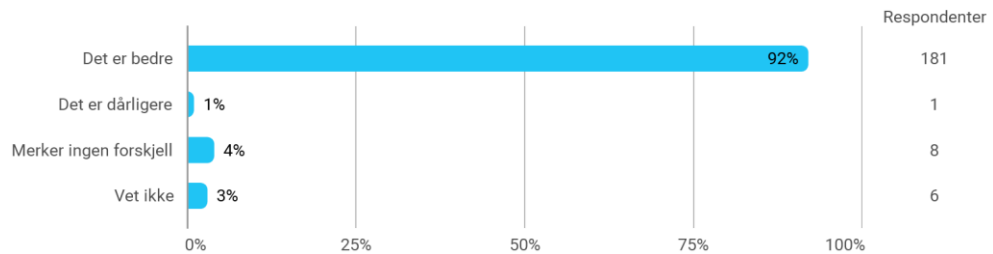


Figur 11. Sammenligning av svaralternativet «Ja, ofte» mellom AT- og BV-boliger FØR installasjon.

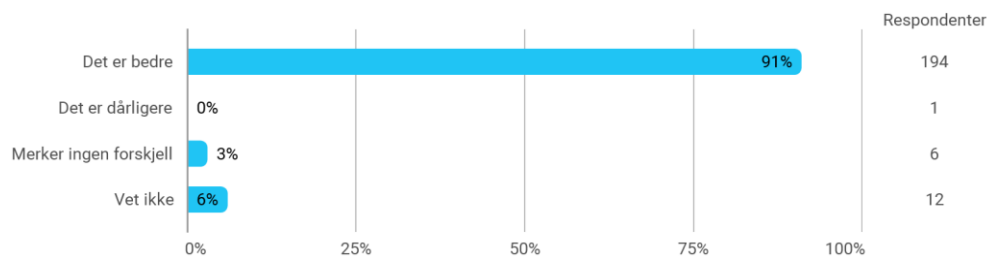


Figur 12. Sammenligning av svaralternativet «Ja, ofte» mellom AT- og BV-boliger ETTER installasjon.

I Figur 13 og Figur 14 presenteres deltakernes opplevelse av inneklimate etter installasjon. I BV- og AT-boliger er det henholdsvis 92,0 % og 91,0 % som opplever at installasjonen har forbedret deres inneklimate. Det er en deltaker i AT- boliger og en deltaker i BV- boliger som er misfornøyd etter installasjon.

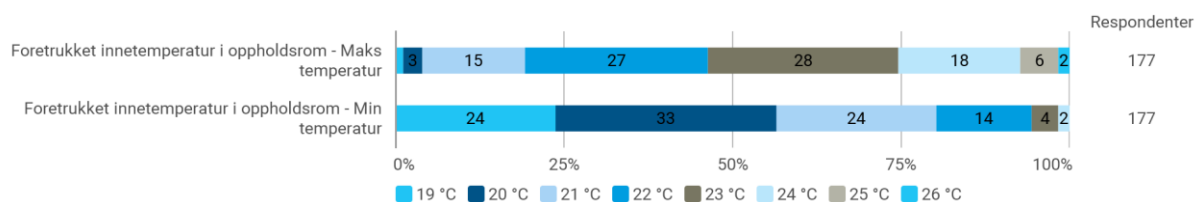


Figur 13. Viser hvordan deltakerne i BV- boliger opplever inneklimateet etter installasjonen.

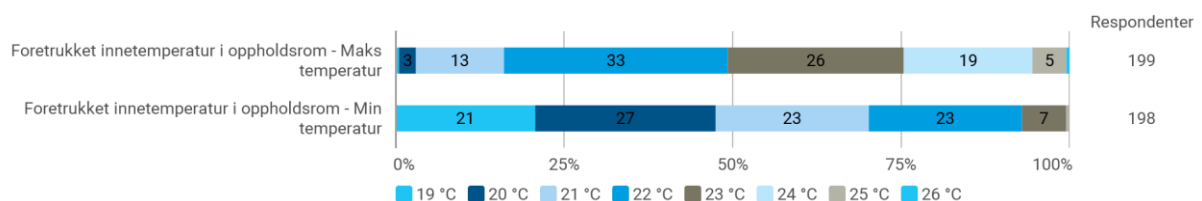


Figur 14. Viser hvordan deltakerne i AT- boliger opplever inneklimateet etter installasjonen.

Den foretrukne innetemperaturen for deltakerne i BV- og AT-boliger er gitt i Figur 15 og Figur 16. For deltakerne i BV-boligene er gjennomsnittsverdi for lufttemperatur 20-23 °C når minimum og maksimum blir tatt i betraktning. For deltakerne i AT-boliger er gjennomsnittsverdiene 21-23 °C.



Figur 15: Foretrukket innetemperatur i BV-bolig.

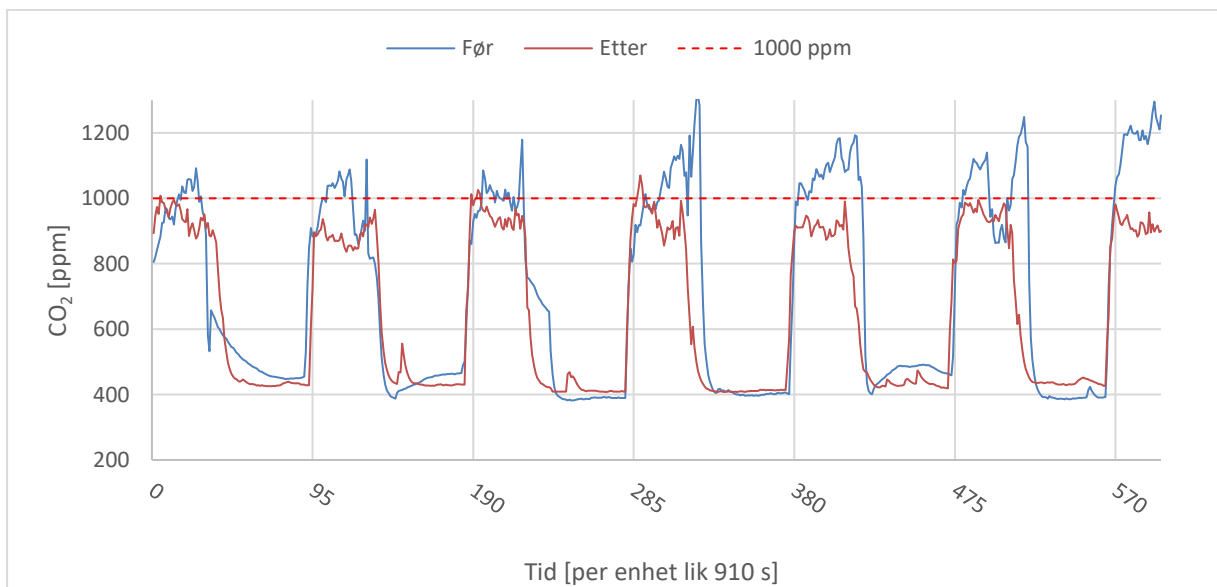


Figur 16: Foretrukket innetemperatur i AT-bolig.

4.2 Resultater for bolig B

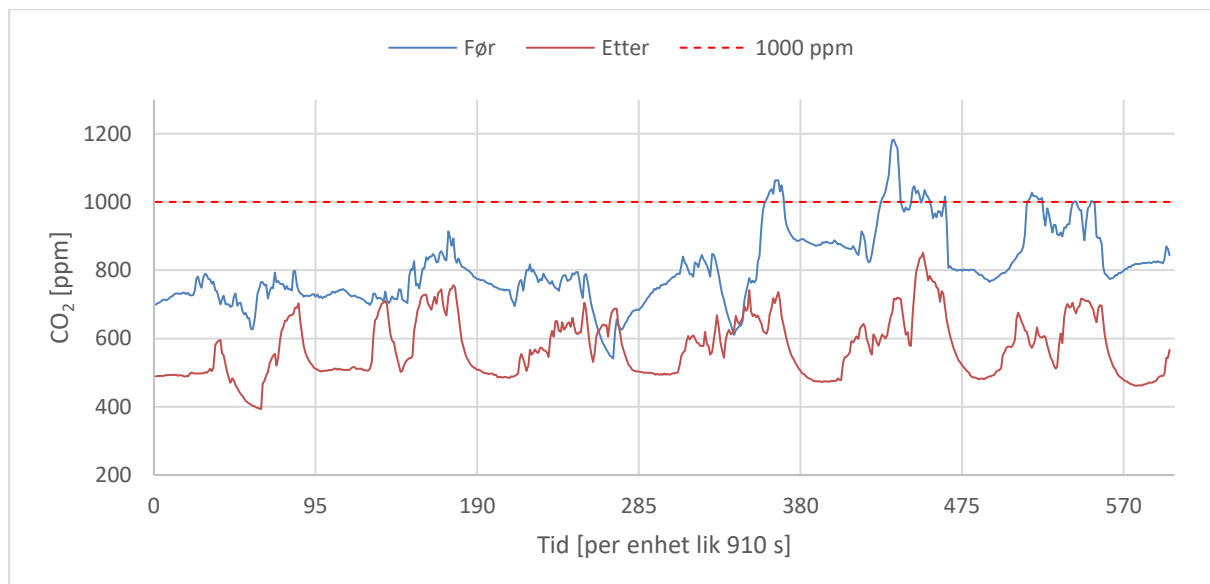
De to måleapparatene som var plassert i bolig B, ble programmert til å logge med et intervall på 900 s (15 min). Etter uthenting av data viser det seg at måleapparatene har logget med et intervall på 910 s, og dette gir en forskyvning i datasettene fra boligen. 95 målinger på x-aksen representerer tid over ett døgn. Dataene er redigert ved å fjerne målingene for perioden hvor balansert ventilasjon ble installert (vedlegg 1).

Målingene av CO₂-konsentrasjon for soverommet er gitt i Figur 17. Måleperiodene før og etter installasjon var på 150,9 timer, som tilsvarer 6,3 dager. Av måleperioden før installasjon er 55,1 timer i brukstiden for soverommet. Antall timer som overskrider 1000 ppm var totalt på 40,4 timer og 30,6 timer i brukstiden. Dette gir en prosentandel på tid over 1000 ppm på 26,8 % totalt og 55,5 % i brukstid. Etter installasjonen er 54,6 timer av måleperioden i brukstid. Antall timer som er over 1000 ppm er totalt 2,3 timer hvor alle av disse er i brukstiden til soverommet. Prosentandelene for tid hvor CO₂-konsentrasjonen er over 1000 ppm er da totalt 1,5 % og 4,2 % i brukstid.



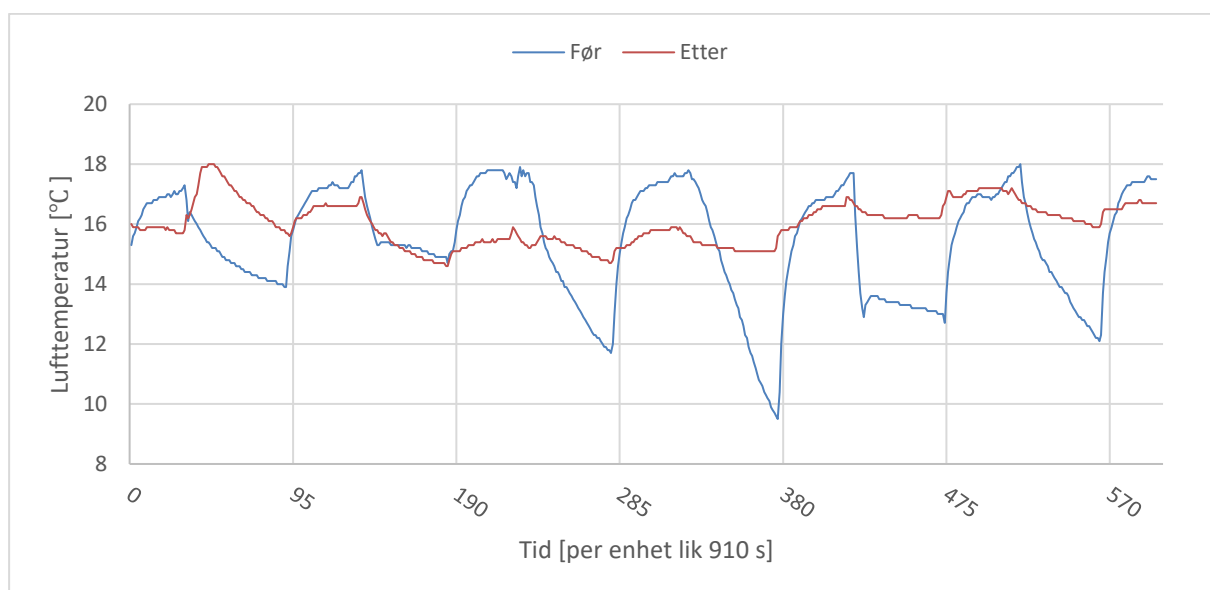
Figur 17: CO₂-konsentrasjon for soverommet i bolig B.

CO₂-konsentrasjonen for stuen er gitt i Figur 18. Måleperiodene før og etter installasjon var på 150,9 timer som tilsvarer 6,3 dager. Før det ble installert balansert ventilasjon, var det 11,9 timer som var over 1000 ppm. Dette tilsvarer 7,9 % av måleperioden. Etter installasjon ble det ikke registrert målinger som oversteg 1000 ppm.



