



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY  
STORBYUNIVERSITETET

OPPGAVE/KANDIDAT NR.

TILGJENGELIGHET

Åpen

Department of Civil Engineering and Energy Technology  
Institutt for Bygg- og energiteknikk  
Energi og miljø i bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

## MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL	DATO
Energieffektivitet og levetidskostnad for alternative ventilasjonssystemer i boligblokk - Med fokus på forsering på bad og kjøkken.	09.06.2021
	ANTALL SIDER/ANTALL VEDLEGG
	117/17
FORFATTER	VEILEDER
Synne S. F. Thorstensen	Peter G. Schild

UTFØRT I SAMARBEID MED	KONTAKTPERSON
------------------------	---------------

SAMMENDRAG
<p>Masteroppgaven omhandler ventilasjon i leilighetsbygg. Med utgangspunkt i en casebygning, er målsetningen for oppgaven å undersøke hvilken ventilasjonsutforming og løsning for kjøkkenavtrekk som bør velges i leilighetsbygg. Løsningene vurderes med hensyn til teknisk kvalitet, energieffektivitet og levetidskostnad.</p> <p>Prosjektet gjennomføres ved bruk av litteraturstudier, intervjuer, estimering av virkelig energibehov i simuleringstøytet IDA ICE samt lønnsomhetsvurderinger ved bruk av nåverdimetoden.</p> <p>Intervjuer med ulike aktører i bransjen viser at hvilke egenskaper for forskjellige ventilasjonsutforminger som prioriteres, varierer mellom ulike boligutviklere og boligbyggelag. Det konkluderes derfor med hvilke løsninger som bør velges, avhengig av hvordan faktorer som energieffektivitet, investeringskostnad, sjaktareal og levetidskostnad vektlegges.</p>

3 STIKKORD
Kjøkkenheter
Forsering baderomsavtrekk
Lønnsomhet

## Forord

Denne masteroppgaven er gjennomført som en del av masterprogrammet Energi og miljø i bygg, og markerer avslutningen på mitt to år lange studieløp på OsloMet - Storbyuniversitet. Masteroppgaven er skrevet som en intern oppgave ved OsloMet, og tilsvarer 30 studiepoeng. Oppgavens emne er valgt på grunn av et ønske om å lære mer om ventilasjon i boliger. Tema er dessuten inspirert av forskningsprosjektet ”Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation” til SINTEF, idet det er tenkt at resultatene kan gi et nyttig bidrag til forskningsprosjektet. Prosjektets målsetning er definert i samarbeid med veileder Peter G. Schild. Arbeidet med masteroppgaven har til tider vært utfordrende, men også veldig spennende og lærerikt.

Jeg vil rette en kjempestor takk til Charlotte Moltke-Hansen, Geir Bratland, Geir Gullvik, Hanna Risnes, Helge Nordås, Herman Engesgaard, Henning Weng Ask, Iver Aaseby, Jens Eirik Brandal, Kai Robert Vandsvik, Kjersti Røsseland Erstad, Lars R. Reinemo, Morten Brørby, Odd Helge Moen, Ole Petter Haugen, Petter L. Nøstdal, Thomas Lavold, Thor Einar Mikkelsen, Vergel Bagayan og Ørnulf Kristiansen, som har tatt seg tid til å stille opp i intervjuer, utfylle spørreskjema og svare på oppfølgingsspørsmål. Det har vært utrolig spennende å få høre om deres meninger og erfaringer for ulike løsninger, og veldig motiverende at de har vist interesse for oppgaven. Det har til tider vært krevende å skrive masteroppgave under en pandemi. Jeg har derfor satt ekstra stor pris på deres innspill og bidrag til oppgaven. Jeg vil også takke brannrådgiver, som har tatt seg tid til å besvare spørsmål. En stor takk rettes til leverandører av kjøkkenhetter, ventilasjonsfilter og komponenter til varmeanlegg, som har bistått med kostnader til økonomianalysen. Jeg vil også takke Karine Denizou for råd om hva som er vanlige leilighetstyper og gode planløsninger.

Jeg vil rette en spesiell takk til veileder Peter G. Schild for fantastisk oppfølging og gode råd gjennom hele prosessen. Takk for hjelpen med å definere oppgaven og gode faglige diskusjoner under arbeidet med masteroppgaven. De ukentlige veiledningsmøtene har gitt meg masse motivasjon. Jeg setter stor pris på at du har tatt deg ekstra tid til å lede meg på riktig spor når utfordringer med IDA ICE oppsto.

Til slutt vil jeg takke familien for tålmodighet og støtte gjennom arbeidet med masteroppgaven. Takk for hjelpen med korrekturlesning og husarbeid under den siste innspurten av prosjektperioden.

Synne S. F. Thorstensen

Oslo, 9. juni 2021

## Sammendrag

Masteroppgaven omhandler ventilasjon i leilighetsbygg. Forskjellige ventilasjonsutforminger har ulike styrker og svakheter. Faktorer som investeringskostnad, driftskostnad, energieffektivitet, driftssikkerhet, luktproblematikk, støy, plassbehov og individuell regulering kan variere mellom ulike løsninger. Med utgangspunkt i en casebygning, som antas representativ for leilighetsbygg som bygges i Osloområdet i dag, har masteroppgaven til hensikt å undersøke hvilken ventilasjonsutforming og løsning for kjøkkenavtrekk som bør velges. Løsningene vurderes med hensyn til teknisk kvalitet, energieffektivitet og levetidskostnad.

For å kartlegge hvilke egenskaper som vektlegges, og hvilke løsninger som typisk velges i leilighetsbygg, gjennomføres intervjuer med representanter for boligutviklere, boligbyggelag, rådgivere, entreprenører og aggregatleverandører. Videre brukes simuleringsverktøyet IDA ICE til å estimere virkelig energibehov for ulike ventilasjonsutforminger. Avslutningsvis benyttes nåverdimetoden for å vurdere lønnsomheten av ulike ventilasjonsløsninger.

Intervjuer med ulike aktører i bransjen viser at det ikke er én ventilasjonsløsning som anses klart bedre enn alle andre. Videre viser intervjuene at hvilke egenskaper som prioriteres ved valg av ventilasjonsløsning varierer mellom boligutviklere og boligbyggelag. I leilighetsbygg som bygges i Osloområdet er den vanligste løsningen en sentral løsning, hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning. Argumenter som driftssikkerhet og kostnadseffektivitet trekkes frem for valg av denne løsningen. I andre deler av landet er desentrale løsninger utbredt. For desentrale anlegg er den vanligste utformingen at kjøkkenavtrekk føres via aggregat, men utenom gjenvinner. Argumenter som mulighet for individuell regulering, mindre luktproblematikk og reduserte sjaktarealer trekkes frem for valg av denne løsningen.

Estimering av virkelig energiforbruk for ulike løsninger viser at forsering av kjøkken og bad utgjør en mindre andel av bygningens elektrisitetsforbruk til oppvarming og ventilasjon. Tilsvarende viser estimert energiforbruk at gjenvinning av kjøkkenavtrekk vil utgjøre en relativt liten reduksjon av behovet når det sammenlignes med bygningens totale elektrisitetsbehov til oppvarming og ventilasjon. Av løsningene undersøkt i oppgaven er det en desentral utforming med resirkulerende kjøkkenhetter som vil medføre det laveste energibehovet. Økningen av energiforbruket ved valg av andre utforminger er dog relativt liten når det sammenlignes med det totale energibehovet.

Analyser av økonomi viser at hvis det kun tas hensyn til investeringskostnad er det en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenhetter som er rimeligst. Dersom både kostnad for sjakter og investering hensyntas, er det en desentral løsning med resirkulerende kjøkkenhetter som er rimeligst. Den mest lønnsomme løsningen vil være en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning.

## Abstract

The topic of the master thesis is ventilation in apartment buildings. Different ventilation designs are associated with different strengths and weaknesses. Factors such as investment costs, operating costs, energy efficiency, operational reliability, challenges with odor transfer, noise, space requirements and local ventilation control may vary between different solutions. Based on a case building, which is assumed to be representative of apartment buildings that are being built in the Oslo area today, the master thesis intends to investigate which ventilation design and solution for kitchen exhaust should be chosen with regards to technical quality, energy efficiency and total cost of ownership.

To map which properties are prioritized and which solutions are typically chosen in apartment buildings, interviews are conducted with representatives of housing developers, housing cooperatives, consultants, contractors, and ventilation unit suppliers. Furthermore, the simulation tool IDA ICE is used to estimate the actual electricity consumption for heating and ventilation for different ventilation designs. Finally, the net present value method is used to assess the profitability of different ventilation solutions.

Interviews with various stakeholders in the industry show that no single ventilation solution is considered clearly better than all others. Furthermore, the interviews reveal that it varies between housing developers and housing cooperatives which properties associated with different ventilation solutions are prioritized. In apartment buildings that are built in the Oslo area, the most common ventilation solution is a centralized design where the kitchen exhaust air is led via the unit for heat recovery. Properties such as operational reliability and cost-effectiveness are highlighted for this solution. In other parts of the country, decentralized designs are common. For decentralized systems, the most common design is that the kitchen exhaust air is led via the ventilation unit but bypassing the heat exchanger. Properties such as local control, less challenges with odor transfer and smaller shaft areas are highlighted for this solution.

Estimation of actual energy consumption for different designs show that boost ventilation in kitchens and bathrooms accounts for a smaller share of the building's electricity consumption for heating and ventilation. Similarly, estimated energy consumption for different solutions show that heat recovery of kitchen exhaust air will constitute a relatively small reduction in the consumption when compared with the building's total electricity demand for heating and ventilation. The choice of a decentralized design with recirculating kitchen hoods will result in the lowest energy consumption. The increase in energy consumption when choosing alternate designs is however relatively small when compared with the total energy consumption.

Assessments of the profitability of different designs reveal that if only investment costs are considered, a centralized design with recirculating kitchen hoods is the most affordable solution. If both cost of shafts and investments are taken into account, a decentralized design with recirculating kitchen hoods is the most affordable solution. The most profitable solution is a centralized design where the kitchen exhaust air is led via the ventilation unit for heat recovery.

## Innhold

<b>Forkortelser</b>	<b>VII</b>
<b>Fargekoder for figurer</b>	<b>VII</b>
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Hensikt . . . . .	1
1.3 Aktualitet . . . . .	2
1.4 Avgrensninger . . . . .	2
1.5 Oppgavens struktur . . . . .	2
<b>2 Teoretisk bakgrunn</b>	<b>4</b>
2.1 Energibruk i bygninger . . . . .	4
2.2 Ventilasjon i boligbygg . . . . .	4
2.3 Innendørs luftkvalitet . . . . .	4
2.4 Systemalternativer for leilighetsbygg . . . . .	7
2.5 Varmegjenvinningsteknologier . . . . .	9
2.6 Løsninger for kjøkkenavtrekk . . . . .	15
2.7 Løsninger for erstatningsluft . . . . .	21
2.8 Brannsikkerhet . . . . .	23
2.9 Kunnskapshull i litteraturen . . . . .	24
<b>3 Metode</b>	<b>25</b>
3.1 Litteraturstudie . . . . .	25
3.2 Kartlegging . . . . .	27
3.3 Energisimuleringer . . . . .	31
3.4 Økonomisk analyse . . . . .	51
<b>4 Resultater og diskusjon</b>	<b>59</b>
4.1 Kartlegging . . . . .	59
4.2 Energisimuleringer . . . . .	85
4.3 Økonomisk analyse . . . . .	92
<b>5 Konklusjoner</b>	<b>105</b>
5.1 Kartlegging . . . . .	105
5.2 Energisimuleringer . . . . .	107
5.3 Økonomisk analyse . . . . .	108
5.4 Forslag til videre arbeid . . . . .	109
<b>Referanser</b>	<b>110</b>






---

<b>Vedlegg</b>	<b>v1</b>
<b>A Vedlegg litteraturstudie</b>	<b>v1</b>
A.1 Nøkkelkonsepter/sentrale begreper . . . . .	v1
A.2 Inklusjonskriterier . . . . .	v2
A.3 Søkeshistorikk . . . . .	v3
A.4 Hovedartikler . . . . .	v6
A.5 Litteraturoversikt . . . . .	v7
A.6 Matrise for litteraturstudie . . . . .	v10
A.7 Omorganisert matrise for litteraturstudie . . . . .	v15
<b>B Vedlegg kartlegging</b>	<b>v16</b>
B.1 Spørreskjema boligbyggelag . . . . .	v16
B.2 Spørreskjema aggregatleverandør/prosjekterende/entreprenør . . . . .	v21
B.3 Intervjubesvarelser . . . . .	v26
B.4 Samtale med brannrådgiver . . . . .	v55
<b>C Vedlegg energisimuleringer</b>	<b>v63</b>
C.1 Multipliseringsfaktor . . . . .	v63
C.2 Generelle forutsetninger . . . . .	v64
C.3 Forutsetninger ventilasjon . . . . .	v68
<b>D Vedlegg økonomisk analyse</b>	<b>v74</b>
D.1 Forutsetninger økonomianalyse . . . . .	v74
D.2 Overslag sjaktarealer . . . . .	v86
D.3 Økonomianalyser . . . . .	v96

## Forkortelser

Forkortelse	Forklaring
CAV	Ventilasjonsstrategi med konstante luftmengder (Constant Air Volume)
VAV	Ventilasjonsstrategi med variable luftmengder (Variable Air Volume)
DCV	Behovsstyrt ventilasjon (Demand Controlled Ventilation)
VOC	Flyktige organiske forbindelser (Volatile Organic Compounds)
SFP	Spesifikk vifte-effekt (Specific Fan Power)
TEK17	Byggteknisk forskrift
VTEK17	Veiledning til byggteknisk forskrift
HVAC	Klimakontroll (Heating, Ventilation and Air Conditioning)
VVS	Varme-, ventilasjon- og sanitærteknikk
IAQ	Innendørs luftkvalitet (Indoor Air Quality)
IEQ	Kvalitet av innemiljø (Indoor Environmental Quality)
PCM	Faseendringsmaterialer (Phase Change Material)
IDA ICE	IDA Indoor Climate and Energy, simuleringsverktøy
RIV	Rådgivende ingeniør VVS
RIBr	Rådgivende ingeniør brann
TCO	Levetidskostnad (Total Cost of Ownership)
LCC	Livssyklus kostnad (Life Cycle Cost)
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold

## Fargekoder på figurer

Farge	Forklaring
	Tilluft
	Avtrekk
	Inntak
	Avkast
	Kjøkkenavtrekk



# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

Stigende globalt energiforbruk har ført til større fokus på risiko for uttømming av fossile energiressurser, forsyningsvansker og innvirkningen på miljøet. At andelen av tiden mennesker oppholder seg innendørs øker, samt strengere krav til innemiljøet, er trukket frem som medvirkende årsaker til økende energibehov i bygninger [1]. Videre opplever storbyene i Norge stor vekst i antall innbyggere [2]. Sterk befolkningsvekst i byer vil medføre en økende etterspørsel etter leiligheter. Energieffektivitet i bygninger har blitt en viktig del av energipolitikk på både nasjonalt og internasjonalt nivå for å motvirke en økende trend i energibruk. Nye byggeforskrifter og sertifiseringsordninger inkluderer minimumskrav til bygninger for å sikre en reduksjon i energibruk og  $CO_2$  utslipp [3]. Etter hvert som bygninger blir bedre isolert, utgjør mekanisk ventilasjon en økende andel av energibehovet. Etablering av kunnskap om energieffektiviteten til forskjellige ventilasjonsløsninger er derfor viktig dersom bygningers energiforbruk skal kunne reduseres ytterligere [4].

## 1.2 Hensikt

Masteroppgaven tar for seg emnet ventilasjon i leilighetsbygg. Hensikten med masteroppgaven er å undersøke hvilken ventilasjonsutforming og løsning for kjøkkenavtrekk som av hensyn til teknisk kvalitet, energieffektivitet og levetidskostnad er best egnet i leilighetsbygg. For å belyse hvilken ventilasjonsløsning som vil være mest gunstig, er det formulert følgende ni forskningsspørsmål som skal besvares i masteroppgaven.

1. Hvilke faktorer bør prioriteres ved valg av ventilasjonsløsning i leilighetsbygg?
2. Hvilke ventilasjonsløsninger velges typisk i leilighetsbygg?
3. Hvilke argumenter ligger til grunn for valg av de vanligste løsningene?
4. Hvilken betydning har forsering av kjøkken og bad for virkelig energiforbruk? Er det akseptabelt at SN-NSPEK 3031 neglisjerer forsering på både bad og kjøkken?
5. Hvilken betydning har gjenvinning av kjøkkenavtrekk for virkelig energiforbruk?
6. Kan adferd for forsering av kjøkken og bad forenkles i energiberegninger?
7. Hvilken ventilasjonsløsning har lavest energiforbruk i et typisk leilighetsbygg?
8. Hvilken ventilasjonsløsning har lavest investeringskostnad i et typisk leilighetsbygg?
9. Hvilken ventilasjonsløsning har lavest levetidskostnad i et typisk leilighetsbygg?

Masteroppgavens forskningsspørsmål besvares ved bruk av litteraturstudier, intervjuer, numeriske modelleringer samt analyser av økonomi.

### 1.3 Aktualitet

I det pågående forskningsprosjektet ”Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation” skal SINTEF etablere kunnskap og anbefalinger til robuste ventilasjonsløsninger for boliger i et urbant miljø [5]. I prosjektets fjerde arbeidspakke skal det blant annet gjennomføres energiberegninger for ulike ventilasjonsstrategier [6]. I masteroppgaven undersøkes hvilken konsekvens valg av ulike ventilasjonsutforminger og løsninger for kjøkkenavtrekk har for energieffektivitet og økonomi. Masteroppgaven vil dermed svare på forskningsspørsmål som SINTEF har oppstilt i forskningsprosjektets fjerde arbeidspakke.

### 1.4 Avgrensninger

- Hovedfokuset i masteroppgaven er på ventilasjon i leiligheter. Andre boligtyper dekkes derfor ikke i rapporten.
- Det tas utgangspunkt i en casebygning som antas representativ for leilighetsbygg som bygges i Osloområdet dag. Casebygningen er 7 etasjer høy, og består av 49 leiligheter. Leilighetene har et bruksareal på 69 m<sup>2</sup>. Masteroppgavens resultater vil være begrenset til boligprosjekter i samme størrelsesorden.
- Resultatenes overførbarhet til boligprosjekter i andre deler av landet vil være begrenset. Dette fordi det i analysene brukes klima og kvadratmeterpriser for Oslo.
- Fokus i oppgaven er på nybygg. Resultater vil dermed ikke dekke rehabiliteringsprosjekter for eksisterende boligbygg.

### 1.5 Oppgavens struktur

Arbeidet med masteroppgaven er gjennomført i fire faser. De fire fasene bygger videre på hverandre, idet resultatene fra én fase brukes videre som forutsetninger i den etterfølgende fasen. De fire fasene presenteres separat i masteroppgavens metodeavsnitt. Resultatet av litteraturstudiet er masteroppgavens teorikapittel. De resterende tre fasene presenteres separat i masteroppgavens resultat-, diskusjon- og konklusjonsavsnitt.

#### Fase 1 - Litteraturstudie

Den første fasen består av å kartlegge nåværende kunnskap knyttet til ventilasjon i leilighetsbygg, samt å indentifisere eventuelle kunnskapshull i eksisterende litteratur.

#### Fase 2 - Kartlegging

Den andre fasen består av en kartlegging av hvilke ventilasjonsløsninger som velges i virkelige leilighetsprosjekter. Resultatene av denne delen brukes til å velge hvilke løsninger som skal vurderes videre i neste del av masteroppgaven.

Fase 3 - Energisimuleringer

Den tredje fasen består av å estimere virkelig energiforbruk for forskjellige ventilasjonsløsninger. Resultatene av denne delen brukes videre som inndata i beregninger i den neste delen av masteroppgaven.

Fase 4 - Økonomisk analyse

Den fjerde og siste fasen av masteroppgaven består av å estimere levetidskostnaden for forskjellige ventilasjonsløsninger.

## 2 Teoretisk bakgrunn

### 2.1 Energibruk i bygninger

Bygningssektoren har blitt den største sektoren for energibruk på verdensbasis, og i EU utgjør boligbygg og næringsbygg ca. 40 % av det totale energiforbruket [7]. HVAC-systemer, bestående av ventilasjon, oppvarming og klimaanlegg, står for omtrent halvparten av energiforbruket i bygninger [1]. Etersom HVAC-systemer utgjør en stor andel av forbruket, kan det ved nøye planlegging og drift av systemene, oppnås betydelige energibesparelser. Bedre isolerte boliger, samt forbedret effektivitet av hvitevarer og belysning, fører til at ventilasjon utgjør en økende andel av energibehovet [4]. Viktige effektiviseringsstrategier for ventilasjonssystemer inkluderer varmegjenvinning, regulering av luftmengder (VAV-anlegg) og behovsstyring av luftmengder (DCV-anlegg) [7]. I denne forbindelse stiller tiltakslista i Byggeteknisk forskrift (TEK17) krav til en årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegg over 80 % [8]. Tilsvarende må årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner være over 80 % for å tilfredsstille kravet i den norske passivhusstandarden [9].

### 2.2 Ventilasjon i boligbygg

Økt fokus på å redusere energiforbruket har ført til godt isolerte og lufttette bygninger. Etter hvert som bygninger blir mer lufttette, blir ventilasjon stadig viktigere for designet av sunne bygninger. I boliger er formålet med ventilasjon å opprettholde en akseptabel luftkvalitet ved å fjerne forurensninger som genereres innendørs [10]. Luftforurensningene fortynnes ved å tilføre frisk uteluft og fjerne gammel inneluft. Dette kan enten oppnås med naturlig ventilasjon, hvor vind og oppdrift er drivkrefter, eller med mekanisk ventilasjon, hvor vifter benyttes for å gi tilstrekkelig luftutveksling [11]. Begrepet hybridventilasjon brukes for å beskrive ventilasjonsutforminger som kombinerer naturlig og mekanisk ventilasjon. Tilstrekkelig ventilering av bygg er av stor betydning for beboernes helse og komfort, ettersom studier har vist at økt konsentrasjon av luftforurensninger innendørs kan forbindes med ”sykt-bygg-syndrom”, samt redusert produktivitet hos beboere [12].

### 2.3 Innendørs luftkvalitet

I industriland tilbringer mennesker i gjennomsnitt 90 % av tiden innendørs [7], og omtrent 65 % av tiden hjemme [13]. På grunn av den høye andelen av tid man oppholder seg innendørs, har innemiljøet stor innflytelse på menneskers helse og velvære. Innendørs luftkvalitet (IAQ) og kvalitet av innemiljøet (IEQ) er komplekse begreper på grunn av de mange faktorene som kan ha innflytelse på den opplevde kvaliteten.

Luftforurensninger kan genereres innendørs av menneskelig aktivitet, eller forurensninger utendørs kan trenge inn i bygningen på flere måter. Innendørs forurensninger inkluderer utslipp fra byggematerialer, rengjøringsprodukter, matlagning, tobakksrøyk, menneskelig

metabolisme, kjæledyr, mugg og støvmidd [14]. Luftkvaliteten inne kan også påvirkes av uteluftkvaliteten, idet forurensninger fra for eksempel trafikk kan komme inn i bygningen gjennom ventilasjonsanlegget eller ved åpning av vinduer [15]. Mangfoldet av forskjellige forurensninger, i tillegg til det store antallet mulige forureningskilder, gjør luftkvalitet til et omfattende konsept [12]. Begrensede data om forholdet mellom de ulike forurenningene og helse, gjør fastleggelsen av krav til luftkvalitet til en komplisert oppgave [14]. Mangel på standardiserte målemetoder og terskler for luftforurensninger som benyttes i studier av inneluftkvalitet bør undersøkes [15].

Det har vært mindre fokus på komfort i boligbygg sammenlignet med yrkesbygg [13]. Dermed er kriterier som brukes ved evaluering av luftkvalitet vanligvis basert på studier gjennomført i næringsbygg [15]. Beboeres oppførsel, inkludert aktiviteter som matlagning, rengjøring og røyking, samt oppholdstid innendørs og persontetthet, kan avvike betydelig når man sammenligner bolig- og næringsbygg. De tilhørende forureningsbelastningene kan derfor også variere betydelig mellom forskjellige bygningstyper. Dermed er det en viss usikkerhet knyttet til overførbarheten av forskningsresultater mellom ulike bygningskategorier [13].

Et annet viktig aspekt i forbindelse med kvalitet av innemiljø, er at beboernes tilfredshet kan påvirkes av individuelle preferanser. Undersøkelser har vist at faktorer som beboernes alder, kjønn, livsstil og helse, kan påvirke personenes følsomhet for forurensninger og oppfatning av kvaliteten av innemiljøet [16]. Flere studier har benyttet spørreundersøkelser, noen ganger i kombinasjon med fysiske målinger, for å avdekke hvilke parametere som er forbundet med ubehag. Innhenting av beboeres meninger om innemiljøet kan være nyttig for å forstå hvilke tiltak som bør prioriteres for å oppnå komfort. Termisk komfort har vært det dominerende komfortaspektet som er undersøkt i leilighetsbygg [13]. Undersøkelser gjennomført i Svenske leilighetsbygg har imidlertid avdekket at luftkvaliteten generelt har størst innvirkning på beboernes tilfredshet [16]. En lignende studie konkluderte med at ubehag på grunn av lukt var det hyppigst rapporterte problemet i leilighetsbygg [17]. Ettersom beboere i økende grad anerkjennes som forbrukere, kan et skifte i fokus til andre innemiljøproblemer enn termisk komfort være gunstig [13].

Ventilasjon, kildekontroll og luftrensing er tre mulige strategier for å forbedre inneluftkvaliteten [14]. Formålet med ventilasjon er å tilføre frisk uteluft og fjerne forurenset inneluft, slik at konsentrasjonen av forurensninger fortynnes til et tilfredsstillende nivå [10]. Kildekontroll kan utføres i form av å velge lavemitterende materialer i byggefasen. Ettersom kildekontroll kan være en strategi som ikke innebærer en økning i energibehovet, er det den foretrukne tilnærmingen. Kildekontroll er dog sjeldent tilstrekkelig som eneste tiltak [14]. Tilsvarende kan effektiviteten av ventilasjon for å fjerne innendørs forurensninger være begrenset av dårlig uteluftkvalitet, eller luftmengdene kan være begrenset av krav til energieffektivitet. Typisk blir strategiene derfor kombinert, og en annen tolkning

av kildekontroll kan være bruk av kjøkkenhetter, hvor partikler og lukt som genereres ved matlaging fjernes nær kilden [18]. Det finnes flere luftrensingsteknologier på det kommersielle markedet, med forskjellig formål i forhold til hvilken type forurensning de tar sikte på å fjerne. Blant disse er mekanisk filtrering, som fjerner partikler fra luften, hyppig brukt i ventilasjonssystemer for å beskytte utstyr mot støv [19]. Videre har adsorpsjon, for eksempel ved bruk av kullfiltre, blitt brukt som en filtreringsteknikk for forurensninger i gassform og lukter [14]. Luftrensing kan implementeres i det mekaniske ventilasjonssystemet, eller tiltakene kan holdes adskilt. Fordelen med luftrensing som et frittstående tiltak, er at energikostnadene til flytting og kondisjonering av uteluft kan unngås [14]. Studier av kjøkkenhetter indikerer imidlertid at kjøkkenhetter blåser avtrekksluften ut i friluft er mer effektive enn resirkulerende hetter [17].

En annen måte beboeres oppførsel kan påvirke luftkvaliteten innendørs, er måten beboerne styrer ventilasjonssystemet. Studier har vist at beboeres manglende forståelse for formålet med et ventilasjonssystem, kan være en hovedforklaring for dårlig luftkvalitet i boligbygg [10]. Spørreundersøkelser har indikert at beboere ikke alltid er klar over fordelene med mekaniske ventilasjonssystemer med varmegjenvinning, samt at kontinuerlig drift ble oppfattet som årsaken til høye strømreregninger [20]. En slik oppfatning kan drive beboere til å deaktivere ventilasjonen, og dermed resultere i dårlig luftkvalitet. I tillegg til bekymringer om energiforbruk, kan støy føre til at beboerne leter etter måter å overstyre ventilasjonssystemet. Videre kan adferd som åpning av vinduer øke energiforbruket dersom det gjøres i fyringssesongen [15]. Dessuten har studier antydnet at trekk og støy kan få beboere til å justere eller stenge tilluft- og avtrekksventiler, hvis disse ikke er låst i faste posisjoner [20]. I tillegg til å undergrave luftkvaliteten, kan slike handlinger medføre ubalanser, økt motstand og støy i ventilasjonssystemet. Ubalanser i ventilasjonssystemet kan føre til undertrykk i bygget, som igjen kan øke byggets varmetap på grunn av infiltrasjon.

Tilsvarende studier har videre avdekket at beboere ikke alltid var klar over det nødvendige vedlikeholdet av HVAC-systemene [20]. Mangel på vedlikehold kan øke driftskostnadene og ha en negativ effekt på luftkvaliteten [19]. Filtre er et typisk eksempel på utstyr i ventilasjonsanlegg som krever regelmessig vedlikehold. En undersøkelse av 150 boliger viste at årlig vedlikehold av ventilasjonsanlegget ikke ble utført i 66 % av de undersøkte boligene [15]. Trykkfallet over filtre øker over tid, og dersom de ikke rengjøres eller byttes ut regelmessig, vil energiforbruket øke. Videre kan filtre uten regelmessig vedlikehold bli sekundære forurensningskilder. Dette fordi et filter vil fange opp, men ikke ødelegge bakterier eller mugg. Etterhvert som forurensningene samler seg opp i filteret over tid, kan de få en negativ påvirkning på luftkvaliteten innendørs [19]. Disse studiene fremhever dermed viktigheten av tilstrekkelige overleveringsprosedyrer, opplæring av beboere og veiledning med hensyn til drift av HVAC-systemer. Dette for å unngå at dårlig forståelse hos beboerne får en negativ innvirkning på luftkvalitet og energibruk. Dessuten er brukervennlige systemer og tilgjengelighet av ventilasjonskomponenter som krever vedlikehold viktige faktorer for

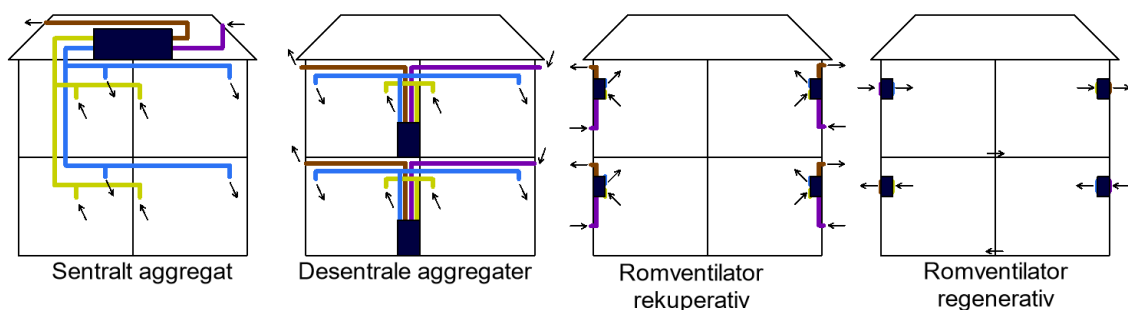
å fremme god luftkvalitet [12].

En utfordring i forbindelse med utformingen av bygninger er å oppfylle ambisjoner for energieffektivitet uten å risikere kvaliteten av innemiljøet [14]. Ventilasjon har stor innvirkning på luftkvalitet, men påvirker også energibruken i bygninger betydelig. Generelt vil en økning i luftmengder for å oppnå en god luftkvalitet også medføre en økning i energiforbruk. Det er dermed et økende behov for å takle både helse- og energispørsmål samtidig når man designer ventilasjon [4]. Studier av strategier som brukes i boliger som skal oppnå passivhuskravene fremhever viktigheten av å også fokusere på luftkvalitet både gjennom design-, konstruksjon- og driftsfasen. Dette er viktig for å oppnå ønskede energireduksjoner samtidig som god luftkvalitet sikres [15]. Studier som sammenligner dagens løsninger med mer avanserte systemer med varmegjenvinning og behovsstyring har imidlertid avdekket at en økning i luftmengder har mindre innvirkning på energibehovet i de avanserte systemene [4]. Resultatene av slik forskning kan være nyttig for å vurdere konsekvensen av tiltak for å forbedre luftkvaliteten.

## 2.4 Systemalternativer for leilighetsbygg

I leilighetsbygg kan ventilasjonsutforminger inndeles i to hovedkategorier, henholdsvis sentral og desentral ventilasjon [21]. Sentralisert ventilasjon innebærer et stort felles aggregat som forsyner flere leiligheter. Desentralisert ventilasjon innebærer mindre aggregater i hver enkelt leilighet eller romventilatorer.

Romventilatorer ventilerer vanligvis kun enkeltrom. Romventilatorer kan utstyres med enten en regenerativ eller en rekuperativ varmegjenvinner [22]. Spesielt for enheter med regenerativ varmegjenvinning er at de må installeres i par [23]. De fungerer ved at en av enhetene i et par vil tilføre frisk uteluft mens den andre fjerner gammel inneluft. Enhetene skifter strømningsretning med jevne mellomrom for å oppnå varmegjenvinning. Slike romventilatorer kan ventilere to tilstøtende rom dersom det installeres en enhet i hvert rom, og det sikres at luft kan strømme mellom rommene [22]. Figur 1 illustrerer de fire ovennevnte utformingstypene av ventilasjon.



Figur 1: Overordnede typer ventilasjonsutforminger

Romventilatorer kan potensielt være godt egnet under renovering av eksisterende bygninger, fordi enhetene typisk bygges inn i ytterveggen, og derfor ikke krever kanalføringer inne i leiligheten [23]. En studie som undersøkte både rekuperative og regenerative romventilatorer har imidlertid funnet at enhetene innebærer et lydnivå som anses for høyt i mange sammenhenger [22]. Studien konkluderer med at bruken av slike enheter bør begrenses til bygg hvor brukere har lav følsomhet for støy, samt lokasjoner hvor støynivået ute er lavt. En lignende studie bemerker at romventilatorer kan være følsomme for vindtrykk og oppdriftskrefter, og at dette kan ha en negativ påvirkning på termisk komfort og luftkvalitet [24]. Videre vil ikke romventilatorer oppfylle preakseptert ytelse for avtrekk i TEK17 § 13-2(4). Dette fordi den vekslende luftretningen gjør at det ikke opprettholdes konstant avtrekk fra våtrom og kjøkken [25].

Sentrale ventilasjonsaggregater i leilighetsbygg blir typisk plassert i tekniske rom i kjeller eller på taket av bygningen. Ventilasjonskanaler føres gjennom vertikale sjakter for å forsyne de forskjellige leilighetene. En fordel ved sentrale ventilasjonsløsninger er dermed at det støygenererende aggregatet er plassert langt unna beboerne. Desentrale ventilasjonsaggregater blir derimot plassert inne i leilighetene. En ulempe med desentralisert ventilasjon er dermed et høyere støynivå, på grunn av nærheten mellom beboer og lydgenererende utstyr [23]. Et høyt lydnivå kan føre til brukerintervensjoner som kan påvirke energibruk eller luftkvalitet [20].

Desentrale ventilasjonsløsninger krever typisk en bod i leiligheten som er stor nok til å plassere ventilasjonsaggregatet. Derfor kan leilighetens utforming begrense eller påvirke valg av ventilasjonsdesign [26]. Videre er en svakhet knyttet til plasseringen av aggregat innenfor leiligheten, at man ved desentrale løsninger er avhengig av at beboerne gjennomfører det nødvendige vedlikeholdet [20]. Betydningen av denne ulempen kan illustreres ved en tidligere studie av 150 boliger, hvor over halvparten ikke gjennomførte årlig vedlikehold [15].

En fordel med desentrale løsninger er færre kanalføringer [23]. Kortere kanalføringer medfører et lavere trykktap som viftene må overvinne, og dermed et mindre energiforbruk [11]. En ulempe for sentrale løsninger sammenlignet med desentrale løsninger er dermed et større strømforbruk som følge av lengre strekninger for transporten av luft [26]. I noen boligbygg er det krav om at avkast av luft skal føres over tak. Dette kan være på grunn av estetiske hensyn, en planløsning som begrenser plassering av inntak og avkast, eller for å unngå at avkastet fra en leilighet tilbakeføres til en annen leilighet. Slike krav kan motvirke fordelene med en desentral løsning, nemlig korte lufttransportveier. En studie gjennomført i Finland, hvor dette kravet er implementert i byggeforskriftene, konkluderer at et slikt krav medfører at både sentraliserte og desentraliserte ventilasjonsløsninger kan være konkurransedyktige i leilighetsbygg [21].

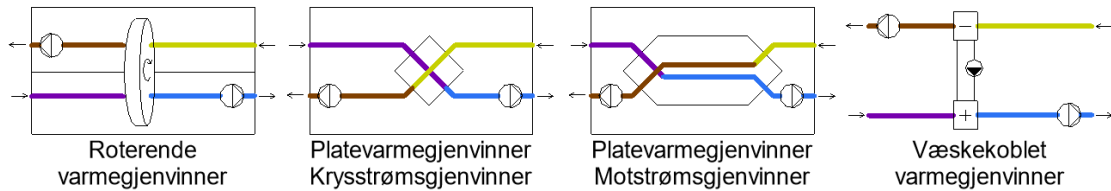


Muligheten for avkast og inntak i leilighetens yttervegg, kan gjøre desentrale ventilasjonsløsninger kostnadseffektive, idet løsningen kan medføre innkjøp av færre kanaler og raskere monterings tid [21]. En studie har imidlertid funnet at investeringskostnadene typisk er mindre for sentrale løsninger sammenlignet med desentrale løsninger [26]. En mulig forklaring kan være prisforskjellen mellom et stort sentralt ventilasjonsaggregat og flere mindre individuelle aggregater. Denne fordelingen kan være avgjørende for valget av ventilasjonsutforming, dersom driftskostnadene for de to løsningene er i samme størrelsesorden.

En annen ulempe ved sentralisert ventilasjon er at settpunkt for temperaturer må settes sentralt. Dermed kan ikke tilluftstemperaturen variere mellom ulike leiligheter som forsynes av samme aggregat [13]. Desentrale ventilasjonssystemer kan derimot variere temperaturen på leilighetsnivå. Den nåværende praksisen i boligbygg er at luftmengdene er konstante [4]. I denne forbindelse er behovsstyring en strategi som kan redusere energiforbruket i bygninger. I sentrale ventilasjonssystemer vil behovsstyring kreve kostbar teknologi, som motoriserte spjeld, for å sikre luftfordelingen mellom leiligheter. Behovsstyrte sentrale ventilasjonssystemer blir dermed ofte ansett som en løsning som er for dyr og komplisert i leilighetsbygg [21]. Fordelen med desentral ventilasjon er at luftmengde kan justeres i en leilighet, uten at det påvirker andre leiligheter i bygget [11]. Energibesparelser kan dermed oppnås enklere i desentrale systemer. En studie som sammenlignet et sentralisert CAV-anlegg med et vannbårent varmebatteri og et desentralisert VAV-anlegg med elektriske varmebatterier, konkluderte at det desentraliserte systemet ikke viste klar forbedring i energiforbruk [21]. Et relativt høyt strømforbruk til vifter og elektriske varmebatterier motvirker reduksjonen i energiforbruk på grunn av kortere føringsveier i et desentralisert ventilasjonssystem [24].