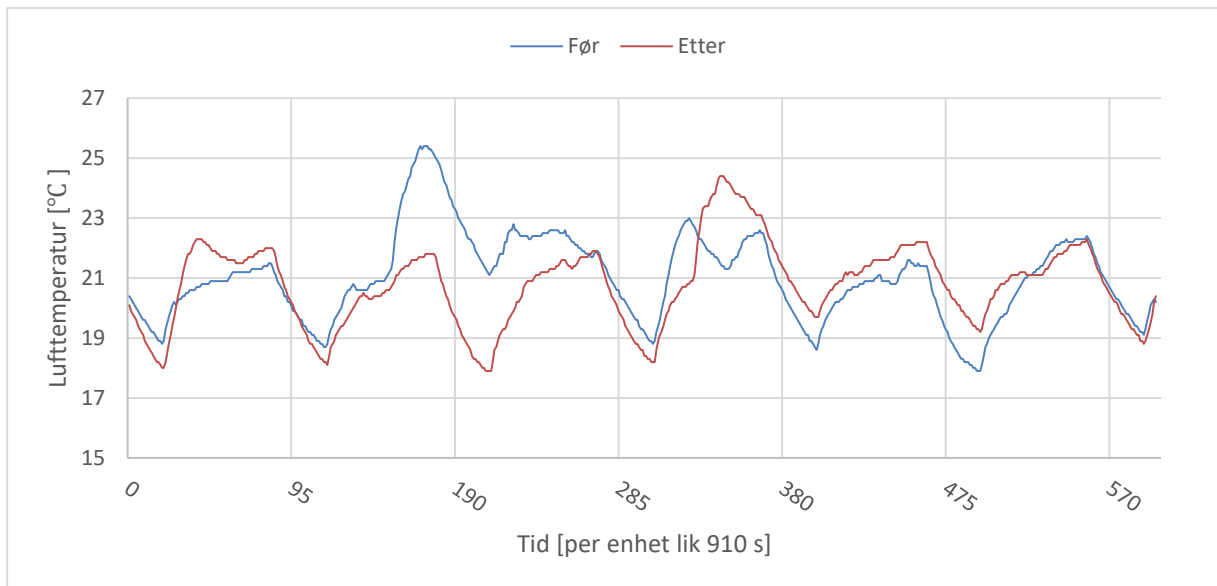
Figur 18: CO₂-konsentrasjon for stuen i bolig B.

I Figur 19 vises lufttemperatur for soverommet. Før installasjon av balansert ventilasjon, viste målingene et gjennomsnitt på 15,4 °C, hvor høyeste verdi var 18,0 °C og laveste var 9,5 °C. I brukstiden er gjennomsnittet 16,4 °C, hvor høyeste verdi er 17,8 °C og laveste er 9,5 °C. Etter installasjonen av balansert ventilasjon, er gjennomsnittet 16,0 °C, hvor høyeste verdi er 18,0 °C og laveste er 14,6 °C. I brukstiden etter installasjon er gjennomsnittet 16,1 °C, hvor høyeste verdi er 17,2 °C og laveste er 15,0 °C.



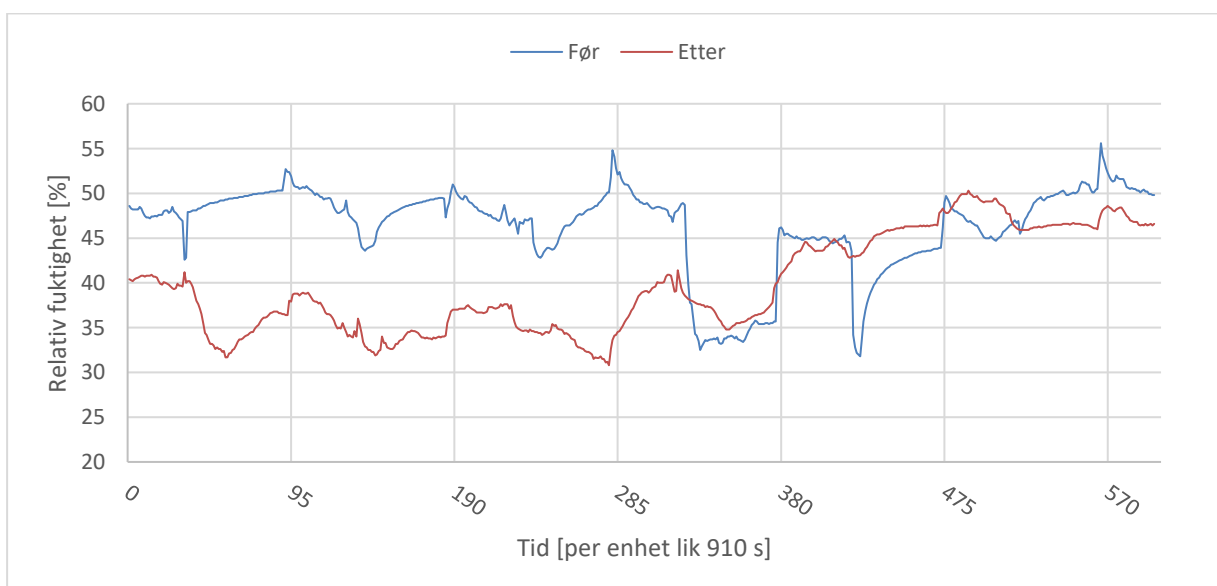
Figur 19: Lufttemperatur for soverommet i bolig B.

Lufttemperaturen som ble målt i stuen, er gitt i Figur 20. Før installasjon var gjennomsnittstemperaturen i stuen 21,0 °C, med høyeste verdi på 25,4 °C og laveste på 17,9 °C. Etter installasjon var gjennomsnittstemperaturen 20,8 °C, med høyeste verdi på 24,4 °C og laveste på 17,9 °C.



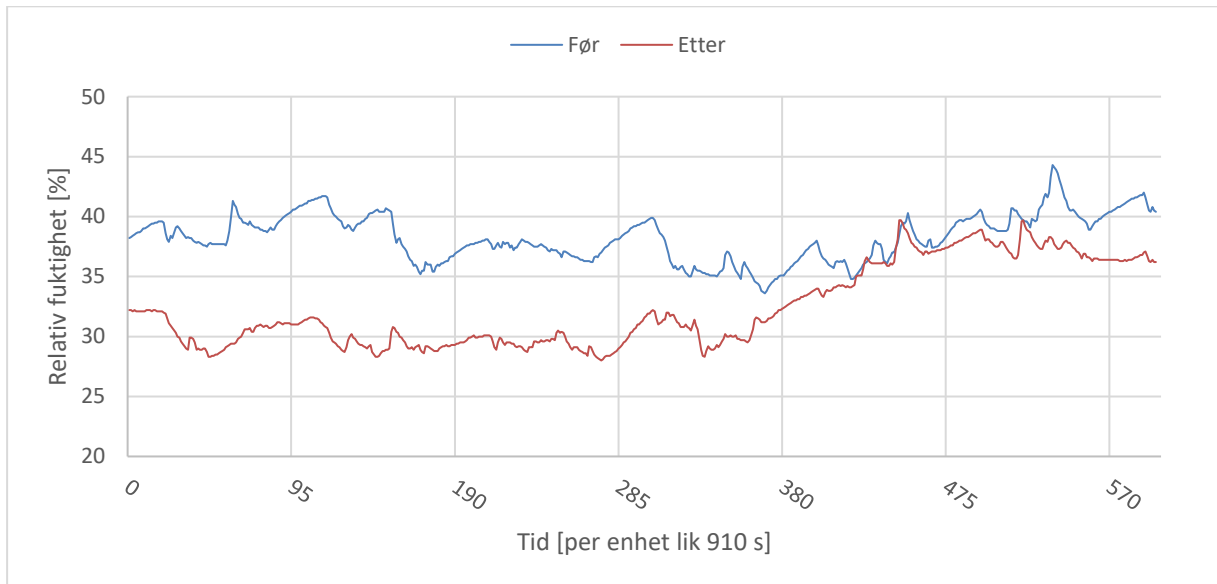
Figur 20: Lufttemperatur for stuen i bolig B.

I Figur 21 vises RF på soverommet. Før installasjon av balansert ventilasjon var gjennomsnittet av RF på 46,3 %, med høyeste målte verdi på 55,6 % og laveste verdi på 31,8 %. I brukstiden for soverommet før installasjon var gjennomsnittet på 48,5 %, med høyeste målte verdi på 55,6 % og laveste verdi på 35,7 %. Etter installasjon er gjennomsnittet på 39,8 %, med høyeste verdi på 50,3 % og laveste verdi på 30,8 %. I brukstiden for soverommet etter installasjon var gjennomsnittet på 41,7 %, med høyeste målte verdi på 50,3 % og laveste verdi på 33,6 %.



Figur 21: Relativ fuktighet for soverommet i bolig B.

I Figur 22 vises RF i stuen. Før installasjon av balansert ventilasjon, var gjennomsnittet av RF på 38,2 %, med høyeste målte verdi på 44,3 % og laveste verdi på 33,6 %. Etter installasjon er gjennomsnittet på 32,4 %, med høyeste verdi på 39,7 % og laveste verdi på 28,0 %.

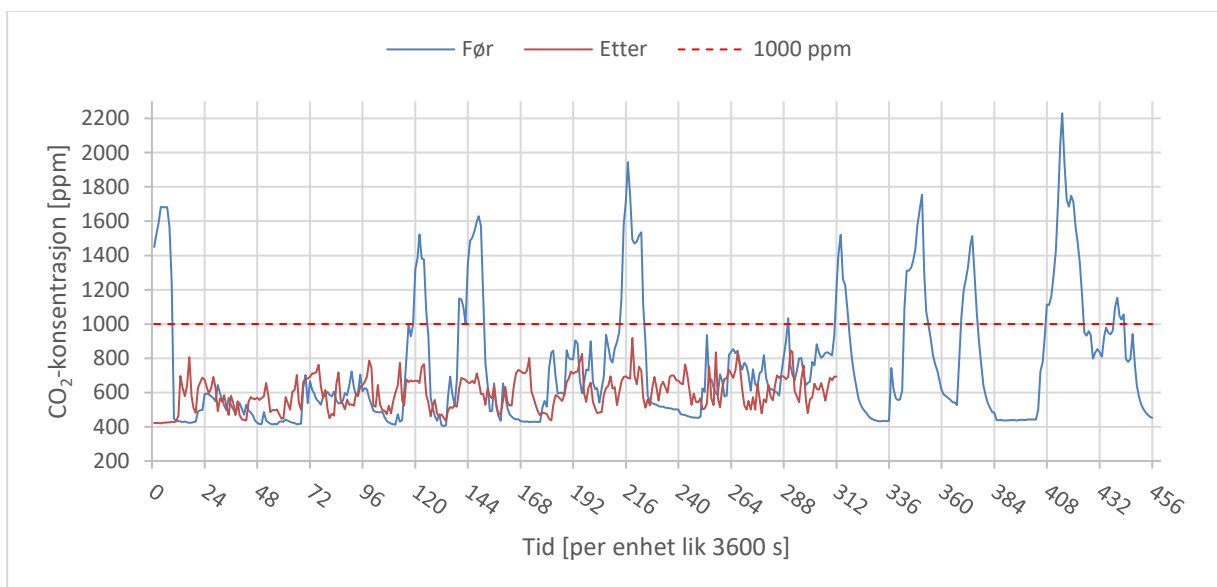


Figur 22: Relativ fuktighet for stuen i bolig B.

4.3 Resultater for bolig Ø

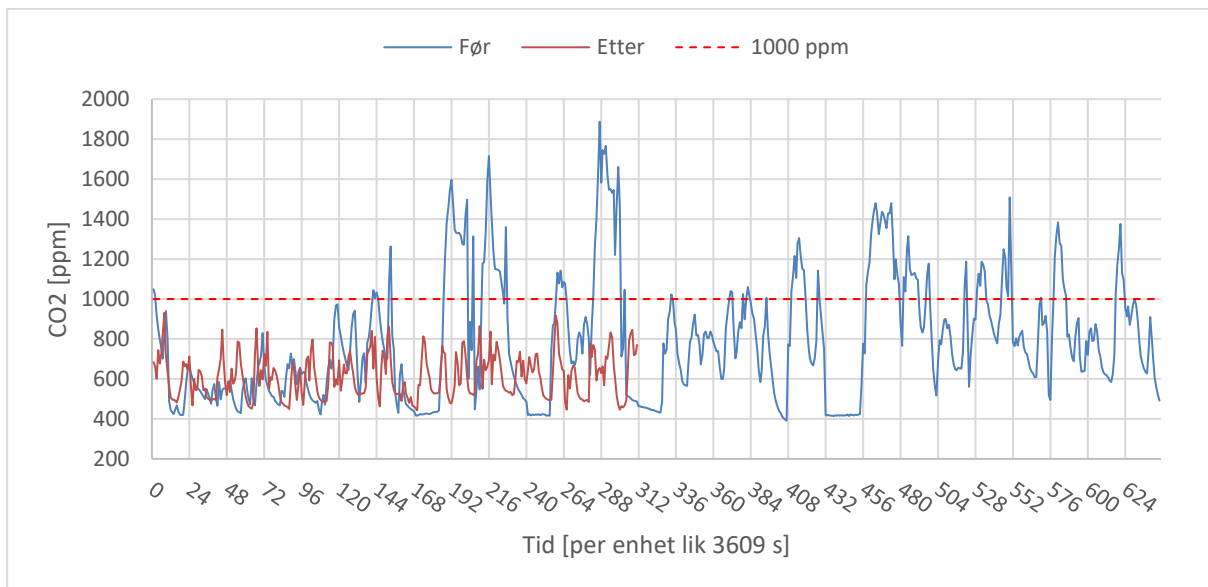
Datasettene fra måleapparatene som ble plassert i fritidsbolig Ø, hadde en rekke utfordringer med tidsstempling av måledataene. Dette er årsaken til at det er forskjellige måleperioder og logge intervall for soverom og stue. Vedlegg 1 viser hvordan dette er blitt håndtert. Måleperioden før installasjonen er satt sammen av de periodene boligen var i bruk fra september 2019 til februar 2020. Etter installasjon av balansert ventilasjon, ble fritidsboligen brukt i en sammenhengende periode. 24 målinger på x-aksen representerer tid over ett døgn.

Målingene av CO₂-konsentrasjon for soverommet er gitt i Figur 23. De utvalgte målingene før installasjon var i en periode på 456,0 timer som tilsvarer 19,0 dager. Av disse overskrider 86,0 timer 1000 ppm, som tilsvarer 18,9 % av tiden. Etter installasjon er måleperioden på 312,0 timer som tilsvarer 13,0 dager. I denne måleperioden er det ikke registrert noen målinger som overskrider 1000 ppm.