## 2.5 Varmegjenvinningsteknologier

I land med kaldt klima slik som Norge blir ventilasjonssystemer typisk utstyrt med varmegjenvinning [27]. Hensikten med varmegjenvinning er å redusere varmen som går tapt på grunn av ventilasjonen, og dermed å redusere bygningens energiforbruk [28]. Varmegjenvinning fungerer ved at varme overføres fra den varme avtrekksluften og til den kalde inntaksluften for å forvarme tilluften til bygningen [29]. Det finnes mange forskjellige typer varmegjenvinningsteknologier, og de blir typisk kategorisert etter deres oppbygning [3]. Basert på oppbygning er de tre mest brukte typene i boligbygg roterende varmegjenvinnere, platevarmegjenvinnere og væskekoblede varmegjenvinnere [30]. Platevarmegjenvinnere inndeles ytterligere etter deres strømningsretning i krysstrømsgjenvinnere og motstrømsgjenvinnere. De fire ovennevnte varmegjenvinningstypene er illustrert på figur 2 under.



Figur 2: Typer varmegjenvinnere

I en roterende varmegjenvinner strømmer varm avtrekksluft og kald inntaksluft gjennom separate seksjoner av en motordrevet rotor [29]. Rotoren fungerer som et termisk lager, og varme overføres mellom luftstrømmene når den roterer fra avtrekkskammer til tilluftskammer [31]. En platevarmegjenvinner er bygget opp av mange tynne metallplater som er stablet sammen for å danne flere separate luftstrømmer [32]. Varme overføres mellom avtrekksluft og tilluft idet luftstrømmene passerer på hver sin side av en metallplate [29]. En væsk koblet varmegjenvinner består av to fysisk adskilte varmevekslere, en i avtrekkskanalen og den andre inntakskanalen [32]. En tredje væske sirkuleres mellom de to varmevekslerne og overfører varme mellom luftstrømmene for å forvarme tilluften [29].

Varmegjenvinnere kan videre inndeles etter om de er rekuperative eller regenerative. Den førstnevnte er kjennetegnet ved at luftstrømmene er separert fra hverandre og at varme overføres direkte [30]. Den sistnevnte fungerer som et termisk lager hvor den varme og kalde luften strømmer vekselvis [33]. Dermed kan en platevarmegjenvinner klassifiseres som en rekuperativ gjenvinner, mens en roterende gjenvinner kan klassifiseres som en regenerativ gjenvinner. Gjenvinningsteknologier kan dessuten kategoriseres etter deres gjenvinningsmekanisme. Mens varmegjenvinnere kun vil gjenvinne sensibel varme, kan energigjenvinnere gjenvinne både sensibel og latent varme [34]. Gjenvinning av sensibel varme betyr at termisk energi overføres mellom luftstrømmene, mens kombinasjonen av sensibel og latent varmegjenvinning også kan innebære fuktoverføring mellom luftstrømmene [30]. For å muliggjøre gjenvinning av latent varme, kan materialer som tillater fuktoverføring brukes. En roterende varmegjenvinner med hygroskopisk rotor kan ta opp fuktighet i damp- og væskeform fra den varme avtrekksluften og avgi fukt til den kalde inntaksluften når hjulet roterer [34]. En roterende varmegjenvinner i aluminium kan gjenvinne fukt om vinteren ved at fuktighet i avtrekksluften kondenserer på rotoren. Eksperimentelle studier på platevarmegjenvinnere har byttet ut metallplatene med andre fuktgjennomtrengelige materialer som tillater fuktoverføring mellom luftstrømmene [35]. Fordelen ved valg av gjenvinnere som tillater fuktoverføring er at det kan unngås for lav luftfuktighet innendørs om vinteren, og dermed kan oppfattet innendørs luftkvalitet forbedres [30].

En sentral egenskap for varmegjenvinnere er deres temperaturvirkningsgrad. Tabell 1 oppsummerer temperaturvirkningsgraden for ulike varmegjenvinningsteknologier som er funnet i litteraturen som er undersøkt i masteroppgaven. Generelt er den høye temperaturvirkningsgraden er hovedfordel for roterende varmegjenvinnere. Platevarmegjenvinnere

kan også oppnå en relativ høy temperaturvirkningsgrad, og kan være i stand til å oppnå passivhuskravet på 80 %. Temperaturvirkningsgraden av væskekoblene gjenvinnere er derimot godt under dette kravet. Studier har vist at den potensielle energibesparelsen forbundet med varmegjenvinning er avhengig av bygningens tetthet, beliggenhet og varmforsyning [36]. Videre har eksperimentelle studier funnet at undersøkte aggregater ikke alltid fungerer som tiltenkt, noe som resulterte i en virkelig varmegjenvinningseffektivitet lavere enn forventet [28]. Flere faktorer kan ha innflytelse på ytelsen av varmegjenvinneren. Disse faktoren sammen med andre fordeler og ulemper blir forklart i det følgende.

Tabell 1: Effektivitet av varmegjenvinnere [34], [37], [32], [33]

Type varmegjenvinner	Termisk virkningsgrad	Underkategori	Sensibel effektivitet	Latent effektivitet
Platevarmegjenvinner	40 - 80 %	Krysstrøm	60 - 80 %	Nei
		Motstrøm	70 - 90 %	Nei
		Fuktoverførende	75 - 85 %	46 - 76 %
Roterende varmegjenvinner	Over 80 %	Kondenserende	50 - 80 %	Nei
		Hygroskopisk	50 - 85 %	50 - 85 %
Væskkoblet varmegjenvinner	45 - 65%		65 - 70 %	Nei

En fordelaktig egenskap ved både platevarmegjenvinnere og væskekoblede varmegjenvinnere er at overføring av forurensninger mellom tilluft og avtrekk unngås fordi luftstrømmene er fysisk adskilt [32]. I roterende varmegjenvinnere kan overføring av forurensninger forekomme på to måter, henholdsvis ved resirkulering og luftlekkasjer [38]. Luftlekkasjer finner sted på grunn av de lokale trykkforskjellene i ventilasjonsaggregatet, og lekkasjenes retning og størrelse er hovedsakelig avhengig av viftenes plassering i aggregatet [27]. En ulempe forbundet med luftlekkasje i aggregater er at også forurensninger kan overføres fra avtrekk til tilluft [29]. Resirkulering innebærer at en liten mengde luft som er fanget i rotoren overføres fra avtrekk til tilluft når hjulet roterer [39]. Mengden resirkulert luft avhenger av rotasjonshastigheten. En tredje måte forurensninger kan overføres i roterende gjenvinnere, er ved kondensering på rotoren. Forurensninger kan være oppløst i vann som kondenserer på rotoren, og kan dermed overføres fra avtrekk til tilluft [40]. De utilsiktede luftlekkasjene som kan finne sted i roterende varmegjenvinnere kan redusere effektiviteten til ventilasjonen av bygningen, og dessuten redusere effektiviteten av varmegjenvinningen [28]. Videre kan den tilhørende overføringen av forurensninger ha en negativ effekt på luftkvaliteten innendørs. Tiltak som er studert i den undersøkte litteraturen for å unngå luftlekkasje og resirkulering i roterende varmegjenvinnere blir diskutert i et senere avsnitt.

En fordelaktig egenskap ved roterende varmegjenvinnere er at de sjelden har problemer med tilising [34]. For platevarmegjenvinnere er risiko for isdannelse derimot en av de største ulempene [30]. Dersom metallplatene kjøles under duggpunktstemperaturen til avtrekksluften, vil vann kondensere på metalloverflaten [35]. Hvis overflatetemperaturen videre faller under frysepunktet for vann, vil is dannes inne i avtrekksdelen av varmeveksleren

[41]. Isdannelse i varmeveksleren kan blokkere for luftstrømmen, og dermed øke trykkfallet som avtrekksviften må overkomme, samtidig som det kan føre til en betydelig reduksjon i effektiviteten av varmegjenvinningen [31]. Tiltak for å redusere risiko for tilising av platevarmegjenvinnere blir diskutert i et etterfølgende avsnitt.

Fordeler og ulemper som er funnet i litteraturen for ulike teknologier for varmegjenvinning er oppsummert i tabell 2 under.

Tabell 2: Teknologier for varmegjenvinning - fordeler og ulemper

	Platevarmegjenvinner	Roterende varmegjenvinner	Væskekoblet varmegjenvinner	Hygroskopisk roterende varmegjenvinner	Fuktoverførende platevarmegjenvinner
<b>Fordeler</b>	Ingen luktoverføring. Ingen bevegelige deler. Relativt høy temperaturvirkningsgrad.	Lite problemer med tilising. Relativt høy temperaturvirkningsgrad.	Ingen luktoverføring. Ingen bevegelige deler. Kanaler kan være fysisk atskilt.	Ingen problemer med tilising. Fuktoverføring. Høy temperaturvirkningsgrad.	Ingen problemer med tilising. Ingen luktoverføring. Ingen bevegelige deler. Fuktoverføring. Høy temperaturvirkningsgrad.
<b>Ulemper</b>	Problemer med tilising. Ingen fuktoverføring.	Luktoverføring. Bevegelige deler. Lite fuktoverføring.	Problemer med tilising. Ingen fuktoverføring. Lav temperaturvirkningsgrad.	Luktoverføring. Bevegelige deler.	Behov for ytterligere forskning

### Tiltak mot gjenvinning av luftforurensninger

Luftlekkasjer i roterende gjenvinnere kan medføre en betydelig endring i varmegjenvinnerens ytelse, og kan lede til økt energibruk eller ha en negativ innflytelse på luftkvalitet [28]. Flere metoder for å forhindre at luft kan strømme fra avtrekk til tilluft er studert i den undersøkte litteraturen. Et vanlig tiltak mot luftlekkasjer er bruk av tetninger i spaltene mellom rotoren og rotorhus [39]. En studie av ulike typer forseglinger har funnet at stive pakninger vanligvis medfører en stor luftlekkasje, fordi de krever en liten avstand til rotoren [42]. Fleksible pakninger, som for eksempel børster, vil derimot føre til en lav lekkasje, fordi de kan være i kontakt med rotoren. Disse har dog har ulempen at de samler støv og må skiftes ut regelmessig. Friksjon på grunn av kontakt mellom tetning og rotor kan øke energiforbruket av motoren som driver rotoren, men studien konkluderer med at dette er mindre enn energibesparelsen forbundet med redusert luftlekkasje. En annen metode for å redusere luftlekkasjer på grunn av trykkforskjeller i aggregatet, er å opprettholde en positiv trykkforskjell fra tilluftskammer til avtrekkskammer [40]. Et vanlig tiltak mot resirkulering er installering av en renspylingssektor [30]. En renspylingssektor monteres mellom den varme og den kalde sektoren av rotoren, og har til formål å redusere mengden forurenset avtrekksluft som kan lekke til tilluften når hjulet roterer [1]. Dette oppnås ved å spyle et lite område av rotoren med inntaksluft, slik at avtrekksluften returneres til avkastkammeret før rotorområdet beveges til tilluftskammeret [40].

Flere av de undersøkte artiklene nevner at en ulempe for roterende varmegjenvinnere er risiko for at lukt kan overføres via ventilasjonssystemet fra en leilighet til en annen [43]. Samtlige av de undersøkte artiklene fokuserer imidlertid på lekkasjenes betydning for effektiviteten av varmegjenvinningen. Litteratur om den resulterende overføringen av forurensninger er begrenset [43]. En konsekvens av dette ensidige fokuset, er at undersøkte

tiltak har som mål å forbedre denne faktoren alene, og vil dermed kanskje ikke forhindre luktoverføring. En av artiklene påpeker at enkelte forurensninger som genereres innendørs kan overføres på samme måte som fukt i roterende varmegjennvinnere [38]. I denne forbindelse er renblåsningssektoren ikke i stand til å forhindre at vannløselige forurensninger overføres fra avtrekk til tilluft hvis vann kondenserer på rotoren [40]. Sporgass er en teknikk som typisk benyttes for å undersøke luftlekkasje og resirkulering i roterende gjennvinnere [28]. Denne metoden vil tilsvarende ikke kunne brukes for å undersøke overføring av forurensninger på grunn av kondensering [38].

En eksperimentell studie av roterende varmegjennvinnere har funnet at den vannløselige forurensningen formaldehyd, kan overføres med en hastighet som ikke er ubetydelig [38]. For å oppnå en akseptabel konsentrasjon innendørs, kan en konsekvens av den lavere effektiviteten for fjerning av formaldehyd være behov for å øke luftmengden, som igjen vil øke den nødvendige energien til å kondisjonere og bevege luften.

For platevarmegjennvinnere som tillater fukttransport, har en studie funnet at det kan være en påvisbar overføring av vannløselige flyktige organiske forbindelser (VOC) [44]. En annen studie av disse platevarmegjennvinnerne indikerer at membranene tillater fukttransport mens VOC-er ikke kan gjennomtrengne membranene [45]. Overføringen av VOC-er avhenger av valgt membran, idet permeabiliteten av ulike VOC-er varierer for forskjellige membraner [44]. Selektivitet av fuktighet over VOC-er gjennom slike membraner har fått lite oppmerksomhet i den eksisterende litteraturen, og videre studier oppfordres for å utvikle kostnadseffektive membraner for det kommersielle markedet [45].

I leilighetsbygg med sentraliserte ventilasjonsløsninger kan luftlekkasje og resirkulering i roterende varmegjennvinnere medføre transport av lukt fra aktiviteter som matlagning eller røyking mellom forskjellige leiligheter. I en av de undersøkte artiklene nevnes det at bruk av roterende gjennvinnere kun er tillatt i ventilasjonsaggregater som forsyner en enkelt leilighet i leilighetsbygg i Finland [21]. Begrunnelsen for dette kravet er ikke inkludert i artikkelen, men en sannsynlig forklaring kan være for å unngå luktoverføring mellom leiligheter gjennom ventilasjonsanlegget. En eksperimentelt studie har blitt gjennomført for å undersøke spredning av lukt i leilighetsbygg [18]. I studien er fokuset imidlertid på spredning av matlukt innenfor en enkelt leilighet og effektiviteten av kjøkkenavtrekket. I artikkelen konkluderes det med at fjerning av luft fra et punkt nærme luktkilden er den mest effektive strategien for fjerning av lukt.

Et tiltak som kan muliggjøre bruk av roterende varmegjennvinner i fellesanlegg, er bruk av kombinasjonsfilter i avtrekkskammeret. Slike filtre inneholder aktivert kull som kan absorbere gassformige forurensninger og lukter [14]. Slike filtre kan dermed redusere luktoverføring mellom leiligheter, idet forurensninger i avtrekksluften fjernes før den når varmegjennvinneren.

### Tiltak mot tilising

Tilising er et viktig tema i forbindelse med platevarmegjenvinnere som brukes i land med kaldt klima [41]. Dersom den kalde inntaksluften kjøler metalloverflatene under frysetemperaturen for vann, og avtrekksluften kjøles under duggpunktstemperaturen, vil fukt i avtrekksluften kondensere og fryse i varmegjenvinneren [46]. Økt temperaturvirkningsgrad vil resultere i en lavere temperatur på avtrekksluften, og dermed en større risiko for kondensering og isdannelse i varmegjenvinnere [41]. Tilising kan øke energiforbruket til avtrekksviften på grunn av økt trykkfall, idet isdannelse reduserer tverrsnittarealet i varmegjenvinneren [31]. Dersom viftekapasiteten overskrides, vil det økte trykkfallet videre kunne medføre en reduksjon i avtrekksluftmengden, som kan påvirke luftkvaliteten negativt, og dessuten føre til en reduksjon i tilgjengelig energi for gjenvinning [47]. Videre vil laget av is på metalloverflaten øke den termiske motstanden, og dermed redusere varmeoverføringen, som igjen kan medføre lav temperatur på tilluften og problemer med trekk [48]. Dersom ingen tiltak mot tilising implementeres, kan isdannelsen føre til permanent skade på varmegjenvinneren [47]. Flere studier er gjennomført for å undersøke tiltak for å redusere risiko for isdannelse. Artiklene som er undersøkt i masteroppgaven inkluderer ofte brukte tiltak som forvarming og by-pass, i tillegg til eksperimentelle tiltak som parallellkoblede varmegjenvinnere og bruk av materialer som tillater fuktoverføring [31].

By-pass er det mest brukte tiltaket mot isdannelse i varmegjenvinnere i boligbygg [47]. Metoden kan innebære at tilluftsviften skrur helt av, slik at varm avtrekksluft kan avrime varmegjenvinneren [49]. Ulempen ved denne løsningen er at resirkulering av avtrekksluften, og mangel på friskluft, vil påvirke luftkvaliteten innendørs negativt [30]. Avrimingssykluser vil dessuten redusere den gjennomsnittlige temperaturvirkningsgraden til varmegjenvinneren [49]. Et annet mulig tiltak er å endre forholdet mellom avtrekk og tilluft, ved å justere hastigheten på tilluftsviften [49]. Denne løsningen vil ha en negativ påvirkning på luftkvaliteten innendørs, fordi mengden friskluft som tilføres leilighetene reduseres. En annen ulempe ved denne metoden er at tiltaket kan føre til et undertrykk i bygningen, som igjen kan øke infiltrasjonen, og dermed øke det tilhørende varmetapet [49]. Forvarming er det mest effektive tiltaket for å unngå isdannelse i platevarmegjenvinnere [47]. Tiltaket kan implementeres ved å installere et varmebatteri i inntakskanalen, som kan heve temperaturen på inntaksluften før den når varmegjenvinneren [49]. Ulempen med forvarming for å motvirke isdannelse er at tiltaket reduserer potensialet for energibesparelse [50]. Forvarming anses for å være det mest ødeleggende tiltaket for den gjennomsnittlige temperaturvirkningsgraden av varmegjenvinnere, og vil medføre økt energiforbruk [47].

Idet dagens metoder kan påvirke energiforbruket eller luftkvaliteten negativt, er det utført eksperimentelle studier for å finne alternative metoder for å unngå isdannelse i varmegjenvinnere. Dersom ingen beskyttende tiltak mot isdannelse iverksettes, vil is vanligvis forekomme ved utetemperaturer under  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  i platevarmegjenvinnere [48]. Studier på platevarmegjenvinnere som tillater fukttransport indikerer at temperaturen hvor isdannel-

se oppstår er  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  [47]. Dermed kan bruken av materialer som tillater overføring av fukt innebære mindre bruk av avrimingssykluser [43]. Studiene på denne typen platevarmegjenvinnere anbefaler imidlertid videre forskning på ulike materialer, eksperimenter med andre testforhold samt fullskala eksperimenter, og konkluderer at videre utvikling er nødvendig for at løsningene skal bli kommersielt tilgjengelige [51].

Andre eksperimentelle studier har foreslått et design hvor varmegjenvinneren inndeles i to identiske seksjoner med hver sin varmegjenvinner [41]. En slik varmegjenvinner er i stand til å kontinuerlig avrime seg selv, uten bruk av tilleggsvarme, ved å vekselvis sende luftstrømmen gjennom de to seksjonene [50]. En viktig fordel med en slik løsning med parallellkoblede varmegjenvinnere er dermed at friskluft kan tilføres bygningen kontinuerlig [47]. Dessuten antyder studiene at løsningen er i stand til å bevare en høy effektivitet av varmegjenvinningen, selv under avrimingsmodus. Systemair introduserte et boligventilasjonsaggregat (Villavent VM1) med intermittert reduksjon av tilluft og bruk av halve varmeveksleren som frostbeskyttelse. Laboratoriemålinger har dog avdekket at avrimingsfunksjonen var utilstrekkelig, og løsningen er derfor trukket fra det norske markedet [52]. Faseendringmaterialer (PCM) er også foreslått som en mulig teknikk for å forebygge isdannelse [48]. En eksperimentell studie er blitt utført for en varmegjenvinner som benytter faseendringmaterialer og vannabsorberende materialer for å løse problemet med tilising. Varmegjenvinneren er periodisk, og to identiske enheter som arbeider i motsatt modus er nødvendig for kontinuerlig drift [53]. Den største ulempen med disse eksperimentelle varmegjenvinnerne er deres store størrelse på grunn av deres oppbygning med parallelle seksjoner [50]. Dessuten anbefaler forfatterne videre studier og fullskala forsøk [53].