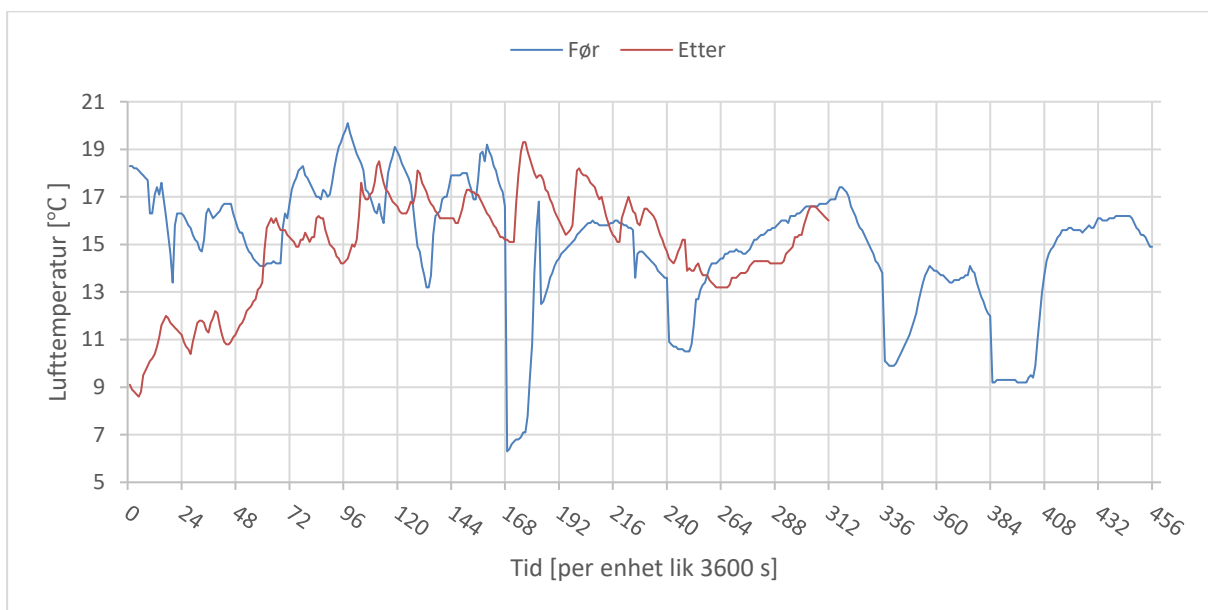
Figur 23: CO₂-konsentrasjon for soverom i bolig Ø.

Målingene av CO₂-konsentrasjon for stuen er gitt i Figur 24. De utvalgte målingene før installasjon er i en periode på 648,6 timer som tilsvarer 27,0 dager. Av disse overskrider 149,4 timer 1000 ppm, som tilsvarer 23,0 % av tiden. Etter installasjon var måleperioden på 312,8 timer som tilsvarer 13,0 dager. Gjennom denne måleperioden ble det ikke registrert noen målinger som overskrider 1000 ppm.



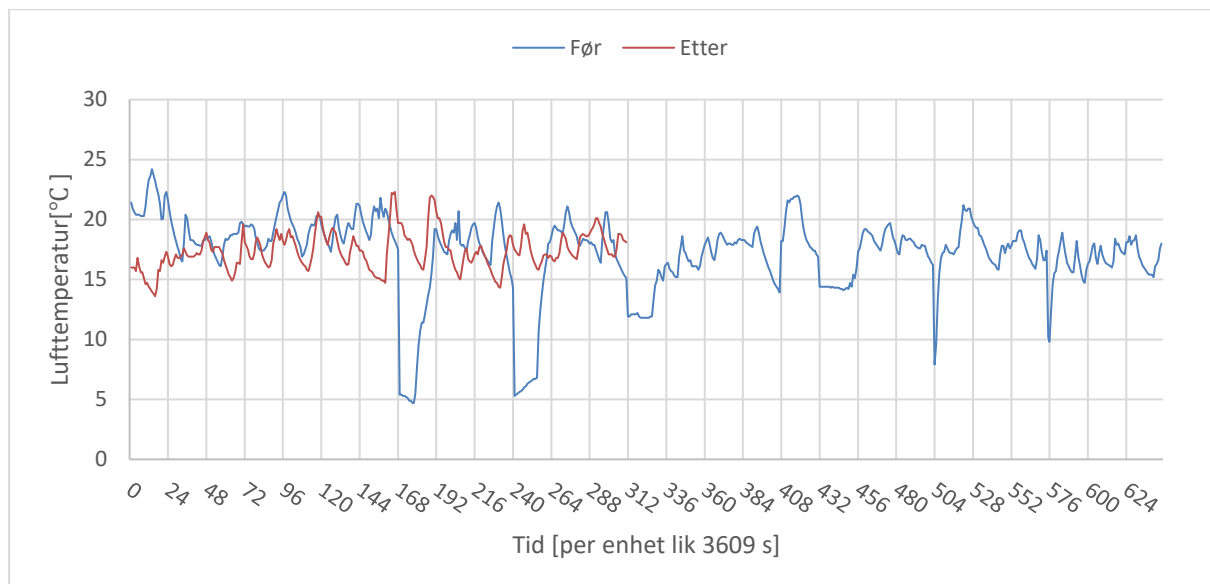
Figur 24: CO₂-konsentrasjon for stuen i bolig Ø.

Lufttemperaturen som ble målt på soverommet er gitt i Figur 25. Før installasjon var gjennomsnittstemperaturen på soverommet 15,0 °C, med høyeste verdi på 20,1 °C og laveste på 6,3 °C. Etter installasjon er gjennomsnittstemperaturen 14,9 °C, med høyeste verdi på 19,3 °C og laveste på 8,6 °C. Median for datasettene før installasjon er på 15,6 °C og etter installasjon er den 15,3 °C. Med sammensetningen av data før installasjon gir medianene av datasettet en indikasjon på hvilken temperatur som er mest vanlig på soverommet.



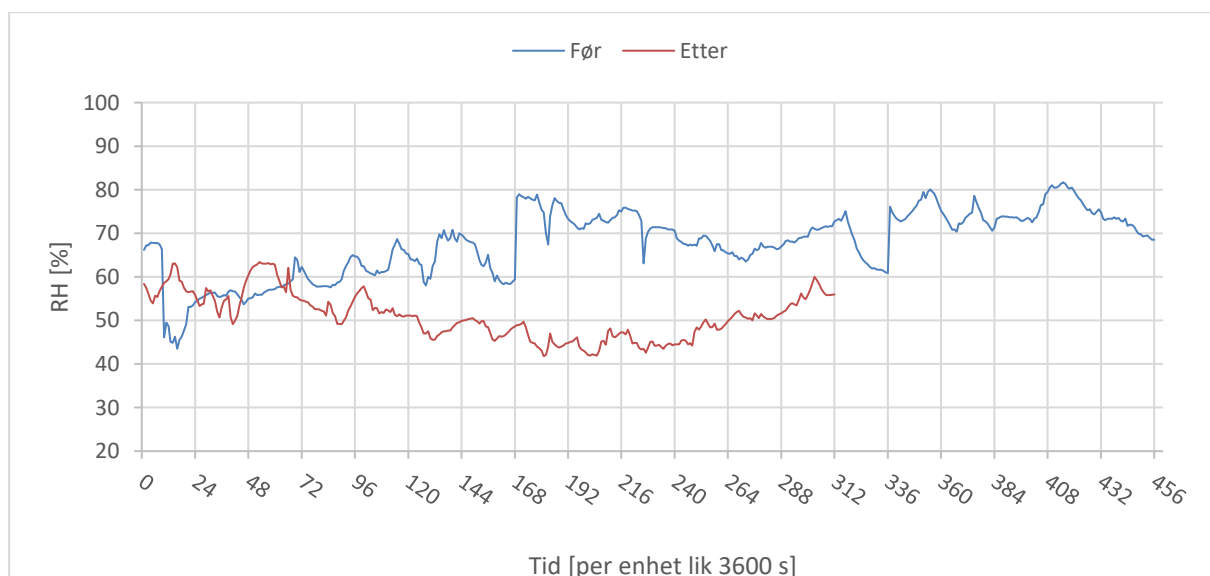
Figur 25: Temperatur for soverom i bolig Ø.

Lufttemperaturen som ble målt i stuen er gitt i Figur 26. Før installasjon var gjennomsnittstemperaturen på soverommet 17,2 °C, med høyeste verdi på 24,2 °C og laveste på 4,7 °C. Etter installasjon er gjennomsnittstemperaturen 17,4 °C, med høyeste verdi på 22,3 °C og laveste på 13,6 °C. Median for datasettene før installasjon er på 17,9 °C og etter installasjon er den 17,2 °C.



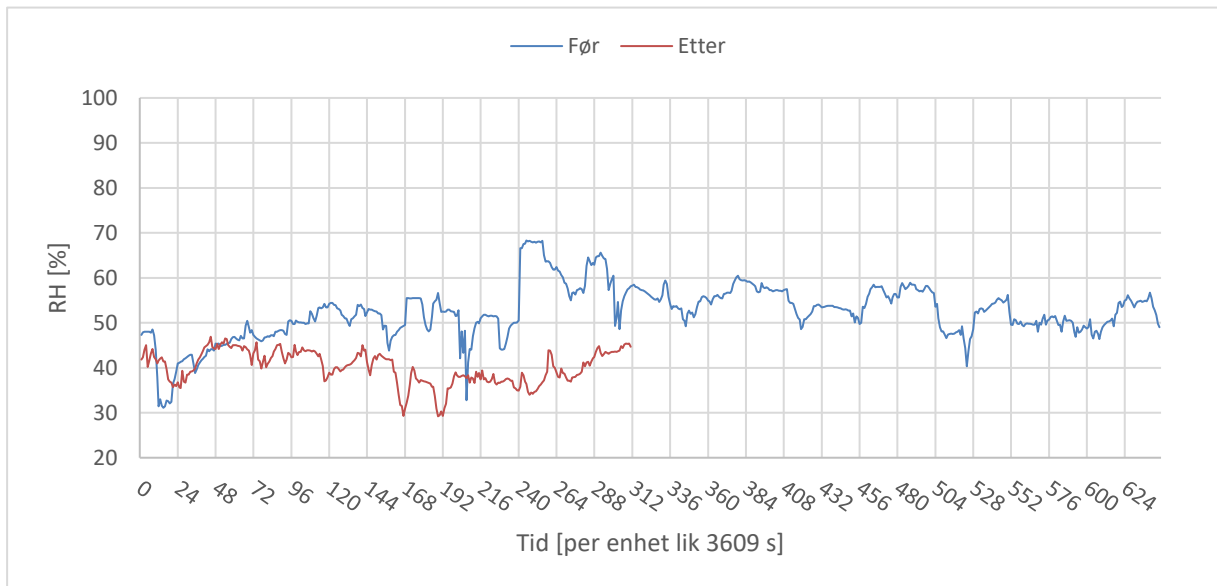
Figur 26: Temperatur for stuen i bolig Ø

RF for soverommet er gitt i Figur 27. Før installasjon av balansert ventilasjon, viser målingene i de forskjellige måleperiodene ett samlet gjennomsnitt av RF på 67,6 %, med høyeste målte verdi på 81,7 % og laveste verdi på 43,5 %. Etter installasjon er gjennomsnitt av RF på 51,0 %, med høyeste verdi på 63,4 % og laveste verdi på 41,8 %. Medianen for de to datasettene er 68,6 % før installasjon og 50,7 % etter installasjon.



Figur 27: Relativ fuktighet for soverommet i bolig Ø.

RF for stuen er gitt i Figur 28. Før installasjon av balansert ventilasjon, viser målingene i de forskjellige måleperiodene et gjennomsnitt av RF på 52,4 %, med høyeste målte verdi på 68,3 % og laveste verdi på 31,1 %. Etter installasjon er gjennomsnitt av RF på 40,1 %, med høyeste verdi på 46,9 % og laveste verdi på 29,2 %. Medianen for de to datasettene er 52,6 % før installasjon og 40,3 % etter installasjon.



Figur 28: Relativ fuktighet for stuen i bolig Ø.

5. Diskusjon

Målet med denne oppgaven var å se hvordan personer som bare har gjort energiltaket installasjon av balansert ventilasjon i eldre boliger opplever inneklimate. For å anskaffe resultater for oppgaven ble det utført to boligcaser. Gjennom de to boligcasene ble det hentet ut resultater gjennom måleapparatet Wöhler CDL210 [50], som beskriver hvordan forandringen i CO₂-konsentrasjon, relativ fuktighet og lufttemperatur var før og etter installasjon. Gjennom intervju med beboere, ble det hentet ut informasjon om bygget og hvordan personene opplevde inneklimate før og etter installasjon. Siden måleperioden i boligcase for bolig B, foregikk over en kort periode, vil datasettene bare gi en indikasjon på hvordan inneklimate i bygget har forandret seg. I boligcase Ø, må det tas hensyn til at det er en fritidsbolig. Det ble derfor gjennom datasettene hentet ut informasjon for dager der beboere har vært til stede, ved å se på når det var en økning i CO₂-konsentrasjon og lufttemperatur. Gjennom måleperioden har det vært fire brudd i målingene på soverommet og ett brudd i målingene i stuen. Beboeren har også informert om at måleapparatet på soverommet har blitt flyttet ned på gulvet i løpet av måleperioden. Grunnet anbefalinger fra regjeringen om å holde seg inne fra og med 12. mars, for å redusere smitte av COVID-19 [51], vil dette ha en innvirkning på målingene for både bolig B og bolig Ø.

For å få et kvantitativt resultat på hvordan personer som har installert balansert ventilasjon opplever inneklimate, ble det laget en spørreundersøkelse som ble sendt ut i samarbeid med Enova. I spørreundersøkelsen ble det sett på hvordan deltakere med BV-boliger og AT-boliger opplever inneklimate før og etter installasjon. Resultatene fra spørreundersøkelsen er ikke generaliserende for underkategoriene BV- og AT-boliger, men vil gi en indikasjon på hvordan inneklimate blir påvirket ved installasjon av balansert ventilasjon. Siden spørreundersøkelsen bare tar for seg meninger om hvordan deltakere opplever inneklimate i egen bolig, kan svarene gitt i «før» og «etter» installasjon være påvirket av hvordan de selv oppfatter eget inneklimate, de kan være påvirket av eierskapseffekten, placeboeffekten og taps aversjon. Dersom det kunne blitt utført målinger i boligene til deltakerne i spørreundersøkelsen, er det mulig resultatene ville gitt et annet resultat av hvordan inneklimate har forandret seg. Psykososial atferd som kan forandre på hvordan deltakere oppfatter eget inneklimate er hovedsakelig placeboeffekten. En av hovedårsaken til at deltakerne valgte å installere balansert ventilasjon var «Dårlig inneklimate». Det kan antas at deltakerne allerede før installasjon har tenkt at inneklimate i egen bolig vil forbedre seg i større grad enn den forbedringen som forekommer. En annen psykologisk effekt som kan påvirke resultatene er taps aversjon, som kan påvirke hvordan inneklimate opplevdes før installasjon. Taps aversjon kan gjøre at deltakerne vurderer «før» situasjonen som dårligere enn den egentlig var. Dersom både placeboeffekten og taps aversjon har påvirket svarene til deltakerne, kan forskjellen mellom «før» og «etter» installasjon bli markant. 78 % av BV-boligene i spørreundersøkelsen ble bygget mellom 1950 og 1999 og 95 % av AT-boligene ble bygget mellom 1950 og 1999. Basert på dette blir det antatt at mange av boligene har mellom 10-20 cm med isolasjon, som er mindre enn dagens krav. Da det ikke er informasjon i spørreundersøkelsen om når deltakere i AT-boliger gjorde energiltakene, blir det antatt

at det ble gjort en totaloppgradering av boligen. Dette medfører at svarene de avgir om inneklimate før installasjon, er før boligen ble totaloppgradert.