For aggregater med motstrømsveksler som finnes på markedet idag, kan "Nye Topvex" fra Systemair og VEX350/360/370 serien fra Exhausto, nevnes som aktuelle kandidater i boligblokk. "Nye Topvex" har, ifølge Systemair, en temperaturvirkningsgrad over 80 %, og kan leveres med enten seksjonsvis avriming eller by-pass [54]. Tilsvarende har VEX350/360/370 serien, i henhold til Exhausto, en temperaturvirkningsgrad over 80 %, og aggregatet er konstruert med by-pass på både fraluften og tilluften [55]. Dobbel by-pass gjør at begge luftstrømmene kan ledes utenom veksleren når det ikke er behov for varmegjenvinning. Bruk av by-pass vil redusere det interne trykktapet i aggregatet, og dermed reduseres energiforbruk til vifter.

## 2.6 Løsninger for kjøkkenavtrekk

I TEK § 13-2(4) stilles det krav til avtrekk med tilfredsstillende effektivitet i kjøkken i boliger. Dette kravet kan oppfylles ved å følge preaksepterte ytelser for grunnavtrekk og forsert avtrekk [8]. Forsert avtrekk i kjøkken løses typisk ved bruk av en kjøkkenhette. Hensikten med bruk av kjøkkenhetter er å fjerne lukt, matos og vanddamp som genereres under matlaging nærme kilden, og dermed unngå at forurensningene blandes med romluften og spres til resten av boligen [56]. Matlaging er en av de største kildene til luft-

forurensninger i boliger, og bruk av kjøkkenhette under matlaging er dermed viktig for å ivareta et godt inneklima [57].

Forsering av kjøkkenhetten vil påvirke energibehovet for leilighetene. Energiforbruket tilknyttet bruk av kjøkkenhetter består blant annet av energi til vifter for å flytte på luften. En viftes energiforbruk avhenger av motstanden i kanalnettet som viften må overkomme og størrelsen på luftmengden som viften skal flytte [57]. Videre kan kjøkkenhetter medføre et varmetap, idet luft som fjernes fra rommene må erstattes med friskluft. Friskluften vil enten kondisjoneres i ventilasjonsanlegget eller varmes av rommets varmeanlegg [56]. Energibehovet til kondisjonering av luft avhenger av nødvendig luftmengde. Nødvendig luftmengde er igjen avhengig av kjøkkenhettens evne til å fjerne forurensninger [57]. Det er gjennomført en rekke studier for å undersøke oppfangings effektiviteten av kjøkkenhetter [56]. Disse studiene har vist at en kjøkkenhettes effektivitet til å fjerne matos er avhengig av hettens utforming, samt plassering i forhold til vegg og komfyr [58].

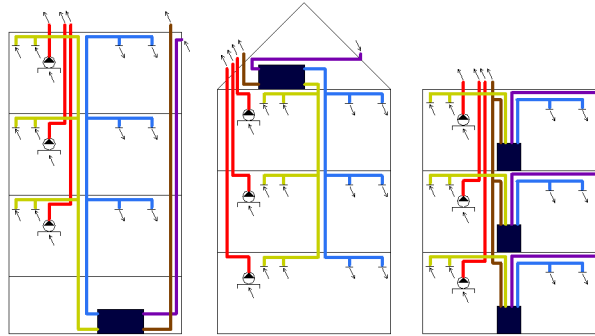
Overordnet finnes det to typer kjøkkenhetter. Den første typen er kjøkkenhetter med avtrekk til friluft, og den andre typen er resirkulerende kjøkkenhetter [57]. Kjøkkenhetter med avtrekk til friluft kan videre leveres med eller uten en integrert vifte. Kjøkkenhetter uten integrert vifte kan kobles til en ekstern avkastvifte, kobles via en egen kanal til ventilasjonsaggregat eller via øvrig avtrekk i leiligheten til aggregat [59]. I et leilighetsbygg, kan kjøkkenavtrekk dermed løses på flere forskjellige måter. De ulike løsningene er forbundet med forskjellige fordeler og ulemper, som beskrives videre i de etterfølgende underavsnittene.

### Løsning med separate kanaler for kjøkkenavtrekk fra hver leilighet

En mulig løsning for kjøkkenavtrekk i leilighetsbygg er separate avtrekkskanaler fra kjøkkenhetten i hver enkelt leilighet. I løsningen benyttes kjøkkenhetter med integrert vifte. Løsningen med separate kjøkkenavtrekk er illustrert på figur 3. I leilighetsbygg kan det være risiko for luktoverføring mellom nærliggende boenheter dersom kjøkkenavtrekket føres direkte ut gjennom ytterveggen [60]. Utblåsning av avkastluft over tak er dermed anbefalt. Dette for å redusere risiko for at avtrekksluft fra én boenhet trekkes inn i naboileilighetene, for eksempel gjennom åpne vinduer [61].

Avtrekksluft fra kjøkkenhetten kan inneholde mye fett, smuss og lukt [60]. En fordel ved denne løsningen er dermed at kjøkkenavtrekket holdes separat fra øvrig ventilasjon av leilighetene. Ved å velge et separat system for kjøkkenavtrekk, unngås at fett og smuss føres til ventilasjonsaggregat og varmegjenvinner, og dermed reduseres behov for renhold av kanaler og komponenter [60]. Videre unngås risiko for spredning av lukt fra matlaging mellom leiligheter via ventilasjonsaggregatet.





Figur 3: Løsninger med kjøkkenavtrekk separat

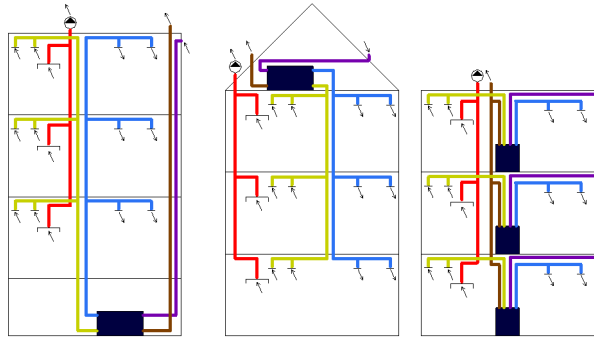
Kjøkkenhetter som blåser avtrekksluften ut i friluft medfører energibehov til kondisjonering av friskluft som skal erstatte luften kjøkkenheten fjerner fra rommet [57]. Videre fjerner kjøkkenheten luft som er oppvarmet i forbindelse med matlaging. Luften som fjernes er varmere enn den øvrige romluften, og ville dersom den ikke ble fjernet, bidra til å varme rommet i varmesesongen. En ulempe ved løsningen er dermed at den kan innebære et større ventilasjonsvarmetap sammenlignet med løsninger hvor avtrekksluften føres via ventilasjonsaggregatets varmegjenvinner [58]. Videre kan løsninger med avtrekk til friluft medføre et varmetap når kjøkkenhettene ikke er i bruk. Gjennomføringer i klimaskjermen utgjør kuldebroer og kan innebære et infiltrasjonsvarmetap. Størrelsen på dette varmetapet avhenger av om kjøkkenhettene kan lukkes så de blir lufttette, for å unngå at de slipper gjennom luft når de ikke er i bruk [56].

En annen ulempe ved denne løsningen for kjøkkenavtrekk er at den kan medføre et behov for et større sjaktareal sammenlignet med andre løsninger. Ved løsningen har hver enkelt leilighet en egen kanal for avkast fra kjøkken. Idet det er anbefalt at avkast føres over tak, vil det kreve et stort sjaktareal dersom det er mange leiligheter. Det er ønskelig med minst mulig sjaktareal, idet sjakten vil oppta bruksareal i leiligheten.

### Løsning med felles kanal for kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter

En annen løsning for kjøkkenavtrekk i leilighetsbygg er at kjøkkenhetter fra boenheter over hverandre kobles til en felles avtrekkskanal til tak. Figur 4 illustrerer løsninger hvor kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter er samlet. Ved utløpet av avtrekkskanalen er det en felles trykkstyrt avtrekksvifte [62]. I løsningen benyttes kjøkkenhetter uten integrert vifte. I stedet utstyres kjøkkenhettene med et spjeld. Når kjøkkenheten skal tas i bruk åpnes spjeldet, og statisk trykk i kanalen vil dermed falle [59]. En trykkløser i den felles avtrekkskanalen fanger opp endringen i statisk trykk. Trykkløseren gir signal til viften om å øke hastigheten, slik at et konstant statisk trykk opprettholdes i kanalen, uavhengig av hvor mange kjøkkenhetter som settes i bruk. Avtrekksviften vil dermed øke luftmengden slik at forsering av kjøkkenheten oppnås [63]. Fordi viften plasseres lenger unna beboerne, bør det ved denne løsningen benyttes et timerstyrt spjeld [59]. Når viften plasseres på tak, kan

beboere glemme å skru av kjøkkenheten fordi de ikke hører viften. Timeren har dermed til hensikt å automatisk lukke spjeldene etter en viss tidsperiode.



Figur 4: Løsninger med kjøkkenavtrekk samlet

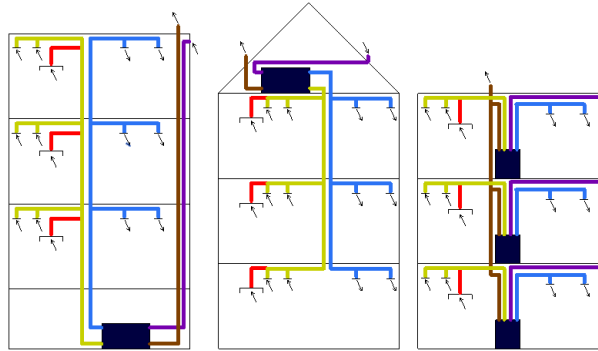
Flere av styrkene og svakhetene som er beskrevet for løsningen med separate kjøkkenavtrekk fra hver enkelt leilighet, gjelder også for denne løsningen. Fett og smuss fra kjøkkenavtrekk holdes separat fra resten av ventilasjonsanlegget, og dermed vil behovet for renhold reduseres. Videre unngås risiko for spredning av matlagningslukt mellom leiligheter via ventilasjonsaggregatet. Ulempen ved at kanaler fra kjøkkenheten ikke føres via aggregatet, er at varmen i kjøkkenavtrekket ikke gjenvinnes.

I forbindelse med risiko for luktspredning mellom leiligheter, er en løsning hvor kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter mindre robust sammenlignet med løsningen der kjøkkenavtrekk føres separat fra hver enkelt leilighet. Luktproblematikk kan oppstå dersom en beboer skifter ut kjøkkenheten med en hette med integrert vifte. Installerer en hette med integrert vifte i denne løsningen, kan viften skape et overtrykk i avtrekkskanalen, som kan føre til at matlukt kan spres via kanalen til andre leiligheter [64].

Fordi alle kjøkkenhettene som kobles til samme avtrekkskanal sjeldent vil være i drift samtidig, kan en samtidighetsfaktor brukes ved dimensjonering av avtrekksviften og avtrekkskanalen [63]. For en løsning med separate kanaler fra hver enkelt leilighet, må kanalene derimot dimensjoneres for 100 % samtidighet. En felles avtrekkskanal vil dermed oppta mindre plass enn separate avtrekkskanaler. Fordelen med denne løsningen er dermed at den krever et mindre sjaktareal sammenlignet med en løsning med separate kanaler.

### Løsning med kjøkkenavtrekk via aggregat

En annen løsning for kjøkkenavtrekk er at kanaler fra kjøkkenhettene kobles til aggregat. I denne forbindelse kan løsningen overordnet utformes på to måter [59]. Den første utformingen er å samle kjøkkenavtrekk med øvrig avtrekk i leiligheten, før varmegjenvinner. Denne løsningen er illustrert på figur 5. Den andre utformingen er at kjøkkenavtrekk tilkobles etter varmegjenvinneren i aggregatet.



Figur 5: Løsninger med kjøkkenavtrekk via aggregat

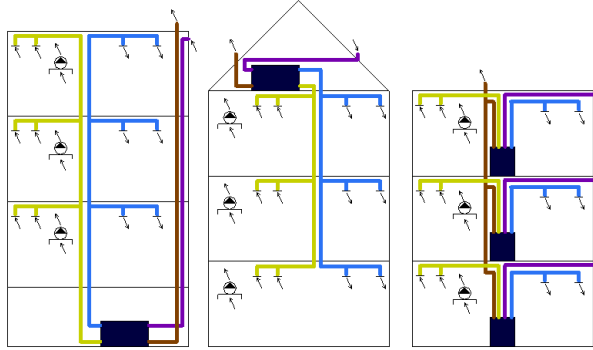
En fordel ved å koble kjøkkenavtrekket på øvrig avtrekk i leiligheten er at varme kan gjenvinnes fra avtrekksluften fra kjøkkenhetten. For løsninger hvor kjøkkenhetter tilkobles øvrig avtrekk anbefales det å installere en plategjenvinner fremfor roterende varmegjenvinner i aggregatet, på grunn av avtrekksluftens innhold av lukt, fett og smuss [65]. For sentrale løsninger er valg av plategjenvinner dessuten et tiltak for å redusere risiko for luktoverføring mellom leiligheter via aggregatet. En annen fordel ved denne løsningen er at den krever et mindre sjaktareal sammenlignet med løsninger hvor kjøkkenhetter krever egne kanalføringer. Til gjengjeld vil en større andel av anlegget føre avtrekksluft fra kjøkkenet, og vil dermed på grunn av avtrekksluftens innhold av fett og smuss ha et større behov for renhold. Videre har plategjenvinnere lavere temperaturvirkningsgrad enn roterende gjenvinnere, og dermed vil mindre varme gjenvinnes ved normaldrift.

For løsninger hvor avtrekk fra kjøkkenhette går via aggregat, men utenom varmegjenvinner, er det nødvendig med en egen kanal for kjøkkenavtrekk mellom kjøkkenhette og ventilasjonsaggregat [65]. Desentrale aggregater kan til dette formål leveres med en ekstra stuss for påkobling av kjøkkenavtrekk etter varmegjenvinneren [59]. Fordi kjøkkenavtrekket tilkobles etter gjenvinner, unngås risiko for at lukt spres mellom leiligheter via aggregatet. Videre vil ikke avtrekksluften som føres til gjenvinneren inneholde fett og smuss fra matlaging. En fordel med denne løsningen er dermed at det kan benyttes en roterende gjenvinner, og dermed vil mest mulig varme kunne gjenvinnes under normaldrift. Til gjengjeld utnyttes ikke varmen i kjøkkenavtrekket ved forsering. For desentrale anlegg er en fordel ved denne løsningen at den krever mindre sjaktareal sammenlignet med løsninger hvor kjøkkenavtrekk holdes separat fra øvrig avtrekk fra leilighetene. Denne fordelene gjelder ikke for sentrale anlegg, idet løsningen krever en separat kanal fra kjøkkenhette og frem til aggregat.

### Løsning med resirkulerende kjøkkenhette

En annen løsning for kjøkkenavtrekk i leilighetsbygg er bruk av resirkulerende kjøkkenhetter [59]. Resirkulerende kjøkkenhetter har ikke avtrekk til friluft, men fører i stedet luften til-

bake til rommet etter filtrering. Filtreringen består typisk av et mekanisk filter, som har til hensikt å fange opp fett, etterfulgt av et kullfilter, som kan fjerne lukt generert under matlaging [56]. Figur 6 illustrerer løsninger med resirkulerende kjøkkenavtrekk.



Figur 6: Løsninger med resirkulerende kjøkkenhetter

En av hovedfordelene ved bruk av resirkulerende kjøkkenhetter er at forsering ikke medfører et ekstra ventilasjonsvarmetap [56]. Fordi løsningen ikke har avtrekk til friluft, er det heller ikke behov for å tilføre erstatningsluft. Dermed unngås også energi til kondisjonering av ekstra friskluft ved forsering. Dessuten kan varm luft som genereres under matlaging, bidra til å varme opp leiligheten i varmesesongen. En annen viktig fordel ved bruk av resirkulerende kjøkkenhetter er at løsningen krever et mindre sjaktareal sammenlignet med de ovennevnte løsningene med avkast til friluft. Ved valg av denne løsningen unngås egne kanaler for kjøkkenavtrekk til tak, og størrelse av avtrekkskanaler og aggregat kan velges mindre fordi de ikke må dimensjoneres for forsert luftmengde i kjøkken. Videre unngås risiko for spredning av lukt mellom leiligheter, idet kjøkkenavtrekk løses separat fra øvrig ventilasjon av leilighetene.

En utfordring ved valg av denne løsningen, er at det er gjennomført få vitenskapelige studier som evaluerer ytelsen av resirkulerende kjøkkenhetter. Studier av kjøkkenhettens effektivitet på å fange opp partikler og lukt som funksjon av filterets alder er anbefalt [56]. Videre oppfordres det til å undersøke faktisk potensiale for energibesparelse ved bruk av resirkulerende kjøkkenhetter.

Forbrukertester av resirkulerende kjøkkenhetter har indikert at hettens effektivitet til å fange opp fett er enten tilsvarende eller litt lavere sammenlignet med kjøkkenhetter med avtrekk til friluft [56]. Videre antyder forbrukertestene at de fleste av de testede modellene er mindre effektive på å fjerne lukt. Tilsvarende viser resultater av spørreundersøkelser som kartlegger brukernes oppfattelse av kjøkkenhettens ytelse, at brukere opplever resirkulerende kjøkkenhetter som mindre effektive [56]. En annen utfordring ved resirkulerende kjøkkenhetter er at de ikke vil fjerne fukt som genereres i forbindelse med matlaging. En mulig konsekvens av lavere effektivitet på å fjerne lukt, er at det kan bli nødvendig å øke

luftmengden ved forsering eller varighet av forsering av kjøkkenheten. Tilsvarende kan det bli nødvendig å øke grunnavtrekket i kjøkkenet av hensyn til fjerning av fukt som genereres under matlaging. Dersom grunnavtrekket eller forsering må økes, vil det redusere løsningsens potensiale for energibesparelse.

## 2.7 Løsninger for erstatningsluft

I forbindelse med preakseptert ytelse for avtrekk i kjøkken og bad i bolig, står det i veiledningen til TEK § 13-2(4) at også ved forsert ventilasjon må den tilførte luftmengden være lik avtrekksvolumet [8]. Med begrepet erstatningsluft menes at luften som fjernes ved forsering av kjøkkenhette eller avtrekk på bad er erstattet med friskluft [63]. Tradisjonelt har naturlig infiltrasjon gjennom luftlekkasjer i bygningskroppen vært en tilstrekkelig løsning for erstatningsluft [60]. I godt isolerte og lufttette nye bygninger er luftmengden som kan tilføres rommene via utettheter i bygningskroppen svært lav [65]. Dersom avtrekksmengden ved forsering ikke kan kompenseres med en tilsvarende stor mengde friskluft, vil det oppbygges et undertrykk inne i bygningen. Avhengig av bygningens lekkasjetall, samt varighet og luftmengde ved forsering, kan det genereres et undertrykk opp mot 200 pascal [65]. Til sammenligning tilsvarer et differansetrykk på 30 pascal en situasjon hvor barn ikke lenger vil være i stand til å åpne dører [59]. Undertrykk kan dermed utgjøre en sikkerhetsrisiko dersom naturlig infiltrasjon velges som løsning for erstatningsluft. Forbedring av bygningers tetthet gjør det dermed nødvendig med andre løsninger for erstatningsluft for å sikre balanserte luftmengder [60]. Det finnes flere mulige løsninger for erstatningsluft. De ulike løsningene er forbundet med forskjellige fordeler og ulemper, som beskrives videre i de etterfølgende underavsnittene.

### Åpning av vinduer

Åpning av vinduer er en mulig måte å tilføre friskluft til bygningen ved forsering av kjøkken eller bad. Denne løsningen innebærer flere ulemper, som gjør at løsningen anses som mindre gunstig. En ulempe ved løsningen er dårlig komfort om vinteren [65]. Fordi luften ikke forvarmes før den tilføres rommet, kan beboerne oppleve ubehagelig trekk når det er kaldt ute eller i perioder med høy vindhastighet. Videre vil åpning av vinduer i varmesesongen kunne medføre et stort varmetap. Åpne vinduer vil dessuten kunne slippe inn utendørs støy og forurensninger. Videre er man avhengig av at beboerne husker å åpne vinduer ved forsering av kjøkken eller bad for å sikre at det ikke oppbygges et for høyt undertrykk i leiligheten.