5.1 Trekk

Inneklimafaktoren «Trekk» går under termisk klima, da trekk vil påvirke temperaturen som oppleves av enkeltindividet. Resultatene fra BV-boligene viser en reduksjon av deltakere som opplevde «Trekk» i boligen. Før installasjon av balansert ventilasjon var det 9 % som ofte opplevde «Trekk» og 51 % som aldri opplevde det. Etter installasjon er det 3 % som ofte opplever «Trekk» og 71 % som aldri opplever det.

Deltakerne i AT-boliger svarte i større grad at de ofte opplevde trekk i boligen før installasjon av balansert ventilasjon. 45 % svarte at de ofte opplevde «Trekk», noe som var 36 % flere enn de som har BV-bolig. Det var 10 % som svarte at de aldri opplevde «Trekk», noe som var 41 % lavere enn i BV-boliger. Installasjonen hadde en positiv effekt for både BV- og AT-boliger. I AT-boligene ble prosentandelen som ofte opplevde «Trekk» redusert fra 45 % til 2 %, samt at de som aldri opplever «Trekk» økte til 86 %.

Det antas at hovedgrunnen til at det ble opplevd mer trekk før installasjon i både BV- og AT-boliger er fordi de fleste boligene ble bygget før TEK 97. Boliger som ble bygget i denne perioden antas å ha en del varmetap på grunn av tynnere og gammel isolasjon, samt vinduer og dører med lavere standard. Det vil også bare ha vært naturlig ventilasjon i boligene eller avtrekksventilasjon. Da vil man få uteluft inn i boligen. Tilluften vil som regel være kaldere enn inneluften og vil derfor kunne oppleves som trekk. Balansert ventilasjon gjenvinner varmen fra inneluften og overfører denne til tilluften, noe som fører til at det i mindre grad vil bli opplevd som trekk, i forhold til naturlig ventilasjon. Balansert ventilasjon reduserer også undertrykk i boligen, som kan føre til en reduksjon i opplevelsen av trekk.

Taps aversjon kan bidra til at deltakere i AT-boliger vurderer opplevelsen av trekk som verre enn den egentlig var før energiltakene ble gjennomført. Resultatene etter installasjon viser at færre opplever problemer med trekk i AT-boliger i forhold til BV-boliger. En mulig grunn kan være at boligene har fått installert lavenergivinduer og oppgradert isolasjonen. Tiltakene vil ha ført til redusert varmetap og bidratt til å redusere strålingsasymmetri fra kalde overflater, noe som reduserer opplevelsen av trekk. Installasjonen av balansert ventilasjon fører til en reduksjon av hvor mye trekk som oppleves av deltakerne i både BV- og AT-boliger. Dette fører til bedre termisk komfort i boligene og man kan unngå negative helseeffekter.

5.2 Temperatur

Temperaturfaktorene «For varmt», «Ujevn temperatur» og «For kaldt» går også under det termiske klimaet. Før installasjon av balansert ventilasjon i BV-boliger, viser resultatene at få deltakere ofte opplevde at det ble «For kaldt» eller «For varmt». 20 % av deltakerne opplever ofte «Ujevn temperatur». Det er henholdsvis 42 % som svarer «Nei, aldri» når det ble spurt om det ble «For varmt», 23 % når det blir spurt om «Ujevn temperatur» og 24 % når det blir spurt om det ble «For kaldt». Etter installasjon opplever deltakerne i mindre grad temperaturfaktorene. Av disse er det faktoren «For kaldt» som oppleves oftest, da 2% har svart dette. Etter installasjon var det en økning i deltakere som svarte at de aldri opplever temperaturfaktorene. Prosentandelene økte med henholdsvis 28 % for faktoren «For varmt», 41 % for faktoren «Ujevn temperatur» og 33 % for faktoren «For kaldt». Dette viser en klar økning i deltakere som aldri opplever temperaturfaktorene, og en stor reduksjon i de som ofte opplever «Ujevn temperatur».

Deltakere i AT-boliger opplevde i større grad problemer med kulde og «Ujevn temperatur» før installasjon. Her svarte 45 % av deltakerne at de ofte opplevde «Ujevn temperatur», 40 % at det ble «For kaldt» og 10 % som oppgav problemer med at det ble «For varmt» i boligen. Det var 35 % som svarte at det aldri ble «For varmt» i boligen, men bare 6 % svarte at de aldri opplevde at det ble «Ujevn temperatur» og «For kaldt». Installasjonen i AT-boligene hadde en stor innvirkning på hvordan deltakerne opplever det termiske inneklimaet. Opplevelsen av temperaturfaktorene «For varmt», «Ujevn temperatur» og «For kaldt» ble redusert med henholdsvis 8 %, 42 % og 38 %. Det var også en økning til henholdsvis 55 %, 76 % og 78 % av deltakerne som aldri opplever temperaturfaktorene etter installasjon.

Forskjellen i den foretrukne innetemperaturen for BV- og AT-Boliger er tilnærmet lik. Det ble ikke spesifisert i spørreundersøkelsen om hvor i boligen den foretrukne innetemperaturen var. Det blir antatt at deltakerne har svart for stue. Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at beboere i BV-boliger ønsker en innetemperatur på 20-23 °C. I AT-boliger er det ønskelig med en innetemperatur på 21-23 °C. Den ønskede innetemperaturen i BV- og AT-boliger er høyere enn den anbefalte lufttemperaturen gitt i TEK 17, under 22 °C [11]. Forskjellene mellom BV- og AT-boliger og anbefalinger fra TEK 17, kan være en indikasjon på rebound effekten. Funn fra rapporten til Gram Hanssen og Hansen [6], viser til personer som har brukt den sparte energien fra energiltakene til å øke egen termisk komfort. Den samme effekten ble også sett i boligstudien fra EBLE [3], der deltakerne oppgav en ønsket innetemperatur på 22–24 °C. Ved å underbygge resultatene fra spørreundersøkelsen med målinger av lufttemperatur, kan det i større grad konkluderes som et resultat av rebound effekten.

I bolig B viser lufttemperaturmålingene at gjennomsnittstemperaturen i brukstiden på soverom har blitt redusert fra 16,4 °C til 16,1 °C etter installasjon. Før installasjon var den laveste temperaturen målt til 9,5 °C og den laveste målte temperaturen etter installasjon var 15,0 °C. En grunn til denne forskjellen,

kan være at før installasjon av balansert ventilasjon ble temperaturen regulert ved å ha vinduet åpent. Dette viser grafen fra måleperioden og man ser en gradvis reduksjon i temperatur utenfor brukstiden. Installasjonen førte til et mindre avvik fra gjennomsnittet og en jevnere temperatur gjennom brukstiden. Målingene som ble gjort i stuen i bolig B, viser mindre forskjeller i temperatur enn på soverom. Gjennomsnittstemperaturen ble redusert fra 21,0 °C til 20,8 °C og differansen mellom høyeste og laveste målte temperatur ble redusert fra 7,5 °C til 6,5 °C. Resultatet viser at stuen beholdt omtrent samme temperatur som før installasjon. Etter samtale med beboer i senere tid, forklares det at temperaturen oppleves kaldere enn før installasjon, og det benyttes panelovner til å varme opp boligen tilstrekkelig.

Bolig Ø viser medianen for temperaturmålingene i stue og soverom liten forskjell før og etter installasjon. Soverommet hadde en reduksjon fra 15,6 °C til 15,3 °C, og stuen hadde en reduksjon fra 17,9 °C til 17,2 °C. På grunn av sammensetningen av perioder hvor boligen har vært i bruk, gir ikke ekstremalpunktene for perioden før installasjon et riktig bilde på lufttemperatur når boligen er i bruk. Etter installasjon er høyeste målte temperatur 22,3 °C, og laveste temperatur 13,6 °C i stuen. For soverommet var det en større differanse, med høyeste temperatur på 19,3 °C, og laveste temperatur på 8,6 °C. Forskjellen antas å komme av en kombinasjon av brukeratferden til beboerne, og utetemperaturen på dagen med lavest måling. Dette kan ikke tas høyde for, ettersom klokkeslett og datoer fra måleapparatene som ble plassert i bolig Ø ikke er riktige (vedlegg 1).

Hovedandelen av beboere i BV-boliger svarte at boligen ble bygget mellom 1950 og 1999. I denne tidsperioden var ikke kravene til byggene like strenge som nå. Det antas at disse byggene har en isolasjon fra 10-20 cm. De har svart at de ikke har gjort andre energiltak som å installere nye vinduer. Gamle vinduer med lav u-verdi kan utgjøre opp mot 40 % av det totale varmetapet. Dette fører til at boligene har mye varmetap og blir i stor grad påvirket av utetemperaturen. Utetemperaturen i Norge er for det meste lavere enn den foretrukne innetemperatur deltakere oppgav i Figur 15 og Figur 16. Ved å installere balansert ventilasjon i boligen, kan man unngå å bruke naturlig ventilasjon til å ventilere når det er ventilasjonsbehov i boligen. Da vil innetemperaturen i mindre grad bli påvirket av utetemperaturen og det termiske inneklimate oppleves som mer behagelig.

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser at deltakerne i AT-boliger hadde en dårligere opplevelse av temperaturfaktorene før installasjon i forhold til deltakere i BV-boligene. Flere grunner kan føre til dette resultatet. Boligene som gjorde alle tiltak, kan ha hatt en dårligere standard enn mange av boligene som kun installerte balansert ventilasjon og at det var derfor de valgte å gjøre alle energiltakene. Taps aversjon og placeboeffekten kan også ha påvirket deltakerne ved at de har overvurdert hvordan inneklimate er nå og tenkt at det var mye verre før installasjonen. AT-boligene ble totaloppgradert, noe som fører til lavere varmetap. Varmegjenvinningen i balansert ventilasjon kan ha bidratt til reduksjonen i problemer knyttet til at det ble «For kaldt» og «Ujevn temperatur». Dette kan igjen ha bidratt til at «For

varmt» er det som oppleves blant flest deltakere etter installasjon. Det kan oppstå problemer knyttet til at rom blir for varme dersom det ikke er tilstrekkelig overstrømning mellom rom.

Installasjonen av balansert ventilasjon påvirker begge målgruppene positivt. Sluttresultatene i BV-boliger antyder at det er færre problemer knyttet til varme enn i AT-boligene, men det igjen er flere problemer knyttet til ujevn- og kald temperatur. Den termiske komforten er blitt bedre etter installasjon i begge målgrupper. Balansert ventilasjon fører til bedre fordeling av varme gjennom bolig, noe som vil bidra til å motvirke at enkelte deler av kroppen vil fryse. Resultatene fra både spørreundersøkelsen og boligcasene, viser at deltakerne er mer tilfredse med temperaturen i egen bolig etter installasjon, noe som er viktig for å oppnå termisk komfort.

5.3 Relativ fuktighet

Den relative fuktigheten påvirker hvordan det termiske klimaet blir opplevd. Før installasjonen av balansert ventilasjon i BV-boliger, var det 9 % som ofte opplevde «Tørr luft» og 39 % som aldri opplevde det. Etter installasjonen er det 4 % som svarer at de ofte opplever «Tørr luft» og det er 58 % som aldri opplever det. I AT-boligene viser resultatene før installasjon at 8 % deltakerne ofte opplevde «Tørr luft» og etter installasjonen økte det til 10 %. Svarprosenten for «Nei, aldri» var 34 % før installasjon og 53 % etter installasjon.

Før installasjonen av balansert ventilasjon i BV-boliger, var det 16 % som ofte opplevde «Fuktig luft» og 37 % som aldri opplevde det. Etter installasjon opplever under 0,5 % av deltakerne «Fuktig luft» ofte og 82 % svarte at de aldri opplever det. Resultatene før installasjonen for AT-boliger, viser at 13 % ofte opplevde «Fuktig luft» og at 26 % aldri opplevde det. Etter installasjon er det ingen av deltakerne som har svart at de ofte opplever «Fuktig luft» og det er 91 % som aldri opplever det.

I måleresultatene fra bolig B ser man en reduksjon i den relative fuktigheten på både soverom og oppholdsrom etter installasjonen. Gjennomsnittet av relativ fuktighet i brukstiden ble redusert fra 48,5 % til 39,8 % på soverommet. I stuen ble den redusert fra 38,2 % til 32,4 %. Byggforsk anbefaler at den relative fuktigheten er under 70 % om sommeren og under 40 % om vinteren for å unngå muggdannelse, kondens og skade på bygningskroppen [14]. Målingene ble gjort i mars og sluttresultatet er under den anbefalte grensen for vinterstid, noe som vil redusere sannsynlighet for at disse negative effektene skal oppstå.

I boligcase Ø ser man også en reduksjon i den relative fuktigheten på både soverom og i stue etter installasjonen. Medianen av relativ fuktighet ble redusert fra 68,6 % til 50,7 % på soverommet. I stuen ble det redusert fra 52,6 % til 40,3 %. Installasjonen har ført til en reduisering av RF i boligen som kan bidra til å redusere risiko for uønsket dannelse av mugg, da 68,3 % relativ fuktighet var nær risikozonen

i vinterhalvåret. Den laveste relative fuktigheten som ble målt var på 29,2 %. Dette er over den nedre grensen på 20 % som kan føre til helserelaterte problemer. Reduksjonen kan skyldes at det nye anlegget har økt ventilasjonen i forhold til produsert fuktighet.

Når balansert ventilasjon er installert i både BV- og AT-boliger, viser resultatene en reduksjon i opplevelsen av både «Tørr luft» og «Fuktig luft». Før installasjon var det flere deltakere som opplevde «Fuktig luft» enn det var deltakere som opplevde «Tørr luft». Etter installasjonen var det flere deltakere som oftere opplever «Tørr luft» enn «Fuktig luft». En grunn til dette kan være at installasjonen av balansert ventilasjon fører til større luftskifte i boligen. Dette fører til at luftfuktigheten beboer skaper, vil bli byttet ut fortere. Tilluften som kommer inn i boligen vil også ha en lavere relativ fuktighet, noe som kan øke sannsynligheten for å oppleve tørr luft. En grunn til at flere deltakere opplevde tørr luft i AT-boligene etter installasjon kan være at boligene har en tettere fasade etter alle tiltakene som er gjort. Balansert ventilasjon er mest effektiv når boligen er så lufttett som mulig [36]. Resultatene gir en indikasjon på at ventilasjonsanlegget er stilt inn på et for høyt luftskifte. Andre effekter som kan påvirke opplevelsen av tørr og fuktig luft, er beboers forventning av hvordan den relative fuktigheten i luften vil endres etter en installasjon av balansert ventilasjon. Personers oppfatning av relativ fuktighet er også vist å samsvare lite med hva den er [33]. Det stemmer overens med resultatene fra spørreundersøkelsen, hvor det er på faktorene «Tørr luft» og «Fuktig luft» flest deltakere har svart «Vet ikke».

Installasjonen av balansert ventilasjon har hatt en positiv effekt på opplevelsen av både «Tørr luft» og «Fuktig luft». Dette gjelder for BV- og AT boliger, samt boligcasene hvor det er gjort målinger. I resultatene fra spørreundersøkelsen er det nesten ingen som opplever for høy relativ fuktighet etter installasjon. Dette vil bidra til mindre risiko for helseplager som astma og luftveisinfeksjoner. Risiko for at det skal oppstå problemer med mugg, kondens og skade på bygningskroppen reduseres også. Dette er positivt da mugg er en faktor som kan bidra til at barn utvikler astma [1]. En lav relativ fuktighet indikerer at det er bra luftskifte i boligen, noe som indikerer at anlegget fungerer slik som ønsket. Blir den relative fuktigheten for lav, kan det påvirke termisk komfort og øke risikoen for tørre øyne og virusinfeksjoner [8, p. 34]. Resultatene indikerer at det er mindre risiko for dette i BV-boliger enn i AT-boliger, da færre opplever at det er for tørr luft.

5.4 Luftkvalitet

Ved å følge retningslinjer fra ASHRAE [18] som forklarer at CO₂-konsentrasjon brukes som en indikator for dårlig luftkvalitet, ble det gjort en antagelse der «Innestengt og dårlig luft» tilsvarer en høy CO₂-konsentrasjon. I spørreundersøkelsen var det 46 % av deltakere i BV-boliger som ofte opplevde «Innestengt og dårlig luft» før installasjon. Etter deltakerne fikk installert balansert ventilasjon, er det kun en deltaker som opplever «Innestengt og dårlig luft». Svarprosenten for «Nei, aldri» fra deltakere i BV-boliger økte fra 9 % til 93 % etter installasjon.

For deltakere med AT-boliger, var det før installasjon 34 % som svarte at de ofte opplevde «Innestengt og dårlig luft». Etter installasjon er det ingen av deltakerne som opplever det. Hos deltakere i AT-boliger var svarprosenten på «Nei, aldri» 19 % før installasjon og 91 % etter installasjon.

I boligcasen for bolig B, ble det forklart av beboer at vindu på soverom var åpent samtlige dager før installasjon av ventilasjonsanlegget. Etter installasjon var vindu på soverom lukket alle dager. Under brukstid på soverom oversteg CO₂-konsentrasjonen 1000 ppm 55,5 % av tiden, før installasjon. Etter installasjon oversteg CO₂-konsentrasjonen 1000 ppm 4,2 % av brukstid. Dette gir en reduksjon i tid over 1000 ppm på 51,3 % på soverom i brukstid. Grunnet anbefalinger for å holde seg inne fra regjeringen fra og med 12.mars [51], antas det at måleresultater for både soverom og stue har unormale måleverdier. Før installasjon fortalte beboer at det ble opplevd «Innestengt og dårlig luft». Etter installasjon fortalte beboer at det ikke oppleves «Innestengt og dårlig luft» lengre. Det ble opplevd «Ubehagelig lukt» i kjelleren før installasjon. Etter installasjon var denne lukten vekke ifølge beboer. Det ble også fortalt i intervju, at beboer føler en merkbar forandring i luftkvalitet på soverom, noe som korrelerer med målingene av CO₂ fra soverom. For stuen var måleverdiene over 1000 ppm i 7,9 % av måleperioden, og etter installasjon ble det ikke registrert målinger over 1000 ppm. Beboer fortalte selv at han ikke merket noen forskjell på luftkvaliteten i stuen.

I intervju svarte beboer fra bolig Ø, at det før installasjon ofte ble opplevd «Innestengt og dårlig luft», men etter installasjon var ikke dette lenger et problem. Det ble også opplevd «Ubehagelig lukt» før installasjon, etter installasjon merket ikke beboer «Ubehagelig lukt». Beboer svarte i intervju at luftkvaliteten i boligen følte bedre etter installasjon. Gjennom målinger fra boligen, ble det sett at CO₂-konsentrasjonen på soverom før installasjon oversteg 1000 ppm 18,9 % av tiden. Etter installasjon ble det ikke registrert noen målinger over 1000ppm. For stuen er det en tilsvarende reduksjon, hvor CO₂-konsentrasjonen oversteg 1000 ppm 23,0 % av tiden, og etter installasjon ble det ikke registrert noen målinger over 1000 ppm.

FHI sin studie «Anbefalte faglige normer for inneklimate» [8] viser til at det var et forhold mellom ubehagelig lukt og CO₂-konsentrasjon i rom. Dette antyder også resultatene fra spørreundersøkelsen, der 11 % av deltakere i BV-boliger før installasjon svarte at de ofte opplevde «Ubehagelig lukt».

Sammenlignet var det 1 % som svarte de ofte opplever «Ubehagelig lukt» etter installasjon. For deltakere i AT-boliger, var det 15 % som svarte at de ofte opplevde «Ubehagelig lukt» før installasjon. Etter installasjon er det 1 % som svarer at de ofte opplever «Ubehagelig lukt». Svarprosenten for «Nei, aldri» fra deltakere i BV-boliger ble redusert fra 45 % før installasjon, til 89 % etter installasjon. For deltakere i AT-boliger var svarprosenten på «Nei, aldri» 32 % før installasjon og 92 % etter installasjon. Fra intervju med beboere virker det som de har hatt samme effekten mellom opplevelsen av «Innestengt og dårlig luft» og «Ubehagelig lukt».

Hovedfunksjonen til balansert ventilasjon er å øke luftskifte i boliger. Dette er mest sannsynlig hovedgrunnen til at luftkvaliteten oppleves som bedre i både BV- og AT-boliger. Siden balansert ventilasjon i tillegg fjerner forurensinger og partikler i uteluften, antas det at deltakere i mindre grad blir utsatt for luftveissykdommer som ellers kunne oppstå dersom de benyttet naturlig ventilasjon. Psykologiske effekter som kan ha hatt en innvirkning på hvordan personer har oppfattet luften før installasjon, i forhold til etter installasjon, er taps aversjon [32] og placeboeffekten [30]. Disse psykologiske effektene kan ha fått deltakere til å vurdere luften i bolig før installasjon som dårligere enn den egentlig var. Dette kan gjøre at forskjellen i opplevd luftkvalitet før og etter installasjon ikke er like stor som deltakerne har vurdert den som. Dersom personer har blitt påvirket av placeboeffekten og taps aversjon, vil dette ikke ha et utslag på sammenligningen i den opplevde luftkvaliteten før og etter installasjon mellom BV- og AT-boliger, siden de psykologiske effektene vil ha omtrent like stor påvirkning på deltaker fra BV- og AT-boliger. Ut fra dette virker det som balansert ventilasjon har en like stor effekt på den opplevde luftkvaliteten i BV- og AT-boliger. De samme psykologiske effektene vil ikke ha samme innvirkning på beboere fra boligcasene, da det ble gjennomført intervju før og etter installasjon.

Resultatene indikerer at deltakerne opplever forbedret luftkvalitet i egen bolig etter installasjon. Dette kan føre til at trivsel i egen bolig er økt for begge grupper. Siden CO₂-konsentrasjon blir brukt som en indikator for luftkvalitet, er det en sannsynlighet for at eventuelle luftveissykdommer og forekomst av allergiske reaksjoner som mulig kunne utløses av høyt CO₂- konsentrasjon og dårlig luftkvalitet, ikke vil forekomme. Resultatene for CO₂-konsentrasjon i soverom for begge boligene har en lik eller lavere konsentrasjon av CO₂ enn resultatene for soverommene til passivhusene og TEK 10 boligene i EBLE [3]. Imidlertid er måleperioden for bolig B og bolig Ø for kort til å kunne konkludere med dette.

5.5 Støy

Støy går under det akustiske miljøet og er et kjent problem som kan oppstå når man installerer balansert ventilasjon. Før installasjon i BV-boligene var det 3 % som svarte at de opplevde at det ofte var «Støy» i boligen og 69 % svarte at de aldri opplevde det. Etter installasjon var resultatene det samme for disse

svaralternativene. Det var en økning fra 16 % til 20 % blant deltakere som opplever at det er «Støy» iblant.

Før installasjon av balansert ventilasjon i AT-boligene, viser resultatene at 10 % ofte opplevde «Støy» og at 47 % aldri opplevde det. Etter installasjonen er det en reduksjon i opplevelsen av «Støy». Det var en reduksjon til 2 % av deltakerne som svarte «Ja, ofte» og en økning til 78 % av deltakerne som svarte «Nei, aldri»

I tidligere litteratur er det nevnt at balansert ventilasjon kan føre til problemer med støy i boliger grunnet mangelfull lyddemping, feilmontering eller ved en ugunstig plassering av aggregat. Dette kan også forsterkes dersom anlegget driftes med høy hastighet [40]. I resultatene fra BV-boligene er ikke opplevelsen av støy et utbredt problem. Resultatet fra AT-boligene viser en reduksjon i opplevelsen av støy. Det kan være flere grunner til at resultatene ble slik. En grunn kan være at de som har gjort alle tiltak kan ha opplevd støy fra omgivelsene før. Dette er en av grunnene til at de valgte å gjøre en helhetlig oppgradering av boligen, noe som vil redusere støy utenfra og inn. Resultatene kan være påvirket av at folk generelt vil være fornøyd med investeringen de har gjort og tenker at den totale situasjonen er forbedret. Dette kan ha ført til at de har en negativ innstilling over hvordan det var før installasjon og en positiv innstilling når de besvarer hvordan resultatet ble etter installasjon.

5.6 Avsluttende kommentarer

Resultatene fra spørreundersøkelsen tilsier det er en forbedring i inneklimatektorene. Gjennom vurderinger gjort i senere tid, ble det sett at innholdet i spørreundersøkelsen kunne forbedres. Eksempelvis har deltakere oppgitt andre tilleggs grunner til å installere balansert ventilasjon, i tillegg til de svaralternativene som var presentert. Det ville også vært interessant og sammenlignet om personer som opplevde problemer med inneklimate, også opplevde uønskede fysiologiske reaksjoner, som høyere forekomst av astma, luftveisproblemer og allergiske reaksjoner før og etter installasjon.

Etter intervju med beboere i begge bygg, virket det som de var fornøyd med tiltaket og at det hadde forbedret inneklimate i boligene i en merkbar grad. Dette ses også igjen i data hentet ut fra måleapparatene. For å bedre resultatene fra boligcasene, burde måleperiodene for begge boligene forlenges, slik at de kan ses på effekten etter installasjon av balansert ventilasjon har gjennom minst et helt år. Det ville også vært interessant å sett om beboer på bolig B fortsatt har vindu på soverom åpent eller lukket om sommeren, da utetemperaturen kan bli høyere enn vanlige temperatur preferansen på 22-24°C, da det er nevnt i EBLE at personer i passivhus ofte valgte å supplere med naturlig ventilasjon. Ved å ta overflatemålinger, ville en kunne sett på boligens operative lufttemperatur.

6. Konklusjon

Det er en generell bedring i opplevelsen av inneklima etter installasjon av balansert ventilasjon i boliger hvor dette er eneste energitiltak, med unntak av støy, som øker. Dette indikerer også resultater fra boligcasene, hvor det er en stabilisering av temperatur samt en reduksjon av CO₂-konsentrasjon og relativ fuktighet. Resultater fra spørreundersøkelsen viser også at deltakere i boliger med balansert ventilasjon som eneste tiltak, opplever eget inneklima som bedre etter installasjon. Forskjellen mellom deltakernes opplevelse av inneklima i boliger med kun balansert ventilasjon og boliger som har gjort en helhetlig oppgradering er liten. De mest merkbare forskjellene som kommer frem i spørreundersøkelsen er temperaturfaktorene. Resultat fra deltakere i boliger som har gjort en helhetlig oppgradering viser at en større andel opplever at det er for varmt enn hos deltakere i boliger med kun balansert ventilasjon. Motsatt var det registrert at deltakere i boliger med kun balansert ventilasjon opplevde temperaturen som for kald oftere enn i boliger som har gjort en helhetlig oppgradering.

Siden spørreundersøkelsen tar for seg beboers opplevelse av eget inneklima kan det antas at resultatene er påvirket av psykologiske effekter. For å få et mer nøyaktig resultat av inneklima, bør det foretas flere målinger som går over lengre tid. Det ville vært interessant å sett om måledata samsvarer med resultater fra spørreundersøkelsen. For videre arbeid, er det interessant å undersøke effekten balansert ventilasjon har som energitiltak, siden spørreundersøkelsen viser at en tredjedel av deltakere i boliger som kun har installert balansert ventilasjon, svarte at hovedgrunnen var å redusere strømforbruk.