### Friskluftventil i yttervegg

En annen enkel løsning for å sikre erstatningsluft ved forsering er å installere en friskluftventil i ytterveggen [59]. Ventilen består av en justerbar klaffventil på innsiden av ytterveggen og en rist på utsiden av ytterveggen. Ulemper som redusert komfort og varmetap i varmesesongen gjelder også for denne løsningen.

### Regulering etter konstant luftmengde

Balanse mellom avtrekk og tilluft kan også sikres ved hjelp av det mekaniske ventilasjonssystemet [57]. En mulighet for anlegg hvor kjøkkenavtrekk går via aggregatet er at ventilasjonsanlegget reguleres for å opprettholde en konstant luftmengde. Ved en slik løsning vil kjøkkenheten ved forsering låne luft fra andre avtrekkspunkter i leiligheten [65]. Dermed er en forøkning av tilluftsmengden ikke nødvendig ved denne løsningen. I sentrale ventilasjonsanlegg bør det sikres at luftfordelingen mellom leilighetene er riktig [62]. Løsningen er dermed ikke anbefalt i sentrale ventilasjonsanlegg.

### Regulering etter konstant trykk

Fordi kjøkkenheter krever store luftmengder vil en reduksjon av andre avtrekkspunkter ikke alltid være tilstrekkelig for å dekke kjøkkenhettens avtrekksbehov i løsninger hvor kjøkkenheter kobles til aggregat [59]. For å oppnå nødvendig luftmengde ved forsering kan det dermed være nødvendig å booste avtrekksviften i aggregatet. Tilsvarende kan det være nødvendig å tilføre ekstra tilluft ved forsering av kjøkkenheten for å unngå problemer med undertrykk [60]. En annen løsning for erstatningsluft er å kompensere med ekstra tilluft ved hjelp av det mekaniske ventilasjonssystemet når kjøkkenheten er i bruk [62]. Dette løses typisk ved å trykkstyre ventilasjonsanlegget. Trykkstyring av en vifte sikrer et bestemt statisk trykk i det punktet i anlegget hvor trykksensoren er plassert [62]. I leilighetsbygg bør reguleringen sikre at beboernes bruk av kjøkkenheter og forsering av bad i minst mulig grad påvirker luftfordelingen mellom leilighetene [62]. Slik regulering er derfor typisk noe mer komplisert i sentrale systemer sammenlignet med desentrale systemer [59].

Ventilasjonsaggregater for individuelle anlegg har som regel tre mulige innstillinger for luftmengde [61]. Den første innstillingen er en minimumsluftmengde for når ingen er hjemme, den andre innstillingen er en luftmengde for normalventilasjon og den siste innstillingen er en luftmengde for forsert ventilasjon. Erstatningsluft kan løses med en trykkvakt i avtrekket fra kjøkkenheten som gir signal til aggregatet om hetten forseres [60]. Når aggregatet mottar signal om at kjøkkenheten er i drift, økes hastigheten på tilluftsviften, slik at mengden friskluft til leiligheten øker.

I sentrale anlegg oppnås trykkstyring typisk ved hjelp av trykksensorer som plasseres i hovedkanalene for tilluft og avtrekk [59]. Når en kjøkkenhette startes opp, vil trykksensoren registrere at det statiske trykket i avtrekkskanalen endres. For å opprettholde et konstant statisk trykk i avtrekkskanalen vil sensoren sende signal via en regulator til avtrekksviften om å øke hastigheten [62]. Når viftepådraget øker, vil avtrekksmengden over kjøkkenheten også øke. Regulering av viftens hastighet kan også påvirke luftmengden ved andre avtrekkspunkter dersom kjøkkenavtrekket føres via aggregatet [65]. For å muliggjøre kompensering av økt avtrekksluftmengde ved forsering, kan det monteres et motorisert ON/OFF spjeld ved én tilluftsentil i hver enkelt leilighet. [59]. Spjeldet på

tilluftssiden vil få signal om å åpne når kjøkkenheten i samme leilighet starter [65]. For å opprettholde konstant trykk vil trykksensoren i tilluftskanalen sende signal til tilluftsviften om å øke hastighet når et spjeld åpner. Dermed vil tilluftsmengden justeres tilsvarende avtrekksmengden.

### VAV-spjeld

VAV-spjeld kan installeres i ventilasjonssystemer for å regulere luftmengdene i anlegget. Et VAV-spjeld kan ved hjelp av en motor variere motstanden i kanalen, og dermed luftmengden, ved å justere spjeldinnstillingen. VAV-spjeldene kan avhengig av deres plassering regulere luftmengder på romnivå eller leilighetsnivå. Bruk av slike spjeld er dermed en mulig metode for å sikre balanserte luftmengder ved forsering av kjøkken eller bad. En fordel ved bruk av VAV-spjeld er at det kan sikres bedre kontroll på luftfordelingen mellom leilighetene i sentrale anlegg. Bruk av VAV-spjeld blir dog typisk ansett som en løsning som er for kostbar og komplisert i leilighetsbygg [21].

## 2.8 Brannsikkerhet

Brannsikkerhet er en faktor som kan spille inn under valg av løsning for kjøkkenavtrekk i leilighetsbygg. I avtrekkskanalene fra kjøkkenheten kan det avsettes fett ved matlaging, som kan antenne, og dermed utgjøre en brannrisiko [62]. Videre kan kanaler som føres gjennom flere leiligheter utgjøre en risiko for spredning av røyk eller brann mellom leilighetene. Forskjellige utforminger av kjøkkenavtrekk kan derfor ha ulik robusthet i forhold til brann, og nødvendige tiltak for å sikre mot brannspredning mellom leilighetene kan variere for løsningene.

TEK17 § 11-10(1) stiller krav til at ventilasjonsanlegget skal utføres slik at det ikke vesentlig øker faren for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg [8]. I veiledningen er det inkludert to preaksepterte ytelser forbundet med avtrekkskanaler fra kjøkken. Den ene preaksepterte ytelsen sier at avtrekk fra komfyr må føres i egen kanal på grunn av fettavsetning fra matos. Den andre ytelsen stiller krav til brannmotstanden av avtrekkskanaler fra kjøkken i boenheter, hvis de ikke ligger i sjakt.

Separate ventilasjonsanlegg i hver branncelle vil typisk innebære mindre prosjektering av brannsikringstiltak enn anlegg som omfatter flere brannceller [66]. Idet hver leilighet utgjør en egen branncelle, betyr det at brannsikring i sentrale ventilasjonsanlegg kan innebære mer prosjektering og flere tiltak enn desentrale anlegg. Velges det en løsning hvor flere kjøkkenheter samles til en felles avtrekkskanal, må det gjennomføres en brannteknisk vurdering som konkluderer med at risiko for spredning av brann og røyk er liten [62]

Kravet til brannmotstand av avtrekkskanaler fra kjøkken som ikke ligger i sjakt kan oppfylles ved å brannisolere ventilasjonskanalen. Uisolerte avtrekkskanaler kan brukes innenfor

den branncellen hvor kjøkkenet inngår, dersom kanalen monteres i en avstand på minst 30 mm fra brennbart materiale [66]. Videre stilles det i forbindelse med uisolerte kanaler over nedfôret himling krav til himlingens brannmotstand, samt fravær av brennbare materialer over himling. Avhengig av bygningens risikoklasse, kan kanalene utføres uten bruk av brann og røykspjeld ved gjennomgang av branncellebegrensende bygningsdeler, dersom bygningen har automatisk sprinkleranlegg [66]. Denne utførelsen er dog et fravik fra veiledningen til § 11-10(1) i TEK17, som medfører at løsningen krever analyse og særskilt dokumentasjon av brannsikkerheten i hvert enkelt prosjekt.

## 2.9 Kunnskapshull i litteraturen

Den undersøkte litteraturen har avdekket at de fleste valg i forbindelse med design av ventilasjonsanlegg er forbundet med både fordeler og ulemper. Fordeler og ulemper av ulike ventilasjonsutforminger, løsninger for kjøkkenavtrekk og varmegjenvinningsteknologier kan ha innvirkning på faktorer som energiforbruk, plassbehov, luftkvalitet, investeringskostnader og driftskostnader. Undersøkelser av nye teknologier er utført i forsøk på å utbedre ulemper som er forbundet med eksisterende teknologier. Gjennomførbarheten og lønnsomheten av disse nye løsningene er mindre tydelig i litteraturen, og ytterligere forskning er anbefalt for at løsningene skal bli kommersielt tilgjengelige. Videre har studiene vist at de ulike faktorene kan avhenge av hverandre, og designvalg som kan forbedre én faktor, kan ha en negativ påvirkning på en annen. Valg av tiltak for å forbedre luftkvaliteten innendørs, slik som en økning av luftmengder, vil eksempelvis kunne ha en negativ innvirkning på energiforbruket.

Det fremgår ikke av litteraturen hvordan ulike styrker og svakheter bør vektlegges i forhold til hverandre. Det er dermed ikke mulig, på bakgrunn av den undersøkte litteraturen, å konkludere med at én bestemt ventilasjonsutforming generelt er best egnet i leilighetsbygg. Hvordan faktorer som energibruk, kostnad og kvalitet av innemiljøet prioriteres i et spesifikt boligprosjekt, kan bli avgjørende for hva som regnes som den best egnede løsningen. Hvilke styrker og svakheter som boligutviklere typisk vektlegger i virkelige boligprosjekter, samt hvilken konsekvens ulike designvalg har for energiforbruk og kostnader, utgjør et kunnskapshull som masteroppgaven kan utfylle.



## 3 Metode

### 3.1 Litteraturstudie

Hensikten med en litteraturstudie er å skaffe oversikt over relevante forskningsartikler om et emne, kartlegge nåværende kunnskap, samt å identifisere eventuelle kunnskapskull i eksisterende litteratur, som igjen kan brukes til å rettferdiggjøre videre forskning [67]. En strukturert søkeprosess og nøye vurdering ved valg av søkemetode er viktig for å sikre et objektivt utvalg av artikler [68]. Det finnes flere mulige søkestrategier som kan brukes for å identifisere relevant litteratur. Én strategi er å gjennomføre systematiske søk i databaser. I denne tilnærmingen medfører de første søkene ofte et stort antall treff, og søket må innsnevres ved å innføre stadig mer presise søkeuttrykk [69]. En annen strategi er "snowballing". I denne tilnærmingen tas det utgangspunkt i et fåtall hovedartikler som er relevante for det undersøkte tema, og nye artikler blir funnet ved å gå gjennom referanselisten til hovedartiklene (backward snowballing), eller ved å identifisere artikler som siterer hovedartiklene (forward snowballing) [70]. I den resterende delen av dette avsnittet, blir den valgte søkemethoden forklart. Deretter presenteres de fem trinnene som gjennomføres i et litteratursøk [71].

#### Valgt søkemetode

På grunn av den begrensede tidsrammen for å gjennomføre litteraturstudien velges "snowballing" som søkestrategi. En fordel med denne tilnærmingen er at det kan settes en maksimumsgrense for antall artikler som skal inkluderes i gjennomgangen. Dessuten er søket begrenset til siterte referanser eller artikler som siterer hovedartiklene. Ved å begrense mengden artikler som inkluderes, kan denne metoden bli mindre tidkrevende sammenlignet med alternative tilnærminger, samtidig som søket kan utføres på en systematisk måte. Ved å kombinere både "backward snowballing" og "forward snowballing" er det mulig å finne artikler som både er nyere og eldre enn hovedartiklene. Hovedutfordringen med tilnærmingen er å velge ut hovedartiklene som skal brukes som utgangspunkt for søkeprosessen. Gode hovedartikler er kjennetegnet ved å være ofte sitert, mangfoldig med hensyn til utgiver, år og forfatter, og de bør inneholde stikkord fra forskningsspørsmålet som skal undersøkes [72].

#### Steg 1 Formuler forskningsspørsmålet

Første steg av litteraturstudien er å formulere forskningsspørsmålet for masteroppgaven. Forskningsspørsmålet benyttes til å velge søkeord, og er dermed bestemmende for hvilken litteratur som er relevant for litteratursøket. Tema for masteroppgaven er ventilasjon i leilighetsbygg. Fra dette emnet er det formulerte hovedspørsmålet for masteroppgaven som følger: "Hva er optimal utforming av ventilasjon i leilighetsbygg med hensyn til teknisk kvalitet, energieffektivitet og levetidskostnad?". Formålet med litteratursøket er dermed å oppnå en oversikt over hvilke ventilasjonsutforminger som kan brukes i leilighetsbygg, samt

hvordan ulike løsninger presterer med hensyn til teknisk kvalitet, energiforbruk og kostnad.

### **Steg 2 Finne nøkkelbegreper og mulige søkeord**

Andre steg i litteraturstudien er å identifisere hvilke nøkkelbegreper forskningsspørsmålet er bygget opp av. Fra disse nøkkelkonseptene, kan viktige søkeord identifiseres. Videre finnes synonymer for søkeordene, for å unngå å ekskludere relevant litteratur på grunn av bruken av alternative begreper. Synonymer brukes altså for å sikre så mange relevante artikler som mulig. Identifiserte nøkkelbegreper fra det ovennevnte forskningsspørsmålet er oppført i en tabell i vedlegg A.1

### **Steg 3 Valg av inklusjonskriterier**

For å kunne begrense søket består det tredje steget av å avgjøre hvilke kriterier artikler må oppfylle for å bli inkludert i litteraturstudien. Disse kriteriene kan omfatte hvilke søkemotorer som brukes, type litteratur, publiseringsdato, språk, tilgang til fulltekst og antall siteringer. Valgte inklusjonskriterier kan ses i en tabell i vedlegg A.2.

### **Steg 4 Litteratursøk og valg av artikler**

Det fjerde steget i litteraturstudien består av å velge hovedartikler basert på de ovennevnte kriteriene. Søkeord velges fra listen over nøkkelbegreper. Søkeordene kombineres ved bruk av boolske operatører, avkortning og frasesøk for å utvide eller begrense søket slik at hovedartiklene kan finnes. Tabellen over søkehistorikken viser de valgte kombinasjonene av søkeord og kan ses i vedlegg A.3. De valgte hovedartiklene er listet i en tabell i vedlegg A.4. Flere artikler finnes ved ”backward snowballing” og ”forward snowballing” fra hovedartiklene. I denne prosessen velges artikler basert på de ovennevnte inklusjonskriteriene inntil maksimalgrensen for antall artikler nås. Under søket ble titler og til tider sammendrag lest for å evaluere artiklenes relevans i forhold til nøkkelbegrepene. På grunn av den begrensede tidsrammen for å gjennomføre litteraturstudien, ble maksimalgrensen for antall artikler satt til 50. Artikler funnet under søkeprosessen er samlet i en litteraturoversikt, som kan ses i vedlegg A.5.

### **Steg 5 Gjennomgang av valgte artikler og innhenting av data**

I det siste steget samles de valgte artiklene i en matrise for litteraturstudien. Etter å ha lest en artikkel noteres forfatterens nøkkelbegreper, metode for datainnsamling, viktige funn og anbefalt videre forskning i matrisen. Annen relevant informasjon, slik som hovedtema, lokasjon eller klima noteres også i matrisen i en kolonne med tittelen ”annet”. Denne tabellen kan ses i vedlegg A.6. Den innsamlede informasjonen blir deretter behandlet ved å omorganisere tabellen. Ulike teknikker kan brukes i forsøk på å identifisere mønstre, kunnskapshull eller motsetninger i litteraturen. Metoden som ble brukt i denne litteraturstudien var en omorganisering av artikler basert på hvilket tema de hovedsakelig dekker. En forkortet versjon av den omorganiserte matrisen for litteraturstudien kan ses i vedlegg A.7.

## 3.2 Kartlegging

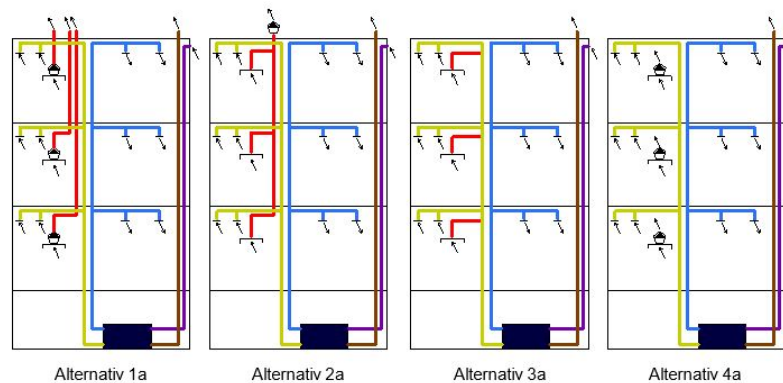
### Alternative ventilasjonsløsninger

For å kartlegge hvilke ventilasjonsutforminger som brukes i norske leilighetsbygg, oppstilles det på bakgrunn av litteraturstudien åtte alternative løsninger. Forskjellen mellom de åtte alternativene er hvilken løsning som benyttes for kjøkkenavtrekk, samt om løsningen er sentral eller desentral. Fordi det i oppgaven fokuseres på nybygg, er det valgt å ikke inkludere et alternativ med romventilatorer. Dette fordi artikler funnet i litteraturstudien indikerer at romventilatorer er mest relevant i rehabiliteringsprosjekter.

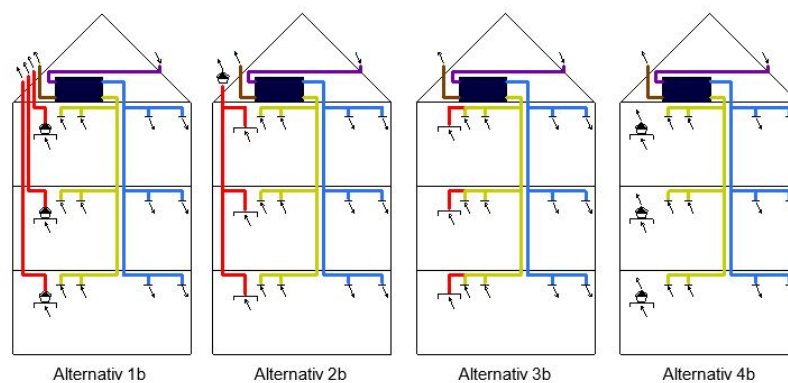
#### Sentrale løsninger

Fire av de oppstilte alternativene er sentrale løsninger. Forskjellen mellom de fire alternativene er hvilken løsning som benyttes for kjøkkenavtrekk. Hvert alternativ er inndelt i to mulige utforminger, hvor alternativ a og b indikerer om aggregatet er plassert henholdsvis i kjeller eller på tak. Alternativer med aggregatplassering i kjeller er illustrert på figur 7 og aggregatplassering på tak er ses på figur 8.

- Alternativ 1: Det benyttes kjøkkenhetter med integrert vifte og det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet.
- Alternativ 2: Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak og det benyttes en felles trykkstyrt vifte.
- Alternativ 3: Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene og går via aggregat.
- Alternativ 4: Det benyttes resirkulerende kjøkkenhetter med kullfilter.



Figur 7: Sentrale design - aggregatplassering kjeller

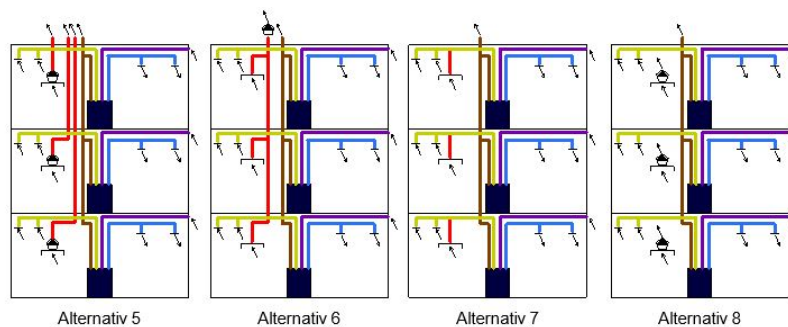


Figur 8: Sentrale design - aggregatplassering tak

### Desentrale løsninger

Fire av de oppstilte alternativene er desentrale løsninger. Forskjellen mellom de fire alternativene er hvilken løsning som benyttes for kjøkkenavtrekk. De forskjellige desentrale alternativene er illustrert på figur 9.