Referanser

- [1] M. Braubach, D. E. Jacobs og D. Ormandy, «Environmental burden of disease associated with inadequate housing,» WHO Regional Office For Europe, Copenhagen, 2011.
- [2] Verdens helseorganisasjon, «Metrics: Disability-Adjusted Life Year (DALY),» April 2020. [Internett]. Available: https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/. [Funnet 2 Mai 2020].
- [3] J. Thomsen, L. Gullbrekken, S. Grynning og J. Holme, «Evaluering av boliger med lavt energibehov (EBLE),» SINTEF akademisk forelag, Oslo, 2017.
- [4] J. E. Gaarder og J. Nilssen, «ENOVA boligoppgradering,» SWECO, 2015.
- [5] Enova, «Balansert ventilasjon,» Desember 2016. [Internett]. Available: <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/oppgradere-huset/balansert-ventilasjon/>. [Funnet 4 Mai 2020].
- [6] K. Gram-Hanssen og A. R. Hansen, «Forskellen mellom målt og beregnet energiforbruk til oppvarming af parcelhuse,» Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, København, 2016.
- [7] S. Sorrell, J. Dimitropoulos og S. Matt, «Empirical estimates of the direct rebound effect: A review,» *Energy Policy*, pp. 1356-1371, 24 Januar 2009.
- [8] Nasjonalt folkehelseinstitutt, «Anbefalte faglige normer for inneklima,» Nasjonalt folkehelseinstitutt, Oslo, 2015.
- [9] K. Thunshelle og Å. L. Hauge, «Brukerundersøkelse om innemiljø på Marienlys skole,» Sintef Academic Press, Oslo, 2012.
- [10] B. A. K. Høiskar, «Mitt inneklima,» Norges astma- og allergiforbund, Oslo, 2011.
- [11] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,» 15 september 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>. [Funnet 13 februar 2020].
- [12] Sintef Byggforsk, «Småhus som tilfredsstillere energi-kravene i TEK-2007,» Sintef Byggforsk, Oslo, 2007.
- [13] F. E. S. Levy og B. Moen, «inneklima,» Store medisinske leksikon, februar 2020. [Internett]. Available: <https://sml.snl.no/inneklima>. [Funnet 16 mars 2020].
- [14] Byggforsk, «421.501: Termisk inneklima. Betingelser, tilrettelegging og målinger,» Oktober 2017. [Internett]. Available: https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maaling#i21. [Funnet 11 April 2020].
- [15] Direktoratet for byggkvalitet, «II Termisk inneklima,» Direktoratet for byggkvalitet, november 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/ii/13-4/>. [Funnet 6 mars 2020].
- [16] S. Ingebrigtsen, Ventilasjonsteknikk del 1, Oslo: VVS-foreningen/Nemitek, 2019.
- [17] Sintef, «Termisk inneklima: Betingelser tilrettelegging og målinger,» Sintef, Oktober 2017. [Internett]. Available:

- https://www.byggforsk.no/dokument/193/termisk_inneklima_betingelser_tilrettelegging_og_maalinger#i47. [Funnet 3 Mars 2020].
- [18] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, «ASHRAE. 2013b. 2013 ASHRAE Handbook,» ASHRAE, Atlanta, 2013.
- [19] J. G. Allen, P. MacNaughton, U. Satish, S. Santanam, J. Vallarino og J. D. Spengler, «Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments,» Department of Environmental Health, Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston, 2016.
- [20] C. A. Redlich, J. Sparer og M. R. Cullen, «Sick-building syndrome,» Elsevier, New haven, Connecticut, 1997.
- [21] O.A.Seppanen, O. Fisk og W. M.J, «Association of Ventilation Rates and CO2 Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildin,» Indoor Air, Danmark, 1999.
- [22] K. László og H. Levente, «Influence of carbon-dioxide concentration on human well-being and intensity of mental work,» Department of Building Service Engineering and Process Engineering, Budapest University of Technology and Economics,, Budapest, 2012.
- [23] U. Satish, M. J. Mendell, S. Krishnamurthy, T. Hotchi, D. Sullivan, S. Streufert og W. J. Fisk, «Is CO2 an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO2 Concentrations on Human Decision-Making Performance,» Environmental Health Perspectives, New York, 2012.
- [24] Norges geologiske undersøkelse, «Radonfare,» 15 August 2017. [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/emne/radonfare>. [Funnet 16 Mars 2020].
- [25] Sintef, «Slik sikrer du boligen mot radongass,» juni 2015. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/slik-sikrer-du-boligen-mot-radongass/>. [Funnet mars 2020].
- [26] World Health Organization, «WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON,» WHO Press, Geneva, 2009.
- [27] S. Jerkø, M. Mysen, A. Homb, J. Nersween, S. Nilsen, P. Blom og J. Christophersen, «Skolemiljø for læring - veileder for skoleeiere,» Byggforsk, Oslo, 2006.
- [28] J. Bruner, F. Calegari og T. Hanfield, «The evolution of the endowment effect,» Elsevier, Amsterdam, 2020.
- [29] D. Kahneman, J. L. Knetsch og R. H. Thaler, «Anomalies: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias,» i *Journal of Economic Perspectives*, New York, American Economic Association, 1991, p. 193–206.
- [30] T. Kaptchuk, «The power of the placebo effect,» Harvard Men's Health Watch, Boston, 2017.
- [31] T. Kovesi, C. Zaloum, C. Stocco, D. Fugler, R. E. Dales, A. Ni, N. Barrowman, N. L. Gilbert og J. D. Miller, «Heat recovery ventilators prevent respiratory disorders in Inuit children,» Blackwellpublishing, Ottawa, 2009.
- [32] A. Tversky og D. Kahneman, «Loss aversion in riskless choice. A reference dependent model,» Stanford University, Berkely, 1991.

- [33] F. Haghghat, G. Donnin og R. D'Addaria, «Relationship Between Occupant Discomfort as Perceived and as Measured Objectively,» *Indoor and Built Environment 2017 Vol 1 Issue 2*, Montreal, 1992.
- [34] G. D. Fariborz Haghghata, «Impact of psychosocial factors on perception of the indoor air environment studies in 12 office buildings,» Pergamon, Montreal, 1997.
- [35] ASHRAE, «Standard 62-1989, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality,» 1 mars 1989. [Internett]. Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards>. [Funnet 13 April 2020].
- [36] Enova, «Kjøpsveileder: Balansert ventilasjon i boliger,» *Enova Hjemme*, vol. 1, nr. 1, pp. 1-6, 2016.
- [37] Direktoratet for byggkvalitet, «Spørsmål og svar om inneklime,» oktober 2016. [Internett]. Available: <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/andre-fagomrader/sporsmal-og-svar-om-inneklime/>. [Funnet april 2020].
- [38] Statistisk sentralbyrå, «Boliger: 06266; Boliger, etter bygningstype, bygningsår, statistikkvariabel og år,» April 2020. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/statbank/table/06266/tableViewLayout1/>. [Funnet April 2020].
- [39] Byggforskserien, «Balansert ventilasjon i småhus,» Sintef, oktober 2015. [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert_ventilasjon_i_smaahus. [Funnet februar 2020].
- [40] T. Wigenstad, P. G. Schild, M. Klinski og I. Simonsen, «Ventilasjons- og varmeløsninger i boliger med lavt energibehov,» SINTEF, Oslo, 2012.
- [41] J. Thomsen og M. Berge, «Inneklime i energieffektive boliger - en litteraturstudie,» Sintef, Trondheim, 2012.
- [42] Enova, «Etterisolering,» Enova, 27 Desember 2016. [Internett]. Available: <https://www.enova.no/privat/alle-energiltak/oppgradere-huset/etterisolering-/>. [Funnet 15 April 2020].
- [43] Enova, «Lavenergivindu,» Enova, 27 Desember 2017. [Internett]. Available: <https://www.enova.no/privat/alle-energiltak/oppgradere-huset/lavenergivindu/>. [Funnet 14 April 2020].
- [44] A. Lundby, «Riktig montering av vindspærre,» Sintef, 27 Mars 2019. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/riktig-montering-av-vindspærre/>. [Funnet 15 April 2020].
- [45] Sintef, «Må du alltid bruke vindspærre?,» Sintef, 23 Mars 2015. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/ma-du-alltid-bruke-dampspærre/>. [Funnet 15 April 2020].
- [46] Norsk senter for forskningsdata, «Nettbaserte spørreundersøkelser,» 16 oktober 2018. [Internett]. Available: https://nsd.no/personvernombud/hjelp/forskningsmetoder/nettbaserte_sporreundersokelser.html. [Funnet 22 februar 2020].
- [47] O. Hellevik, «Spørreundersøkelser,» De nasjonale forskningsetiske komiteene, 18 mai 2015. [Internett]. Available: <https://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnærminger/Sporreundersokelser/>. [Funnet 22 februar 2020].
- [48] R. V. Krejcie og D. W. Morgan, «Determining Sample Size for Research Activities,» *Educational and Psychological Measurement*, pp. 607-610, 19 mai 1970.

- [49] Enova, «Enovatilskuddet i tall,» 9 Mai 2020. [Internett]. Available: <https://www.enova.no/om-enova/om-organisasjonen/enovatilskuddet-i-tall/>. [Funnet 9 Mai 2020].
- [50] Wöhler Technik GmbH, «Wöhler CDL 210 Operating manual,» 26 Oktober 2016. [Internett]. Available: https://www.wohlerusa.com/fileadmin/user_upload/woehler/resources/downloads/products/cdl210/manual/22412_BDA_CDL210_DE-EN.pdf. [Funnet 19 Mai 2020].
- [51] Helse- og omsorgsdepartementet, «Langsiktig strategi og plan for håndteringen av covid-19-pandemien og justering av tiltak,» 14 april 2020. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/langsiktig-strategi-og-plan-for-handteringen-av-covid-19-pandemien-og-justering-av-tiltak/id2701518/>. [Funnet 17 april 2020].

Liste over Figurer

Figur 1. Illustrasjon av et balansert ventilasjonsanlegg i bolig [39].....	9
Figur 2. Diagram som presenterer hvor mange som har gjennomført, gitt noen svar eller bare åpnet spørreundersøkelsen.	16
Figur 3. Viser hvilke energieffektiviserende tiltak som er gjort i boligen til deltakerne i spørreundersøkelsen.	17
Figur 4. Viser hvor mange som svarte "Ja" på at de har gjort alle energitiltakene i sin bolig.....	18
Figur 5. Hovedårsak for å installere balansert ventilasjon for deltakere i BV-boliger.....	18
Figur 6. Hovedårsak for å installere balansert ventilasjon for deltakere i AT-boliger.....	18
Figur 7. Opplevelse av eget inneklima i BV-boliger FØR det ble installert balansert ventilasjon.	19
Figur 8. Opplevelse av eget inneklima i BV-boliger ETTER det ble installert balansert ventilasjon...	20
Figur 9. Opplevelse av eget inneklima i AT-boliger FØR det ble installert balansert ventilasjon.....	21
Figur 10. Opplevelse av eget inneklima i AT-boliger ETTER det ble installert balansert ventilasjon.	22
Figur 11. Sammenligning av svaralternativet «Ja, ofte» mellom AT- og BV-boliger FØR installasjon.	23
Figur 12. Sammenligning av svaralternativet «Ja, ofte» mellom AT- og BV-boliger ETTER installasjon.	23
Figur 13. Viser hvordan deltakerne i BV- boliger opplever inneklimaet etter installasjonen.....	24
Figur 14. Viser hvordan deltakerne i AT- boliger opplever inneklimaet etter installasjonen.	24
Figur 15: Foretrukket innetemperatur i BV-bolig.	24
Figur 16: Foretrukket innetemperatur i AT-bolig.	24
Figur 17: CO ₂ -konsentrasjon for soverommet i bolig B.....	25
Figur 18: CO ₂ -konsentrasjon for stuen i bolig B.	26
Figur 19: Lufttemperatur for soverommet i bolig B.....	26
Figur 20: Lufttemperatur for stuen i bolig B.....	27
Figur 21: Relativ fuktighet for soverommet i bolig B.....	27
Figur 22: Relativ fuktighet for stuen i bolig B.	28
Figur 23: CO ₂ -konsentrasjon for soverom i bolig Ø.	29
Figur 24: CO ₂ -konsentrasjon for stuen i bolig Ø.....	30
Figur 25: Temperatur for soverom i bolig Ø.....	31
Figur 26: Temperatur for stuen i bolig Ø	32
Figur 27: Relativ fuktighet for soverommet i bolig Ø.....	32

Figur 28: Relativ fuktighet for stuen i bolig Ø..... 33

Liste over Tabeller

Tabell 1: Hentet fra brukermanual Wöhler CDL 210 [50]..... 14

Tabell 2: Datasett brukt for soverom i bolig Ø..... 51

Tabell 3: Datasett brukt for stue i bolig Ø..... 52

Tabell 4: Datasett brukt for stue i bolig B..... 52

Tabell 5: Datasett brukt for soverom i bolig B..... 52

Tabell 6: Örebrokjema for bolig B 53

Tabell 7: Örebrokjema for bolig Ø 53

Vedlegg 1

Hvordan datasettene fra boligcasene ble håndtert

Måleapparatene i bolig Ø ble plassert av oppgavegiver i september 2019, og målingene ble avsluttet mars 2020. Boligen er brukt som fritidsbolig i ferier og noen helger. I måleapparatet som var plassert i stuen, er det skjedd en forskyvning av intervallene som ble logget. Måleapparatet var konfigurert med et loggeintervall 3600 s, men måleresultatene viste at apparatet logget med et intervall på 3609 s. Gjennom måleperioden har det vært ett strømbrydd, som fører til at datoer og klokkeslett til datasettene for begge målerne etter denne hendelsen er feil. Videre har det vært flere brudd i målingene til måleapparatet som var plassert på soverommet. Dette medfører også at datoene og klokkeslettene på målingene fra de to rommene ikke kan sammenlignes. Årsaken til disse er ukjent og samsvarer ikke med bruddene av målingene i det andre måleapparatet. Dette gir et mindre datasett for måleapparatet som var plassert på soverommet. Differansen på antall målinger er 118, som tilsvarer ca. 5 dager. Dette medfører også at det ikke er mulig å ta høyde for brukstiden til soverommet, slik det er gjort i bolig B.

Datasettene fra soverom og stue for bolig Ø vil ha like kriterier i hvordan de blir presentert. Pga. boligen er en fritidsbolig, blir kun perioder hvor eier bruker boligen presentert. Dette bestemmes ved økningen av CO₂ og temperatur. Når det er vist at boligen er i bruk, brukes datasettet for hele den dagen. Dager hvor det har vært brudd i målingene blir ikke brukt.

Datasett brukt for soverom i bolig Ø		
Fil: BoligØ_soverom_Woehler_CDL210_100002901.csv		
Måleapparat serienummer: 100002901		
Måling nr. i Excel:	Første dato og klokkeslett	Siste dato og klokkeslett
Før installasjon		
13 - 180	06.10.2019 00:21:59	12.10.2019 23:21:59
1813 - 1884	20.12.2019 00:21:59	22.12.2019 23:21:59
1981 - 2076	27.12.2019 00:21:59	30.12.2019 23:21:59
2437 - 2484	15.01.2020 00:21:59	16.01.2020 23:21:59
2581 - 2652	21.01.2020 00:21:59	23.01.2020 23:21:59
Etter installasjon		
3637-3948	05.03.2020 00:21:59	17.03.2020 23:21:59

Tabell 2: Datasett brukt for soverom i bolig Ø.

Datasett brukt for stue i bolig Ø		
Fil: BoligØ_stue_Woehler_CD210_100005596.csv		
Måleapparat serienummer: 100005596		
Måling nr. i Excel:	Første dato og klokkeslett	Siste dato og klokkeslett
Før installasjon		
13 - 180	06.10.2019 00:20:18	12.10.2019 23:45:21
803 - 874	08.11.2019 00:18:48	10.11.2019 23:29:27
1809 - 1879	20.12.2019 00:49:42	22.12.2019 23:00:12
1976 - 2071	27.12.2019 00:14:45	30.12.2019 23:29:00
2455 - 2478	16.01.2020 00:26:36	16.01.2020 23:30:03
2575 - 2646	21.01.2020 00:44:36	23.01.2020 23:55:15
3413 - 3483	25.02.2020 00:50:18	27.02.2020 23:00:48
3604 - 3675	04.03.2020 00:18:57	06.03.2020 23:29:36
Etter installasjon		
3772 - 4082	11.03.2020 00:44:09	23.03.2020 23:30:39

Tabell 3: Datasett brukt for stue i bolig Ø.

De to måleapparatene som var plassert i bolig B, ble programmert med en logge med et intervall på 900 s (15 min). Etter uthenting av data viser det seg at måleapparatene har logget med et intervall på 910 s, og dette gir en forskyvning i datasettene fra boligen. For bolig B ble datasettet redigert med å fjerne data fra den første og siste dagen i måleperioden, og for perioden det ble installert balansert ventilasjon.

Datasett brukt for stue i bolig B		
Fil: BoilgB_stue_woehler_CD210_100005598.csv		
Måleapparat serienummer: 100005598		
Måling nr. i Excel:	Første dato og klokkeslett	Siste dato og klokkeslett
Før installasjon		
45 - 641	10.03.2020 00:11:25	16.03.2020 06:50:45
Etter installasjon		
1089 - 1685	21.03.2020 00:05:25	27.03.2020 06:44:45

Tabell 4: Datasett brukt for stue i bolig B

Datasett brukt for soverom i bolig B		
Fil: BoligB_soverom_Woehler_CD210_100005671.csv		
Måleapparat serienummer: 100005617		
Måling nr. i Excel:	Første dato og klokkeslett	Siste dato og klokkeslett
Før installasjon		
37 - 633	10.03.2020 00:14:46	16.03.2020 06:54:06
Etter installasjon		
1081 - 1677	21.03.2020 00:08:46	27.03.2020 06:48:06

Tabell 5: Datasett brukt for soverom i bolig B.

Vedlegg 2

Örebro skjema til beboere fra boligcasene, der de påpeker opplevelsen av inneklimafaktoren både før og etter installasjon av balansert ventilasjon.

Tilfredshet til beboer før og etter

Bolig B		
Inneklimafaktorer	Før	Etter
Trekk	Nei	Nei
For varmt	Nei	Nei
Ujevn temperatur	Nei	Nei, den er stabil
For kaldt	Både og, vintersesong	Kaldere enn før installasjon
Innestengt og «dårlig» luft	Ja, føler på det	Nei
Tørr luft	Nei	Nei
Fuktig luft	Nei	Nei
Ubehagelig lukt	Ja, i kjeller	Nei
Støy	Ja, hovedveien, grunn til nye vindu	Litt støy fra rom med aggregat

Tabell 6: Örebro skjema for bolig B

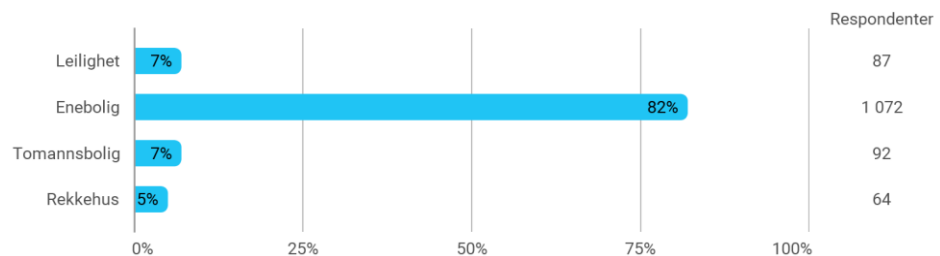
Bolig Ø		
Inneklimafaktorer	Før	Etter
Trekk	Ja, ofte	Ja, ofte
For varmt	Nei	Nei
Ujevn temperatur	Ja, iblant	Ja, men mer sjelden
For kaldt	Ja, iblant	Ja, men mer sjelden
Innestengt og «dårlig» luft	Ja, ofte	Nei
Tørr luft	Nei	Nei
Fuktig luft	Ja, ofte	Nei
Ubehagelig lukt	Ja, iblant	Nei
Støy	Nei	Nei

Tabell 7: Örebro skjema for bolig Ø

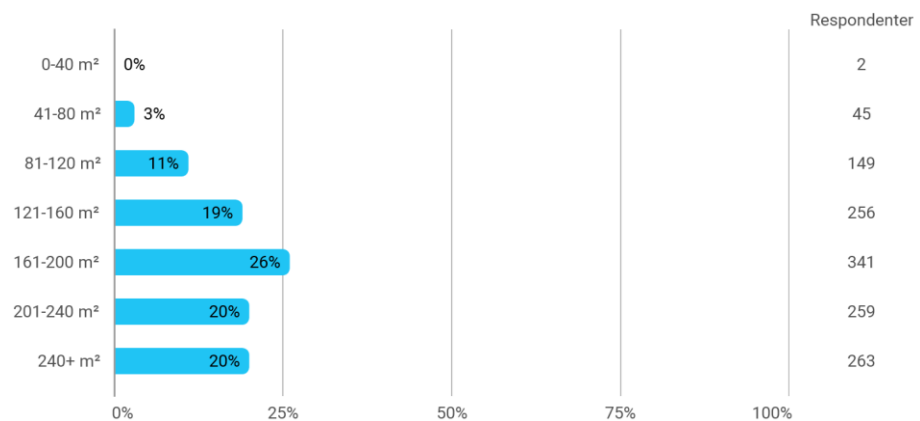
Vedlegg 3

Spørreundersøkelse uten filtrering og uten fritekst for personer som har fått installert balansert ventilasjon, samt fått støtte fra Enova.

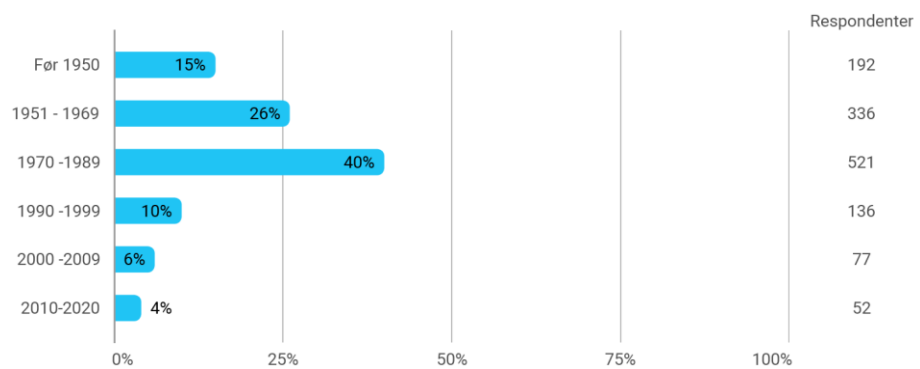
Generelt om din bolig - Hvilken boligtype har du?



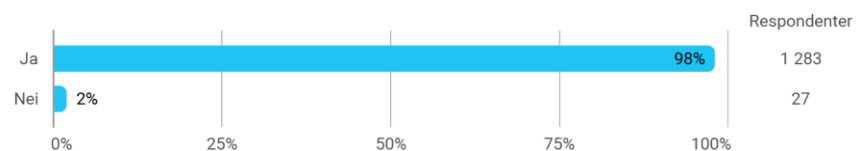
Hva er størrelsen på bruksareal i din bolig?



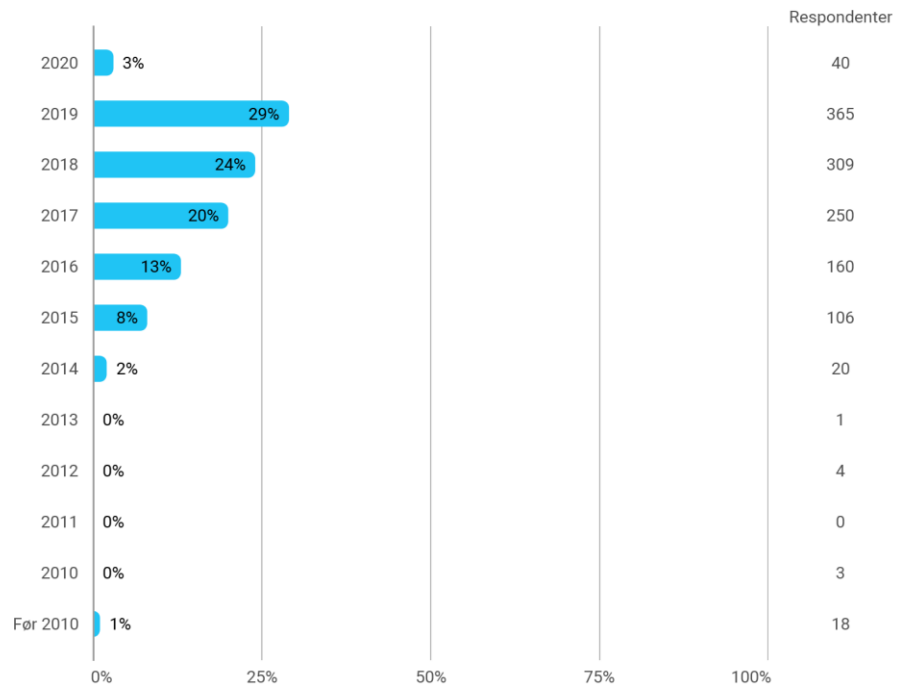
Når ble din bolig bygd?



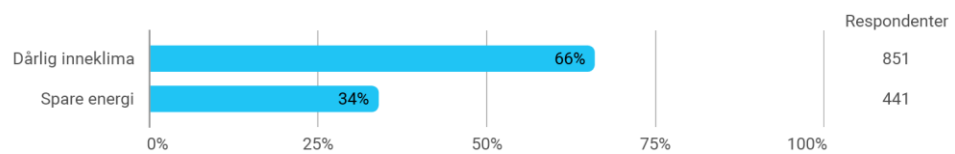
Kan du huske når det ble installert balansert ventilasjon?



Når ble det installert balansert ventilasjon? - Årstall

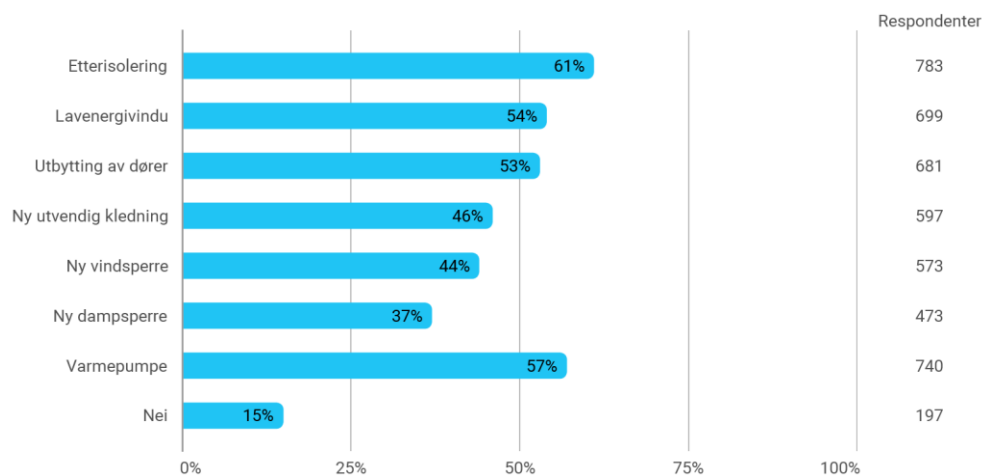


Hva er hovedårsaken til at du installerte balansert ventilasjon?



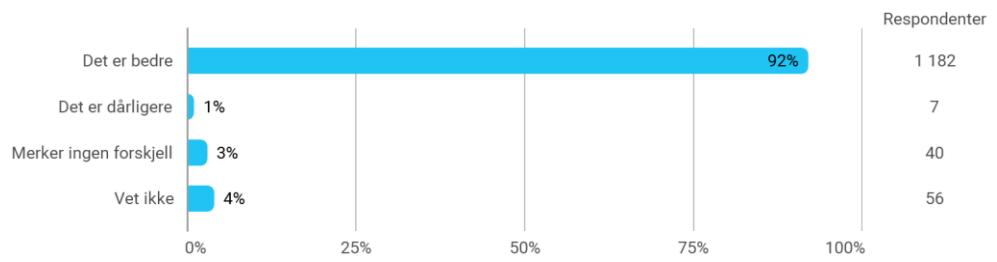
Andre grunner (Fritekst)

Er det blitt gjort flere energieffektiviserings tiltak i boligen?