- Alternativ 5: Det benyttes kjøkkenhetter med integrert vifte og det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet.
- Alternativ 6: Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak og det benyttes en felles trykkstyrt vifte.
- Alternativ 7: Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene og går via aggregat.
- Alternativ 8: Det benyttes resirkulerende kjøkkenhetter med kullfilter.



Figur 9: Desentrale design

### **Kartlegging overordnet**

For å innhente meninger og erfaringer om ventilasjonsløsninger i leilighetsbygg, gjennomføres intervjuer med forskjellige aktører tilknyttet boligbyggebransjen og ventilasjonsbransjen. Det velges å undersøke synspunktene til flere aktører, for å skape et helhetlig bilde av de forskjellige løsningene. Dette fordi vektlegging av fordeler og ulemper som er

forbundet med ulike løsninger, kan variere mellom aktørene.

Fordi ulike aktører vil ha forskjellig faglig kompetanse og erfaringer knyttet til ventilasjonsløsninger i leilighetsbygg, anses det hensiktsmessig å tilpasse spørsmålene til personen som intervjues. Aktørene inndeles dermed i to intervjugrupper, slik at spørsmål kan utarbeides med hensyn til gruppens kompetanseområde. Den første intervjugruppen består av representanter fra boligbyggelag og boligutviklere. Den andre intervjugruppen består av personer som representerer aggregatleverandører, prosjekterende VVS-ingeniører samt entreprenører. Hvordan intervju spørsmålene er justert for hver enkelt gruppe, er beskrevet ytterligere i etterfølgende underavsnitt.

I forkant av intervjuene utarbeides en intervjuguide i form av et spørreskjema. Intervju spørsmålene er i hovedsak formulert uten forhåndsdefinerte svaralternativer, slik at intervjuobjektene skal ha mulighet til å svare så åpent som mulig. Dette er valgt blant annet for å sikre at eventuelle fordeler og ulemper for ulike løsninger som ikke er identifisert i litteraturstudien, også kan inkluderes i intervjuene.

Intervjuene utføres fortrinnsvis i form av individuelle møter over Teams. Spørreskjema brukes under intervjuene for å sikre at de samme planlagte spørsmålene stilles til alle intervjuobjektene. Dessuten brukes spørreskjema under intervjuene til å notere intervjuobjektens svar. Under intervjuene deles skjerm, slik at intervjuobjektet kan se spørsmål og tilhørende illustrasjoner, samt følge med på hva som noteres når de svarer på spørsmål. Møter over Teams foretrekkes, idet denne intervjuformen gjør det mulig stille oppfølgingsspørsmål og utdype spørsmålene ved behov. Spørreskjemaene er dog utarbeidet slik at de kan sendes til intervjuobjekter på e-post for besvarelse, dersom det ikke er mulig å gjennomføre intervjuet i form av et møte.

Av hensyn til personvern er intervjuobjektene anonymisert i masteroppgaven. Anonymisering vil kunne bidra til at intervjukandidatene kan svare fritt under intervjuene. Dette fordi det kan unngås at besvarelsen eventuelt begrenses fordi innholdet kan knyttes til personens arbeidsgiver. I forbindelse med de enkelte intervjuobjektens svar vil kun aktørtype og hvilken intervjugruppe personen tilhører bli oppgitt. Dette gjøres for å muliggjøre sammenligning av svar innenfor samme intervjugruppe, samt for å kunne vurdere forskjeller og likheter mellom svar fra forskjellige intervjugrupper.

### **Boligbyggelag/boligutviklere**

I intervjugruppe 1 for boligbyggelag og boligutviklere er intervjuobjektene personer som har erfaring med hvilke ventilasjonsløsninger som velges i leilighetsbygg. Representanter fra boligbyggelag intervjues dermed med henblikk på å undersøke i hvilket omfang ulike ventilasjonsløsninger benyttes i virkelige boligprosjekter. Formålet med intervjuene er dessuten å kartlegge hvilke fordeler og ulemper som forbindes med de forskjellige løsningene.

Videre kan representanter fra boligbyggelag intervjues om hvilke egenskaper for ventilasjonsløsningen som de anser som spesielt viktige. Intervjuene kan dermed gi en indikasjon på hvordan fordeler og ulemper ved forskjellige ventilasjonsløsninger i leilighetsbygg vektet. Spørreskjema som benyttes for intervjugruppen består av 10 spørsmål tilknyttet de ovennevnte temaene som kan ses i vedlegg B.1.

### **Aggregatleverandører/prosjekterende ingeniører/entreprenører**

Intervjugruppe 2 for aggregatleverandører, VVS-ingeniører og entreprenører består av personer med relevant utdannelse knyttet til fagområdet ventilasjon, og med kompetanse og erfaring med planlegging og prosjektering av ventilasjonsanlegg. Av denne grunn får denne intervjugruppen flere ventilasjonstekniske og faglige spørsmål sammenlignet med den andre gruppen. Formålet med intervjuene er å kartlegge i hvilket omfang ulike ventilasjonsløsninger benyttes i virkelige boligprosjekter, samt hvilke fordeler og ulemper som forbindes med de forskjellige løsningene. Intervjugruppen kan dermed bidra til å belyse hvilke egenskaper for ulike ventilasjonsløsninger som bli avgjørende for valg av løsning i et boligprosjekt. Videre stilles spørsmål som har til formål å bistå i vurderingen av hvilke utforminger som bør undersøkes videre, samt hvilke forutsetninger som skal brukes i de etterfølgende analysene av energi og økonomi. Intervjuguiden som benyttes til denne intervjugruppen består av 12 spørsmål som kan ses i vedlegg B.2.

### **Brannrådgiver**

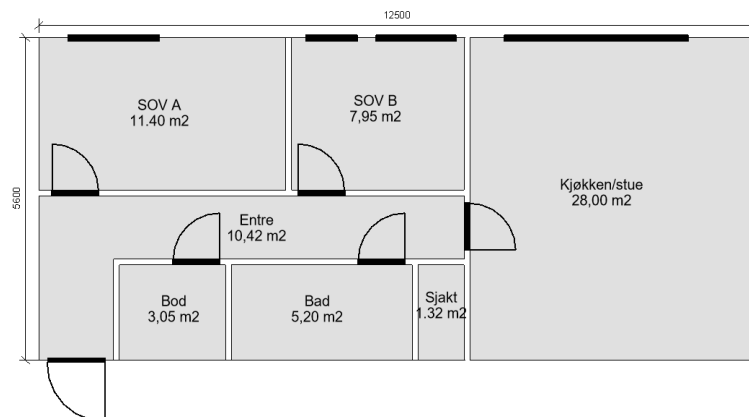
For de forskjellige ventilasjonsløsningene som undersøkes, vil noen kanskje kreve flere brannsikringstiltak enn andre. Tiltak som brannisolering av kanaler og bruk av brannspjeld vil utgjøre en kostnad som bør medregnes i den etterfølgende analysen av økonomi. Dessuten vil nødvendig sjaktareal avhenge av om kanaler må isoleres eller ikke. For å avdekke hvilke brannsikringstiltak som anses nødvendige for forskjellige ventilasjonsutforminger, gjennomføres en samtale med en brannrådgiver. I forkant av samtalen sendes beskrivelse og illustrasjoner av de ulike alternativene til brannrådgiveren. Denne beskrivelsen kan ses i vedlegg B.4. Samtalen med brannrådgiver gjennomføres etter intervjuene med intervjugruppe 1 og 2 er fullført. I beskrivelsen til brannrådgiver er illustrasjonene derfor korrigert for å representere hvordan løsningene typisk utformes ifølge intervjukandidatene. I alternativ 3 er utformingen justert ved at kjøkkenavtrekk påkobles øvrig avtrekk i sjakt fremfor i leilighet. I alternativ 7 er kjøkkenavtrekk ført separat mellom kjøkkenhette og aggregat fremfor å påkobles øvrig avtrekk i leiligheten. I forkant av samtalen sender brannrådgiver sine generelle kommentarer til de ulike ventilasjonsutformingene. Under samtalen diskuteres hvilke tiltak som anses nødvendig for de ulike løsningene, og brannrådgiver svarer på oppfølgingsspørsmål til de generelle kommentarene.

### 3.3 Energisimuleringer

#### Caseleilighet

I forbindelse med kartlegging, energiberegning og økonomiberegning i masterprosjektet, tas det utgangspunkt i en caseleilighet. Det tas utgangspunkt i en 3-roms leilighet på  $69 \text{ m}^2$ . I henhold til boligstatistikk for 2020 fra Statistisk sentralbyrå, er 3-roms leiligheter den vanligste leilighetstypen i boligblokker i Oslo [73]. Videre er det vanligste bruksarealet for leiligheter i boligblokker i Oslo  $60\text{-}79 \text{ m}^2$ , i henhold til Statistisk sentralbyrås boligstatistikk for 2020 [74]. Det antas dermed at caseleiligheten representerer et typisk eksempel på leiligheter som bygges i Oslo i dag.

Caseleilighetens forutsatte planløsning er illustrert på figur 10 under. Her kan det ses at leiligheten er en ensidig leilighet, med to soverom samt felles kjøkken og stue. Videre ses at stuen ikke er et gjennomgangsrom, idet alle rom har tilgang fra entreen. Faktorer som dagslystilgang, sjaktareal og støy ligger til grunn for den antatte planløsningen. Av hensyn til dagslys, er oppholdsrom som stue og soverom plassert langs ytterveggen. Leilighetens bad er plassert slik at sjakten kan plasseres mellom bad og kjøkken. Dette er valgt fordi det antas at separate sjakter for bad og kjøkken vil oppta et større areal enn én felles sjakt for alle tekniske føringsveier. Leilighetens bod er plassert slik at den ikke ligger i nærheten av oppholdsrom. Dette er valgt med tanke på de desentrale alternativene som undersøkes i masteroppgaven, hvor aggregatet typisk plasseres i bod. Av hensyn til støy, bør teknisk rom ikke plasseres vegg i vegg med soverom [58].



Figur 10: Planløsning caseleilighet

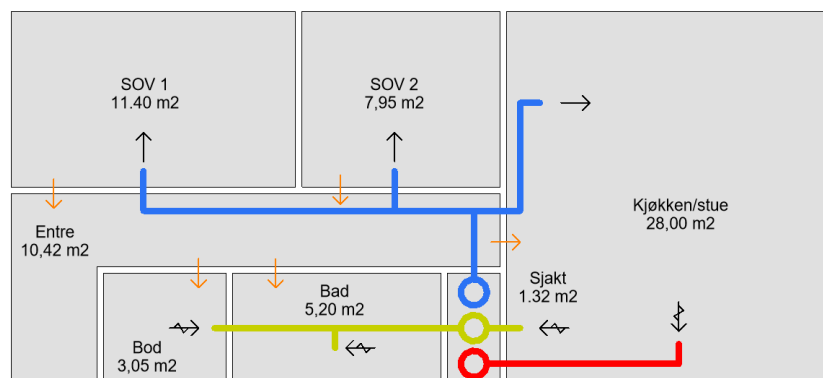
#### Casebygning

I forbindelse med kartlegging, energiberegning og økonomiberegning i masterprosjektet, tas det utgangspunkt i en casebygning. Det antas at casebygningen består av 7 etasjer med 7 leiligheter per etasje. Totalt er det dermed 49 leiligheter i leilighetsbygget, og samlet bruksareal for leilighetene i boligblokken er ca.  $3\,381 \text{ m}^2$ . I henhold til boligstatistikk for

2020 fra Statistisk sentralbyrå, er 5-9 etasjer typisk for leilighetsbygg i Oslo [75]. OBOS sitt pågående boligprosjekt Løren Botaniske brukes som grunnlag for antagelser som gjøres for casebygningen. På Oslo kommune sine hjemmesider, er saksdokumenter med informasjon om boligprosjektet tilgjengelig [76]. Løren Botaniske består av 2 boligblokker, begge på 7 etasjer. Leilighetsblokkene rommer henholdsvis 42 og 49 leiligheter. Ut fra plantegninger er det funnet at totalt bruksareal av leiligheter er ca.  $3\,520\text{ m}^2$  og  $3\,052\text{ m}^2$  i de to blokkene. Idet det forutsettes at Løren Botaniske er et typisk OBOS boligprosjekt, antas det at også casebygningen representerer et typisk eksempel på leilighetsbygg som bygges i Oslo i dag.

### Ventilasjon i leilighet

For ventilasjon i boliger er grunnprinsippet at luften skal bevege seg fra de minst forurensede rommene og til de mer forurensede rommene. Videre gjelder det at friskluften bør tilføres i rom med størst krav til ren og luktfri luft, og trekkes ut i rom med mest luftforurensning [58]. Tilluftsventilene plasseres dermed typisk i oppholdsrom som soverom og stue, mens avtrekksventilene plasseres i kjøkken og bad. For å tillate luftbevegelse mellom rom hvor luften tilføres og rom hvor luften fjernes må det være overstrømningsventiler eller andre åpninger f.eks. over og under dører mellom rommene [62]. Med begrepet overstrømning menes at friskluften kan bli nyttiggjort i flere rom på veien mellom tilluft- og avtrekkspunkter. Hvilke rom som kan ventileres ved overstrømning kan avhenge av leilighetens planløsning. I caseleiligheten kan entreen ventileres ved overstrømning fordi den er plassert vegg i vegg med både rom som forsynes med friskluft og rom hvor luften fjernes. I boden er det derimot nødvendig å plassere et avtrekkspunkt for å ventilere rommet, idet det ikke tilføres friskluft i noen av bodens naborom. Tilluft- og avtrekkspunkter som antas for caseleiligheten er illustrert på figur 11.



Figur 11: Ventilasjonsprinsipp caseleilighet

### IDA ICE

Til å estimere virkelig energibehov for de forskjellige ventilasjonsløsningene er det valgt å benytte simuleringsverktøyet IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) [77]. IDA ICE er et detaljert dynamisk simuleringsverktøy som kan benyttes til å undersøke termisk

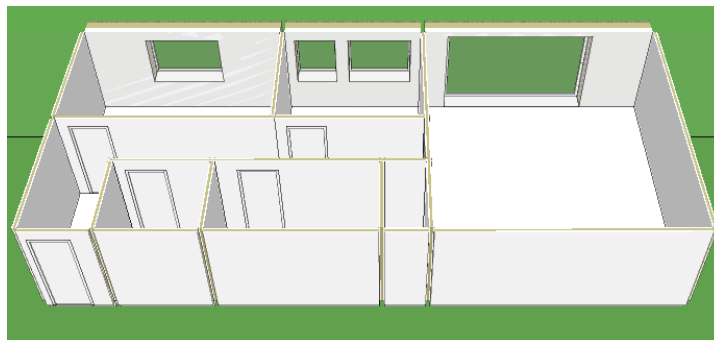


inneklimate og energiforbruk i bygninger. Det er valgt å benytte IDA ICE på grunn av verktøyets store brukerfrihet i forbindelse med valg av inndata i bygningsmodellen. Mulighet for definering av flere ventilasjonsaggregater, styring på aggregatnivå samt luftmengder på sonenivå, gjør at bygningsmodeller som representerer de ulike ventilasjonsalternativene kan oppbygges. Ved å ta utgangspunkt i en forhåndsdefinert sone, kan inndata enkelt korrigeres til å tilsvare casebygningen og de ulike ventilasjonsløsningene ved hjelp av verktøyets forskjellige menyer. Inndata for bygningsparametere, interne varmebelastninger, varmeanlegg og ventilasjonsanlegg, kan justeres til realistiske verdier slik at simulering vil gi et estimat av bygningens virkelige energibehov.

I IDA ICE blir sonene modellert i 3D, idet sonenes høyde og plassering i forhold til hverandre kan defineres. Verktøyet registrerer automatisk soner som er plassert i nærheten av hverandre, og tar hensyn til varmetransport gjennom vegger, gulv og himling mellom tilstøtende soner. Tilsvarende registrerer programmet automatisk overflater i nærheten av den definerte klimaskjermen, og tar hensyn til varmetap gjennom yttervegger, vinduer, gulv mot grunn og tak. Overflater som ikke er i nærheten av andre soner eller klimaskjerm regnes derimot som adiabatisk. Videre vil plassering av dører mellom tilstøtende soner tillate simulering av lufttransport mellom sonene.

### Bygningsmodell

I IDA ICE bygges en modell for caseleiligheten opp ved at hvert enkelt rom modelleres som en egen sone. Først modelleres alle sonene i én leilighet. Rommenes, samt vinduer og dørers størrelse og plassering, tegnes i planvisningen i samsvar med caseleiligheten. Forutsatte rom- og vindusdimensjoner kan ses i vedlegg C.2. Illustrasjon av caseleiligheten kan ses på figur 12. Den modellerte leiligheten kan kopieres og deretter roteres til andre orienteringer, samt kopieres til flere etasjer.

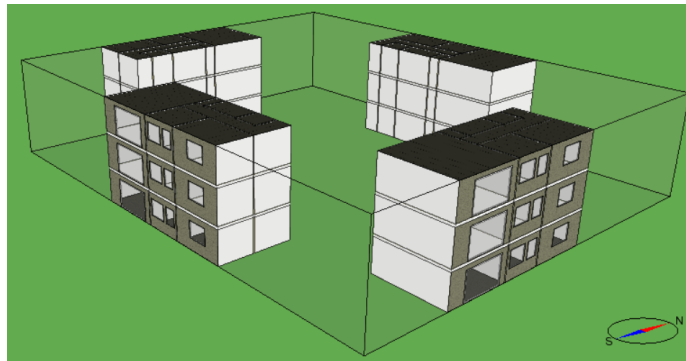


Figur 12: Simuleringsmodell caseleilighet

### Forenklinger

I IDA ICE er simuleringstiden avhengig av antall soner som skal simuleres. Jo flere soner modellen inneholder, jo lenger blir simuleringstiden. Casebygningen inneholder dog

mange soner som er nesten identiske. I denne forbindelse har IDA ICE en sonemultipliseringsfunksjon, som kan brukes for å simulere soner som er tilnærmet identiske. Å benytte multipliseringsfunksjonen kan forkorte simuleringstiden betraktelig, uten at resultatene nødvendigvis vil avvike mye fra en modell hvor alle soner modelleres. Forutsetningen for at bruk av multipliseringsfunksjonen ikke skal påvirke resultatene, er at sonene er tilstrekkelig like. Soner bør kun multipliseres dersom de har samme størrelse, samme orientering, samme interne varmebelastninger og samme luftmengder. Det velges derfor å simulere 3 etasjer, henholdsvis én etasje på grunn, én etasje i midten av bygningen og én toppetasje. I hver etasje modelleres 4 leiligheter, henholdsvis én med fasadeorientering mot nord, én med orientering mot sør, én med orientering mot øst og én med orientering mot vest. Det blir dermed totalt modellert 12 forskjellige leiligheter. De 12 forskjellige leilighetene som simuleres i IDA ICE er illustrert på figur 13 under.



Figur 13: Simuleringsmodell casebygning

Casebygningen har 7 etasjer og hver etasje består av 7 leiligheter. For å oppnå totalt 49 leiligheter i bygningsmodellen, er sonene i de modellerte leilighetene ganget opp ved hjelp av sonemultipliseringsfunksjonen. Antatt multipliseringsfaktor for de ulike leilighetstypene kan ses i en tabell i vedlegg C.1.

### Generelle forutsetninger

For interne varmebelastninger fra personer, utstyr og belysning, samt energiforbruk til varmt tappevann tas det utgangspunkt i verdier oppgitt for en normert beregning av boligblokker i SN-NSPEK 3031 [78]. I IDA ICE må bygningskonstruksjonene oppbygges ved å velge materialtyper og materialtykkelser. I simuleringene antas konstruksjonsoppbygninger slik at de bygningsfysiske parameterne tilsvarer kravene i listen over energiltak for boligblokker i TEK17 § 14-2(2) [8]. De generelle forutsetningene som er antatt for bygningsfysikk, interne varmebelastninger samt forbruk av varmt tappevann kan ses i vedlegg C.2.

I simuleringene benyttes en klimadatafil for Oslo (Blindern). Klimadatafilen er generert av programmet EPW-Gen utviklet av Peter G. Schild i SINTEF, og er basert på målinger

gjennomført over 23 år fra 1992 til 2014. Soldata er basert på målinger gjennomført i Ås hentet fra FagKlim-lab ved NMBU og Bioforsk AgroMetBase, mens resterende inndata er basert på målinger fra Blindern hentet fra av Metrologisk Instituttets wsKlima.

### Krav og anbefalinger til ventilasjonsanlegg

TEK17 § 13-2(1) stiller krav om minimum gjennomsnittlig frisklufttilførsel på  $1,2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  når boenheten er bebodd [8]. For caseleiligheten på  $69 \text{ m}^2$  tilsvarer dette en minimumsluftmengde på  $84 \text{ m}^3/\text{h}$ . Videre stilles det i § 13-2(2) krav om minimum frisklufttilførsel på  $26 \text{ m}^3/\text{h}$  per sengeplass i soverom når rommet er i bruk. I veiledningen til § 13-2(4) oppgis preaksepterte avtrekksluftmengder i kjøkken og bad ved både grunnventilasjon og forsert ventilasjon. Disse er gjengitt i tabell 3. Dersom tiltakslista i TEK17 § 14-2(2) benyttes for å dokumentere kravet til energieffektivitet, stilles det videre krav til en årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget på minimum 80 %, samt en spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegget (SFP) på maksimum  $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ .

Tabell 3: Preaksepterte avtrekksluftmengder [8]

Rom	Grunnventilasjon	Forsert ventilasjon
	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$
Kjøkken	36	108
Bad	54	108

I SINTEF Byggforsk sin anvisning for ventilasjon i boliger anbefales en høyere forsert avtrekksluftmengde i kjøkken enn preakseptert ytelse i forskriften for å oppnå tilfredsstillende oppfangning av os [58]. Anvisningen angir ikke hvor stor økning av luftmengden som er anbefalt. I beregningseksempler forutsettes det i anvisningen at kjøkkenheten ved forsering skal øke avtrekksluftmengden med  $250 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### Simuleringsmodeller

Det lages en simuleringsmodell for hver av de 8 alternative ventilasjonsutformingene som undersøkes i oppgaven. Det lages flere modeller for den vanligste sentrale (alternativ 3) og desentrale (alternativ 7) løsningen. En oversikt over alle simuleringsmodeller kan ses i tabell 4.

Modell 3.1 representerer en grunnmodell for ventilasjonsalternativ 3. I denne modellen forutsettes det valg av motstrømsgjenvinner, etter anbefaling av flertallet av intervjuandidatene. Hensikten med modell 3.2 er å undersøke forskjellen i energiforbruk dersom det i stedet velges en roterende varmegjenvinner. I modell 3.3 simuleres det kun med forsering på bad, mens det i modell 3.5 kun simuleres med grunnventilasjon. I beregninger av energiforbruk i boliger pleier man ikke å ta hensyn til forsering. Hensikten med modell 3.3 og 3.5 er dermed å undersøke hvor stort energiforbruk man ser bort fra når forsering ikke inkluderes i beregningen. I modell 3.4 simuleres det med en detaljert tidsstyring

for forsering. I alle de andre modellene benyttes det en forenklet tidsstyring. Disse tidsstyringene er beskrevet videre i et etterfølgende avsnitt. Hensikten med modell 3.4 er å undersøke om tidsstyringen kan forenkles, uten at dette får stor innvirkning på resultatet av energisimuleringen.

Tabell 4: Oversikt simuleringsmodeller

Alternativ	Utforming	Beskrivelse utforming	Modell	Beskrivelse modell
1	Sentral	Separat kjøkkenavtrekk fra hver leilighet til tak	1	Motstrømsgjenvinner
2	Sentral	Kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak	2	Motstrømsgjenvinner
3	Sentral	Kjøkkenavtrekk via aggregat	3.1	Motstrømsgjenvinner
			3.2	Roterende gjenvinner
			3.3	Mostrømsgjenvinner. Kun forsering bad
			3.4	Motstrømsgjenvinner. Detaljert scedule forsering
			3.5	Motstrømsgjenvinner. Kun grunnventilasjon
4	Sentral	Resirkulerende kjøkkenhetter	4	Motstrømsgjenvinner
5	Desentral	Separat kjøkkenavtrekk fra hver leilighet til tak	5	Roterende gjenvinner
6	Desentral	Kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak	6	Roterende gjenvinner
7	Desentral	Kjøkkenavtrekk via aggregat	7.1	Roterende gjenvinner Kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner.
			7.2	Roterende gjenvinner. Kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner. Luftmengde iht. kandidat 16
			7.3	Roterende gjenvinner Kjøkkenavtrekk kobles på før gjenvinner.
8	Desentral	Resirkulerende kjøkkenhetter	8	Roterende gjenvinner

Modell 7.1 representerer en grunnmodell for ventilasjonsalternativ 7. I modellen antas det at kjøkkenavtrekk påkobles etter varmegjenvinneren i aggregatet. Dette er, i henhold til intervjukandidatene, den vanligste utformingen ved valg av ventilasjonsalternativ 7. I modell 7.3 gjøres det en simulering for en løsning hvor kjøkkenavtrekk tilkobles før gjenvinneren. Hensikten med denne modellen er dermed å undersøke hvor mye energi som går tapt når det velges å ikke gjenvinne avtrekksluft fra kjøkkenhettene. I modell 7.2 antas en luftmengde ved forsering som beskrevet av kandidat 16 under intervju. I denne modellen antas at aggregatet har kapasitet til å forsere luftmengden for grunnventilasjon pluss 20

%. Ved forsering av kjøkken vil kjøkkenheten dermed låne luft fra andre avtrekkspunkter. Hensikten med denne modellen er å undersøke hvor mye energi som kan spares ved denne løsningen, sammenlignet med en løsning hvor avtrekksluft ved forsering av kjøkken kommer i tillegg til grunnventilasjonen.

### Forutsetninger ventilasjon

En forutsetning for estimering av reelt energibehov er at det benyttes realistiske inndata i simuleringen. I dette avsnittet presenteres hvilke inndata som benyttes for ventilasjonsanlegget i simuleringene.

#### Valgt luftmengde

Tabell 5 illustrerer luftmengder per leilighet som er antatt i simuleringer. For grunnventilasjon antas det to sengeplasser i soverom A og én sengeplass i soverom B. I boden er avtrekksmengden valgt tilsvarende det laveste reguleringsområde for minste dimensjon av en DSO avtrekksventil [79]. Dette er valgt fordi luftmengden beregnet ved hjelp av gulvarealet etter TEK17 § 13-2(1) blir langt lavere enn den minste luftmengden en avtrekksventil klarer å regulere ned til. Avtrekksluftmengden blir dimensjonerende i caseleiligheten. Tilluftsmengden i kjøkken/stue er dermed valgt for å balansere tilluft og avtrekk i leiligheten. Fordi flertallet av boligutviklere og boligbyggelag som er intervjuet forteller at de ikke stiller spesifikke krav til friskluft i stue, er det i oppgaven valgt å ikke øke friskluftmengden i stuen. Det ses dog av tabellen at når det sammenlignes med kravet til friskluft per sengeplass i soverom, er tilført friskluft i stuen kun tilpasset til å dekke litt over behovet til én person. En luftmengde på  $110 \text{ m}^3/\text{h}$  ved grunnventilasjon benyttes i samtlige simuleringermodeller.

I modeller for alternativer med resirkulerende kjøkkenheter (alternativ 4 og 8) trenger aggregatet kun å ha kapasitet til forsering på bad. Under kolonnen ”forsert ventilasjon 2” i tabell 5 ses det at luftmengden for leiligheten er  $164 \text{ m}^3/\text{h}$  når det kun forseres på bad.

I modell 7.2 antas det at aggregatet dimensjoneres med 20 % ekstra kapasitet til forsering. Ved forsering av kjøkken, vil det lånes luft fra andre avtrekkspunkter i leiligheten. Under kolonnen ”forsert ventilasjon 3” i tabell 5 ses det at luftmengden i leiligheten ved denne løsningen er  $132 \text{ m}^3/\text{h}$  ved forsering.

I resterende modeller antas det at aggregatet skal ha kapasitet til den forserte luftmengden for kjøkkenheter som antas i beregningseksempler i SINTEF Byggforsk sin anvisning for boliger. Det er altså valgt å anta en høyere forsert avtrekksmengde for kjøkkenhette enn preakseptert ytelse i forskriften. Valg av en høyere avtrekksmengde begrunnes med at mange av kandidatene i intervjuene forteller at de enten anbefaler eller stiller krav til dette for å unngå klager fra beboere. Det antas ikke samtidig forsering av kjøkken og bad. Under kolonnen ”forsert ventilasjon 1” i tabell 5 ses det at luftmengden i leiligheten dermed er

$360 \text{ m}^3/\text{h}$  ved forsering. For samtlige modeller antas det at luftmengdene også balanseres ved forsering. Det antas altså at tilluftsviften vil følge etter når avtrekksviften girer opp.

Tabell 5: Forutsatte luftmengder i simuleringer

Rom	Grunnventilasjon		Forsert ventilasjon 1		Forsert ventilasjon 2		Forsert ventilasjon 3	
	Tilluft	Avtrekk	Tilluft	Avtrekk	Tilluft	Avtrekk	Tilluft	Avtrekk
	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$
Stue/kjøkken	32	36		36+250		36		132
Sov 1	52	0						
Sov 2	26	0						
Bad	0	54		54		108		
Bod	0	20		20		20		
SUM	110	110	360	360	164	164	132	132

For å tillate overstrømning mellom rommene i leiligheten må det i IDA ICE oppgis et overstrømningsareal for dører mellom sonene. Det er forutsatt et overstrømningsareal på  $240 \text{ cm}^2$  for alle dører, som tilsvarer anbefalt størrelse ved en luftmengde på  $108 \text{ m}^3/\text{h}$  [80].

#### Forenklet tidsstyrt forsering

I simuleringmodellene må det forutsettes en varighet for forseringen av kjøkken og bad. I forbindelse med preaksepterte ytelser for forsert avtrekk er det i veiledningen til TEK17 ikke inkludert noen krav for varigheten av forsering. Dette er heller ikke nevnt i anvisningene fra SINTEF byggforsk eller SN-NSPEK 3031 som er brukt i forbindelse med oppgaven. En sannsynlig årsak til dette er at man i energiberegninger av boligbygg ikke tar hensyn til forsering.

Identifiserte forskningsartikler som har studert bruken av kjøkkenhetter i boliger, indikerer at beboerne i de undersøkte boligene av ulike årsaker ofte ikke bruker kjøkkenheten under matlaging ([81], [82], [83]). Det vurderes derfor lite hensiktsmessig å anvende statistikk for kjøkkenhettebruk fra disse studiene. I stedet tas det derfor utgangspunkt i statistikk for matlaging. Studier gjennomført i USA har funnet en varighet på 10-30 minutter og en hyppighet på 5-14 ganger i uken for bruk av stekeplate ved matlaging ([84], [82]). Videre har studier gjennomført i USA og Canada funnet at gjennomsnittlig daglig tidsbruk på matlaging er 40 minutter [81], mens 18 minutter brukes på middagsmåltidet [83]. Matlagingsvaner kan dog variere mellom Norge og landene hvor disse studiene er gjennomført. En studie gjennomført i Danmark har funnet at tidsbruk på matlaging og oppvask er 36-43 minutter daglig [85]. I energirammeberegninger i Danmark antas det forsering av kjøkken og bad i 2 % av tiden, hvilket tilsvarer ca. 30 minutter om dagen [86]. Statistikk fra Statistisk sentralbyrå viser at nordmenn i gjennomsnitt brukte 33 minutter på matlaging om dagen i 2010 [87]. Mellom 2000 og 2010 var det kun en endring på 2 minutter i den gjennomsnittlige tiden for matlaging. Det antas derfor at gjennomsnittlig varighet av matlaging i 2021 ikke har endret seg mye fra 2010. På bakgrunn av den ovennevnte statistikken velges det i oppgaven å anta at forsering av kjøkken vil ha en varighet på 30

minutter per dag. Det er ikke nødvendig å bruke kjøkkenhette ved tilberedning av alle typer matretter. 30 minutter anses derfor som er realistisk overslag for varigheten.

En forskningsstudie gjennomført i USA har funnet at gjennomsnittlig varighet og hyppighet for dusjing er henholdsvis 7,7 minutter per dusj og 0,98 dusjer per dag [88]. En annen studie gjennomført i Australia har funnet gjennomsnittlig dusjvarighet til 5,4-7,2 minutter per dusj [89]. En undersøkelse gjennomført i Storbritannia og Irland har funnet en gjennomsnittlig dusjvarighet på 8 minutter [90]. Dusjvaner kan variere mellom Norge og landene hvor disse studiene er gjennomført. En meningsmåling gjennomført av Ipsos Norm på oppdrag fra GROHE har undersøkt hvor ofte og hvor lenge nordmenn typisk dusjer [91]. I meningsmålingen er en hyppighet på én gang om dagen (37 %) og en varighet på 3-5 minutter (35 %) svaralternativene med flest stemmer. Det er dog ikke tilstrekkelig at ventilasjonen på bad kun forseres mens beboeren dusjer. En studie gjennomført på Grønland har funnet at avtrekksluften på bad må forseres i minimum 27 minutter for at luftfuktigheten skal nå et akseptabelt nivå [92]. En masteroppgave fra NTNU indikerer tilsvarende at det i forbindelse med en 5 minutters dusj er nødvendig med forsering av avtrekk på bad i minimum 30 minutter for at relativ fuktighet skal reduseres tilstrekkelig [93]. I masteroppgaven er det gjennomført forsøk med en forutsatt en luftmengde på  $108 \text{ m}^3/\text{h}$ , tilsvarende preakseptert ytelse for forsert avtrekksmengde på bad i TEK17. En bacheloroppgave fra OsloMet har undersøkt en løsning med en konstant avtrekksmengde på  $20 \text{ l/s}$  på bad [94]. I oppgaven konkluderes det at løsningen gir bedre uttørking av bad, enn en løsning med grunnventilasjon på  $15 \text{ l/s}$  og forsering  $30 \text{ l/s}$ , som beskrevet i veiledningen til TEK17. Det er i bacheloroppgaven forutsatt en varighet for forsering på 30 minutter. Videre viser statistikk fra Statistisk sentralbyrå at gjennomsnittlig antall beboere per husholdning i Oslo i 2020 er 1,97 personer [95]. På landsbasis viser statistikk at gjennomsnittlig antall bosatte per bolig i boligblokker i 2011 var 1,6 beboere [96]. På bakgrunn av den ovennevnte statistikken velges det i oppgaven å anta at det bor to personer i leiligheten, som begge tar én dusj om dagen. Det antas at en av personene dusjer om morgenen, mens den andre dusjer om kvelden. Videre forutsettes det forsering av avtrekk på bad i 30 minutter når en beboer dusjer.

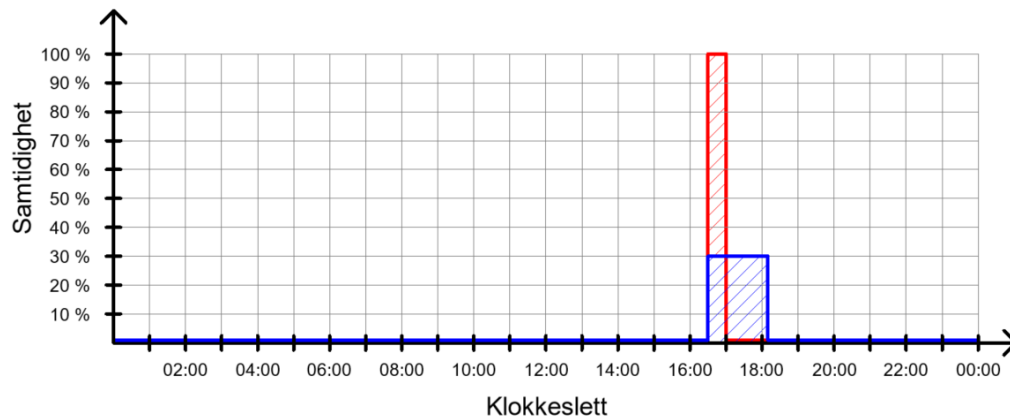
Det er lite sannsynlig at alle leiligheter i casebygningen vil forsere samtidig. For energibehovet vil det ha mindre betydning om det antas at samtlige leiligheter forserer samtidig eller om forseringen forekommer på forskjellige tidspunkter i de ulike leilighetene. Dette fordi det vil være det samme luftvolumet som totalt sett vil fjernes og tilføres leilighetene i løpet av et døgn. For effektbehovet av varmeanlegget og dimensjonering av ventilasjonsanlegget, vil derimot samtidigheten ha stor betydning. Det er i litteraturstudiet ikke funnet artikler som undersøker samtidigheten for forsering av kjøkken eller bad i leilighetsbygg. Det er derfor nødvendig å gjøre en antagelse for dette. Det antas at matlaging, samt dusjing om morgen og kveld, vil fordele seg utover minst to timer for blokken som helhet. Forsering i en enkelt leilighet, i forbindelse med en dusj eller matlaging, har en antatt varighet på 30

minutter. Med disse forutsetningene beregnes det en samtidighetsfaktor på 25 %.

$$\text{Samtidighet} = \frac{30 \text{ [min]}}{120 \text{ [min]}} = 0,25$$

Det er i oppgaven valgt å ta utgangspunkt i det som antas å være et konservativt scenario, hvor andelen leiligheter med samtidig forsering er 30 %.

På figur 14 er prinsippet for samtidighetsberegningen illustrert. Her er y-aksen den antatte samtidigheten, og x-aksen er timene i løpet av et døgn. Den røde kurven representerer situasjonen hvor alle leiligheter forseres samtidig. I denne situasjonen vil samtidigheten være 100 %, og varighet av forsering vil være 30 minutter. For figuren gjelder det at arealet under kurven skal tilsvare varigheten av forsering i én leilighet. Den blå kurven representerer en situasjon med 30 % samtidighet. I denne situasjonen må kurvens bredde, dvs. varighet av forsering for bygget som helhet, være 1,67 timer for at arealet og dermed varighet av forsering i én leilighet skal bli 30 minutter. Dersom det lages en tilsvarende kurve, men hvor y-aksen er en luftmengde, gjelder samme tankegang. Arealet under kurven vil da representere hvilket luftvolum som forseres. Dersom det antas at 30 % av leilighetene maksimalt vil forseres samtidig, må varighet av forsering for bygget som helhet være 1,67 timer for at det skal være det samme luftvolumet som forseres totalt i løpet av et døgn. Dette prinsippet benyttes til å lage forenklete tidsstyringer for forsering. Tidsstyringene som er brukt i de forskjellige simuleringsmodellene kan ses i vedlegg C.3.