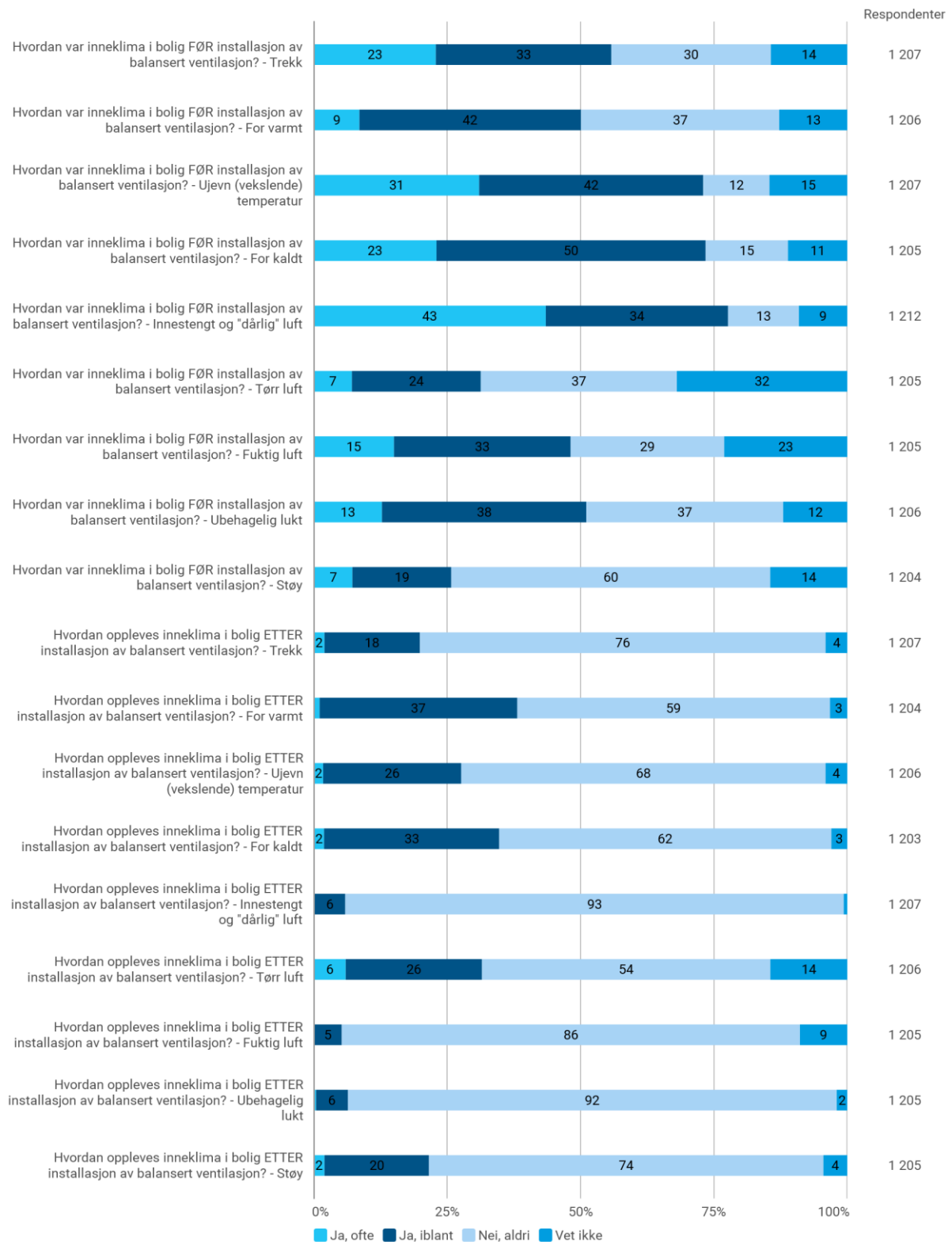


Er det andre energi effektiviserende tiltak som er gjort? (Fritekst)

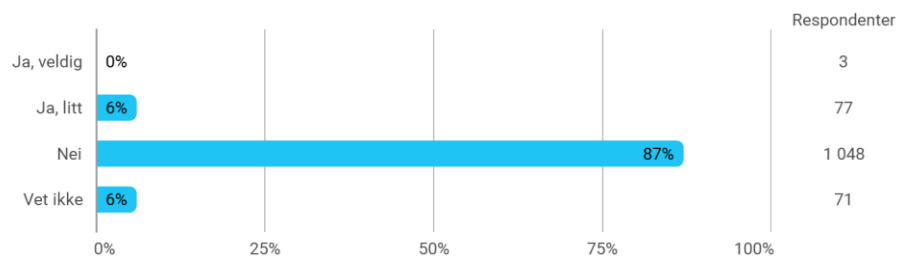
Hvordan oppleves inneklimaet etter installasjon?



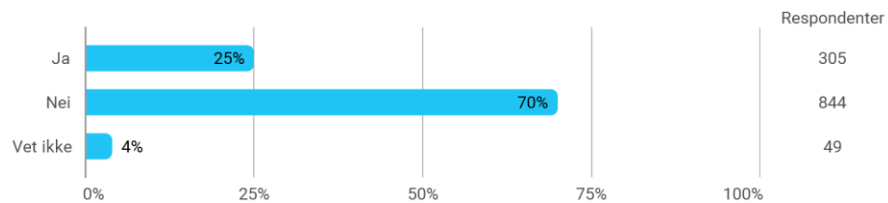
Kartlegging av inneklima ved installasjon av balansert ventilasjon i eldre bolig



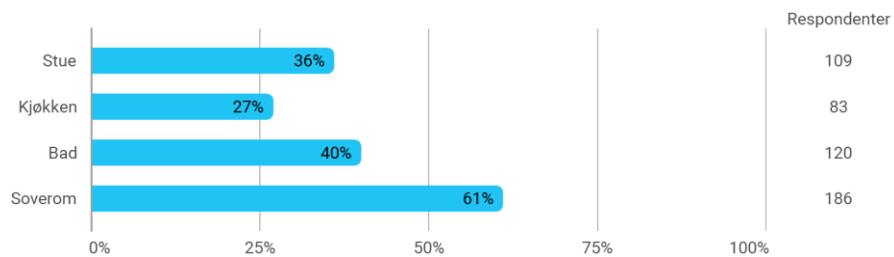
Har det blitt tyngre å åpne eller lukke dører etter du installerte ventilasjonsanlegget?



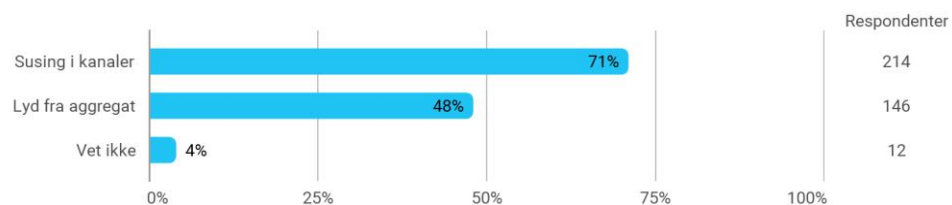
Har det vært en økning i støy etter installasjon av balansert ventilasjonsanlegg?



Hvor oppleves det støy?

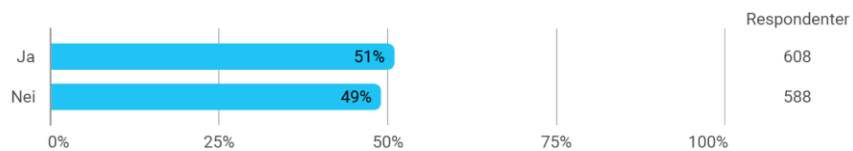


Er det andre plasser det høres støy fra ventilasjonsanlegget?

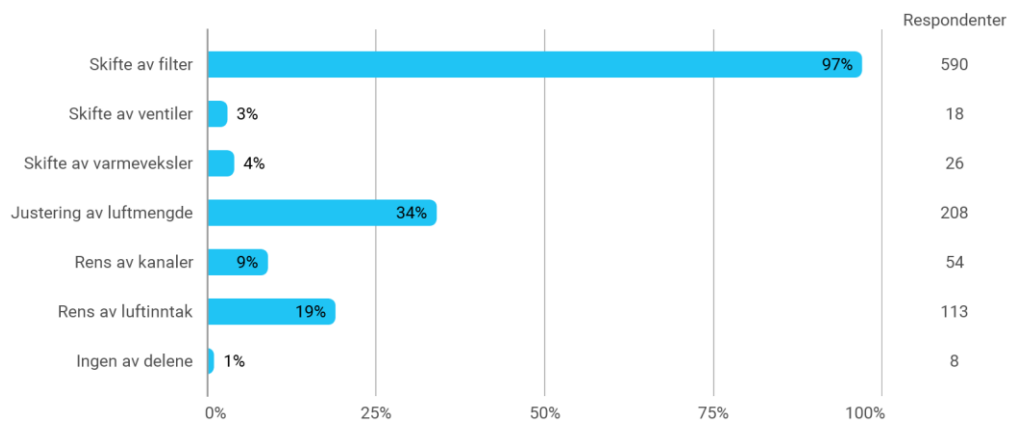


Hvilken type støy oppleves? (Fritekst)

Er det blitt gjennomført vedlikehold på anlegget?

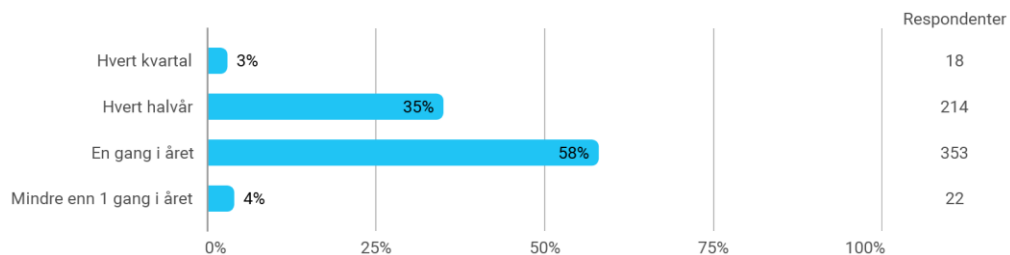


Hvilke form for vedlikehold?

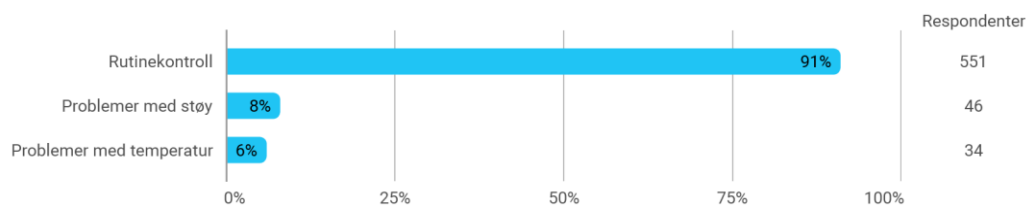


Andre former for vedlikehold (Fritekst)

Hvor mange ganger i året blir det skiftet filter?

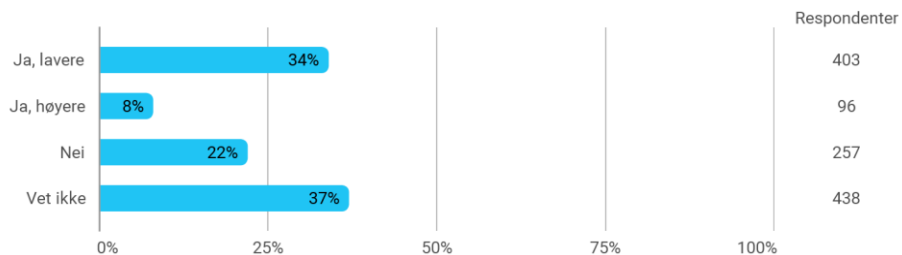


Hvorfor ble det gjennomført vedlikehold?

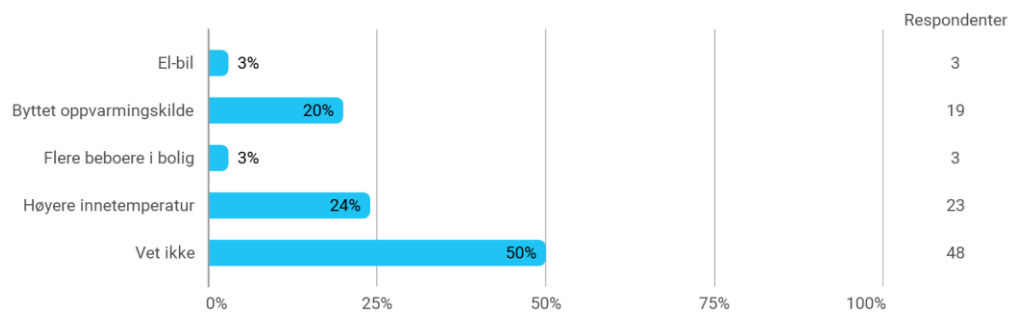


Andre grunner for vedlikehold (Fritekst)

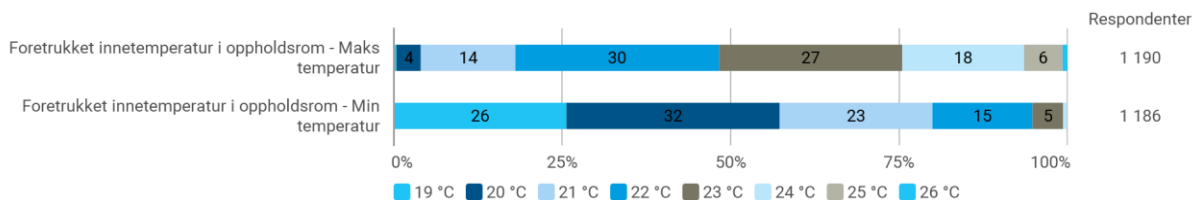
Har du merket en forskjell i energiforbruket etter du installerte balansert ventilasjon?



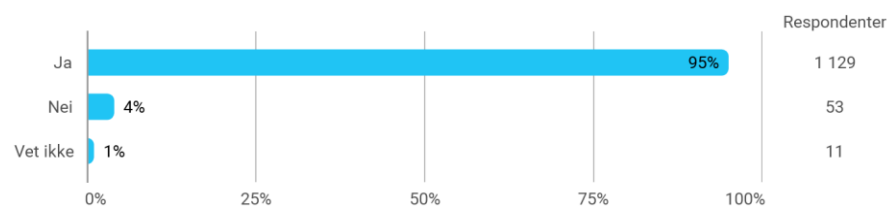
Hva tror du kan være årsaken til dette?



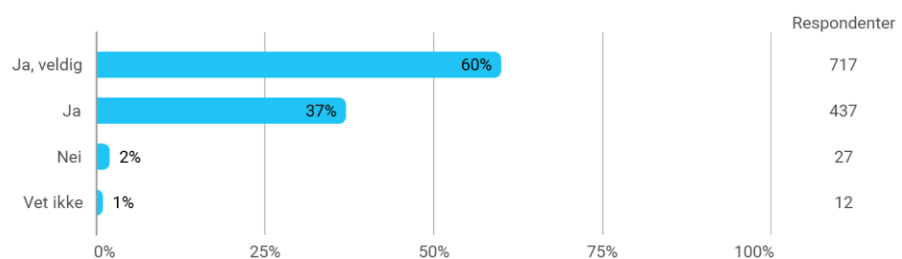
Andre årsaker til høyere energiforbruk (Fritekst)



Er du fornøyd med hvordan ventilasjonssystemet er synlig i boligen med tanke på det estetiske?



Er du generelt fornøyd med ditt ventilasjonsanlegg?



Her står du fritt til å nevne andre erfaringer du har hatt med ditt ventilasjonsanlegg (Fritekst)

Samlet status