Figur 14: Prinsipp samtidighetsberegning

Formel 1 brukes for å beregne hvilken luftmengde som skal brukes i simuleringsmodellene, når det tas hensyn til at kun 30 % av leilighetene vil forseres samtidig. I tabell 6 er bokstavsymbolene som inngår i formelen forklart. Det påpekes at grunnventilasjonen vil forekomme samtidig i samtlige leiligheter. Det er derfor kun den ekstra luftmengden ved forsering som skal multipliseres med samtidighetsfaktoren.

$$V_{dim} = V_{grunn} + f \cdot V_{fors} \quad (1)$$



Tabell 6: Forklaring bokstavsymboler samtidighetsberegning

Bokstavsymbol	Forklaring
$V_{dim}$	Dimensjonerende luftmengde [ $m^3/h$ ]
$V_{grunn}$	Luftmengde ved grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]
$V_{fors}$	Ekstra luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]
$f$	Andel leiligheter med forsering [-]

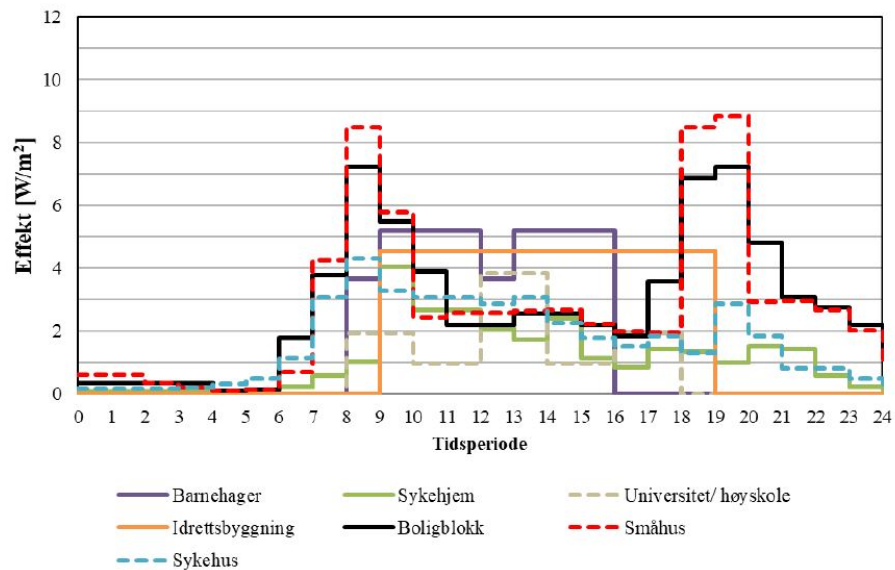
I tabell 7 ses de beregnede luftmengdene for forsering når det tas hensyn til samtidighet. I kolonnen "forsert ventilasjon 1" er det beregnet luftmengden ved forsering av kjøkkenheten. I kolonnen "forsert ventilasjon 2" er det beregnet luftmengden ved forsering av bad. I kolonnen "forsert ventilasjon 3" er det beregnet luftmengden ved forsering av kjøkkenheten dersom aggregatet er dimensjonert for grunnventilasjonen pluss 20 % ekstra kapasitet for forsering.

Tabell 7: Maksimal sannsynlig luftmengde

Forsert ventilasjon 1	Forsert ventilasjon 2	Forsert ventilasjon 3
<b>Avtrekk</b>	<b>Avtrekk</b>	<b>Avtrekk</b>
$m^3/h$	$m^3/h$	$m^3/h$
185	126,2	116,6

#### Detaljert tidsstyrt forsering

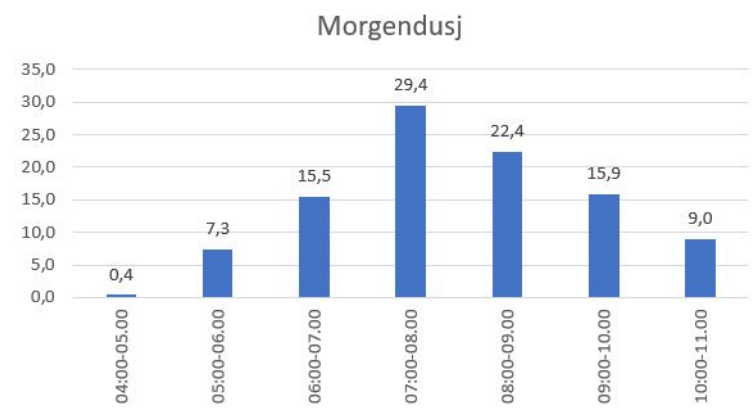
For å undersøke om adferd for forsering i kjøkken og bad kan forenkles i energisimuleringer uten å få for stor innvirkning på resultatet, gjennomføres én simulering med en mer detaljert tidsstyring for forsering. Undersøkelsen gjøres for den vanligste sentrale utformingen, hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning (modell 3.4).



Figur 15: Effektvariasjon varmtvann [78]

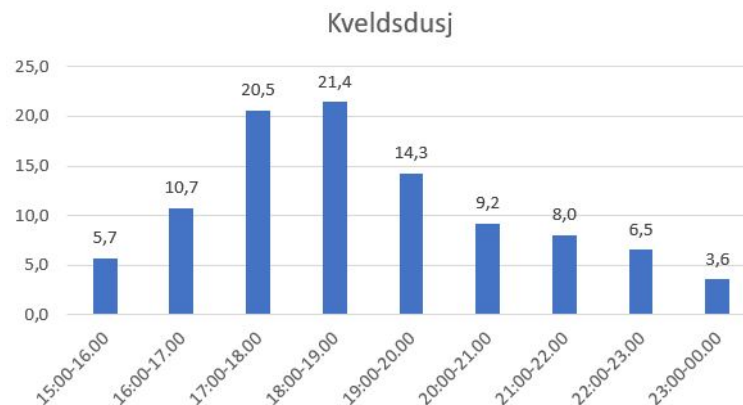
For å lage en detaljert tidsstyring for forsering av bad, tas det utgangspunkt i kurven for boligblokker i figur A.1 i SN-NSPEK 3031, som er illustrert på figur 15 [78]. Figuren viser grafisk effektvariasjonen for varmtvann for et driftsdøgn i en normert beregning. Det antas at de to forbrukstoppene for varmtvann representerer når de to beboerne i en leilighet dusjer, henholdsvis om morgenen og kvelden.

For morgentoppen lages det et stolpediagram for timene mellom kl. 04.00 og 11.00. Søylene i diagrammet skaleres opp slik at summen av alle søylene blir 100 %. Det skalerte diagrammet kan ses på figur 16. Y-aksen i diagrammet vil dermed representere sannsynligheten for at ventilasjonen vil forseres på bad den aktuelle timen.



Figur 16: Sannsynlighet forsering bad om morgenen

For kveldstoppene lages det et stolpediagram for timene mellom kl. 15.00 og 00.00. Søylene i diagrammet skaleres opp slik at summen av alle søylene blir 100 %. Det skalerte diagrammet kan ses på figur 17. Y-aksen i diagrammet vil dermed representere sannsynligheten for at ventilasjonen vil forseres på bad den aktuelle timen.

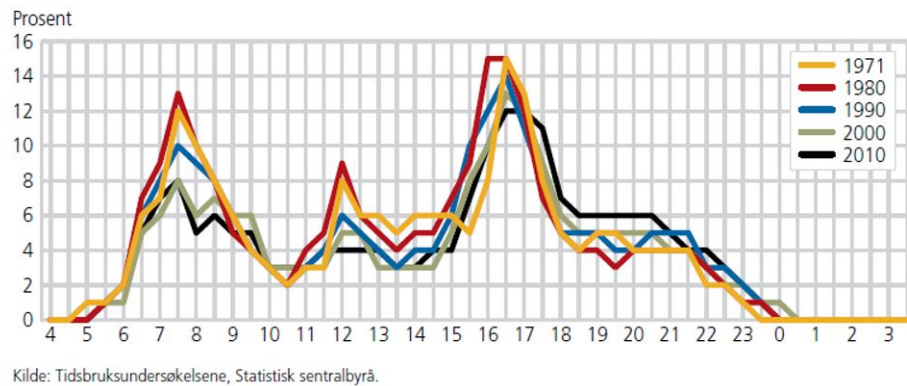


Figur 17: Sannsynlighet forsering bad om ettermiddagen

For å lage en detaljert tidsstyring for forsering på kjøkken tas det utgangspunkt i en kurve

fra Statistisk sentralbyrå, som viser andelen personer som har brukt tid på måltider en gjennomsnittsdag ved ulike klokkeslett i løpet av et døgn [97]. Denne kurven er vist på figur 18.

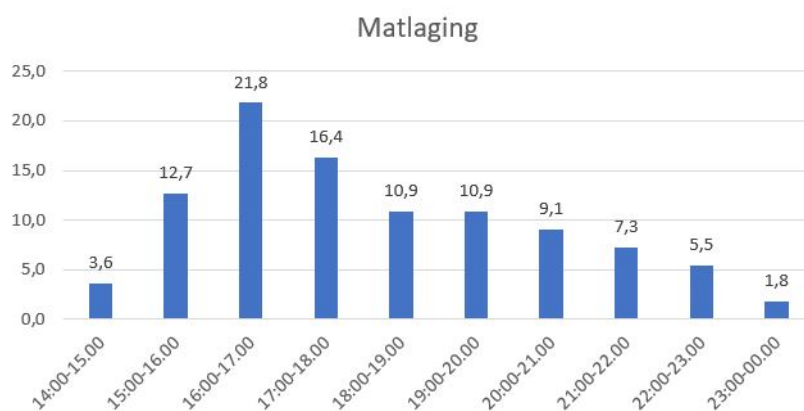
Figur 6. Andel som har brukt tid på måltider en gjennomsnittsdag ved ulike klokkeslett i løpet av døgnet, mandag-torsdag. Alder 16-74 år. 1971-2010. Prosent



Kilde: Tidsbruksundersøkelsene, Statistisk sentralbyrå.

Figur 18: Andel som har brukt tid på måltider [97]

De fleste spiser middag mellom kl. 15.00 og 17.30, men det ses en tendens til at hovedmåltidet forskyves til senere på ettermiddagen [98]. Det antas at timene mellom kl. 14.00 og 00.00 representerer middagsmåltidet. For forsering av kjøkkenhette lages det dermed et stolpediagram for disse timene. Søylen i diagrammet skaleres opp slik at summen av alle søylene blir 100 %. Det skalerte diagrammet kan ses på figur 19. Y-aksen i diagrammet vil dermed representere sannsynligheten for at ventilasjonen vil forseres på kjøkken den aktuelle timen.



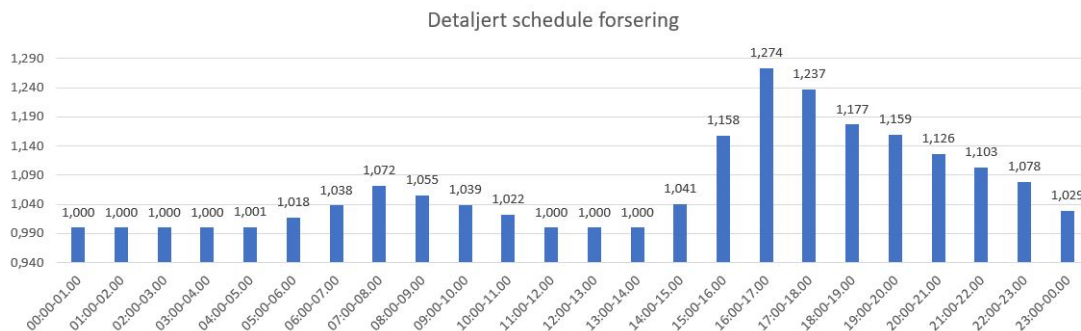
Figur 19: Sannsynlighet forsering kjøkken

Ved forsering av bad økes luftmengden med  $54 \text{ m}^3/\text{h}$  i 30 minutter, hvilket tilsvarer et luftvolum på  $27 \text{ m}^3$  per dusj. Profilen for sannsynligheten for forsering på bad om morgenen på figur 16 brukes til å fordele dette luftvolumet utover morgentimene. Tilsvarende brukes profilen på figur 17 til å fordele det forserte luftvolumet for forsering av bad utover

kveldstimene. Det er dermed funnet hvilken ekstra luftmengde, i tillegg til grunnventilasjonen, det må være gjennom hver time i løpet av et døgn av hensyn til forsering på bad, når det tas hensyn til samtidighet.

Ved forsering av kjøkken økes luftmengden med  $250 \text{ m}^3/h$  i 30 minutter, hvilket tilsvarer et luftvolum på  $125 \text{ m}^3$ . Profilen for sannsynligheten for forsering kjøkken på figur 19 brukes til å fordele dette luftvolumet utover timene på ettermiddagen. Det er dermed funnet hvilken ekstra luftmengde, i tillegg til grunnventilasjonen, det må være gjennom hver time i løpet av et døgn av hensyn til forsering på kjøkken, når det tas hensyn til samtidighet.

Figur 20 viser den resulterende detaljerte tidsstyringen for forsering av kjøkken og bad, som brukes i simuleringen i IDA ICE. Den detaljerte tidsstyringen tar hensyn til at ikke alle leilighetene vil forsere samtidig. Det totale luftvolumet som forseres vil dog tilsvare at det i alle leiligheter forseres i 30 minutter på kjøkken og 1 time på bad i løpet av et døgn. Y-aksen i figuren representerer hvilken faktor grunnventilasjonen må ganges med for å oppnå forsert ventilasjon for hver time i løpet av et døgn.

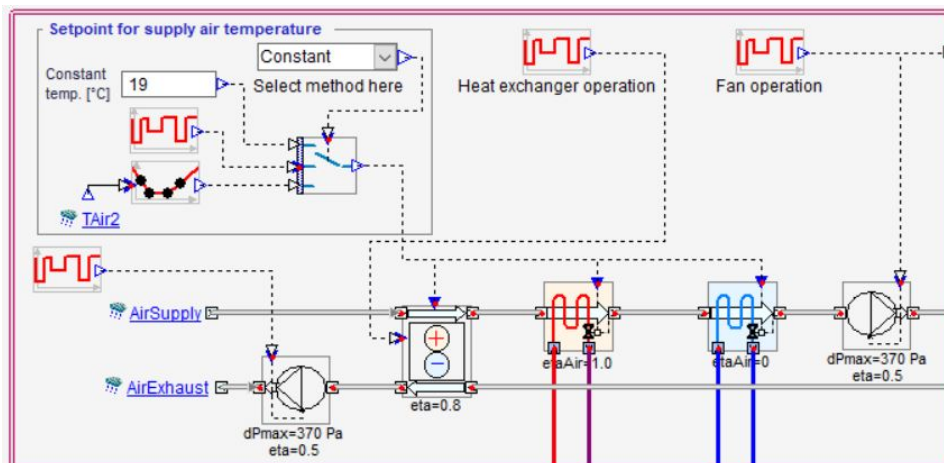


Figur 20: Detaljert tidsstyring ventilasjon

## Simulering av aggregater, vifter og kjøkkenhetter

### Løsninger med sentrale aggregater

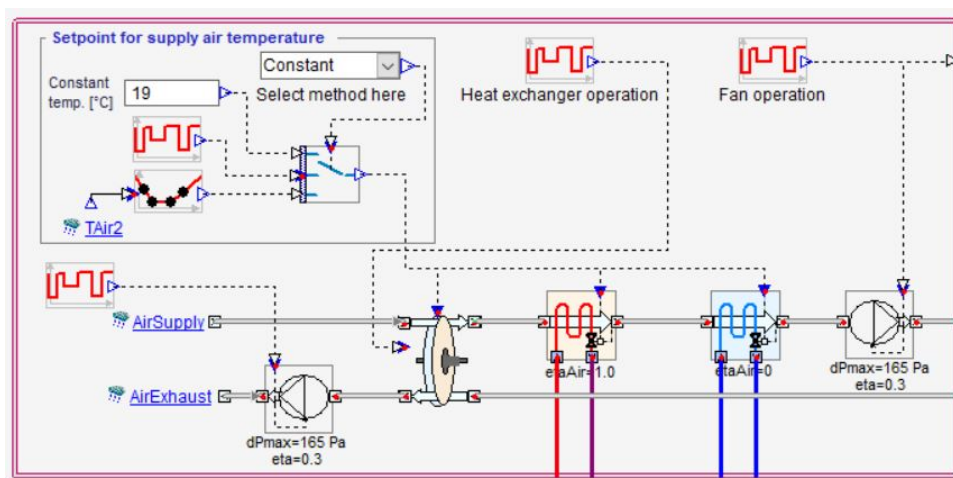
I modeller for sentrale ventilasjonsløsninger simuleres det med ett aggregat som dekker ventilasjonen i samtlige leiligheter i casebygningen. Aggregatet er illustrert på figur 21. Som hovedprinsipp forutsettes det valg av motstrømsgjenvinner i alle de sentrale alternativene, med unntak av modell 3.2. For motstrømsgjenvinneren antas det en temperaturvirkningsgrad på 80 % ved grunnventilasjon, tilsvarende kravet dersom det velges å bruke tiltakslista i TEK17 § 14-2(2) for å dokumentere at boligen oppfyller kravet til energieffektivitet [8]. Frostsikringstemperaturen til motstrømsgjenvinneren forutsettes å være  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  som, i henhold til tabell F.4 i SN-NSPEK 3031, er typisk minste avkasttemperatur for rekuperative gjenvinnere i boliger med optimal frostsikring [78].



Figur 21: Sentralt aggregat

### Løsninger med desentrale aggregater

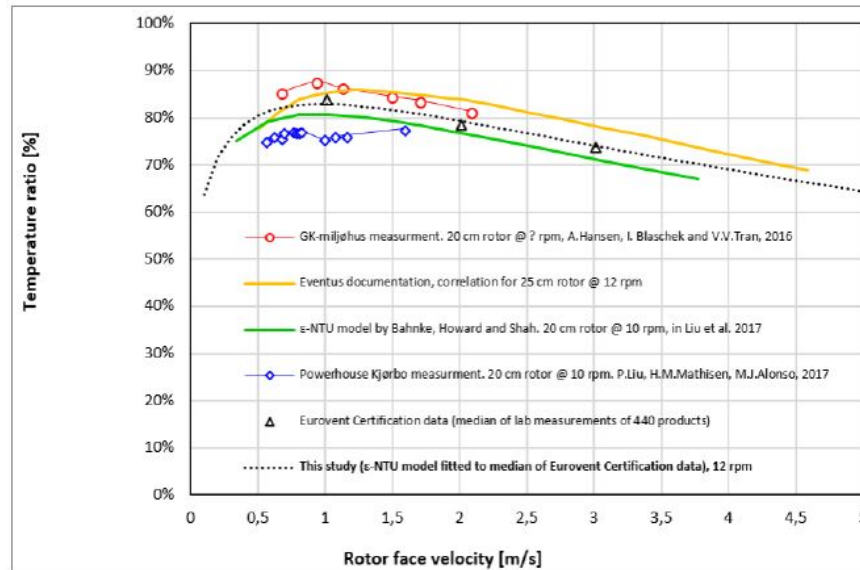
I modeller for desentrale ventilasjonsløsninger simuleres det med ett aggregat per leilighet i casebygningen. Aggregatet er illustrert på figur 22. I alle desentrale alternativer forutsettes valg av roterende gjenvinner. Det simuleres med en vanlig roterende gjenvinner, som kun vil overføre fukt ved kondensering. Frostsikringstemperaturen til den roterende gjenvinneren forutsettes å være  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  som, i henhold til tabell F.4 i SN-NSPEK 3031, er typisk minste avkasttemperatur for regenerative gjenvinnere uavhengig av bygningskategori [78].



Figur 22: Desentralt aggregat

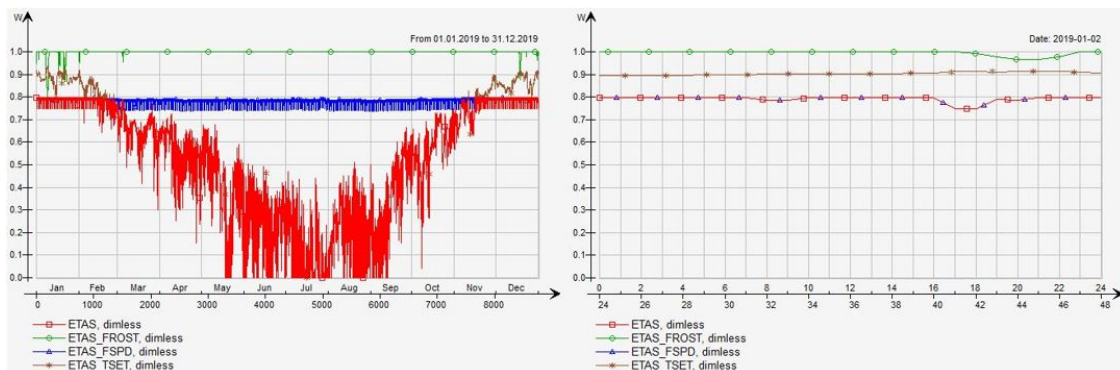
Det forutsettes i oppgaven at roterende gjenvinnere skal ha en temperaturvirkningsgrad på 80 %, tilsvarende kravet i tiltakslista i TEK17 § 14-2(2) [8]. I IDA ICE er det ikke mulig å angi temperaturvirkningsgraden for roterende varmegjenvinnere direkte, og standardverdien som brukes i programmet er 69 %. Av denne grunn tilpasses luftmengde og hastighet for rotoren inntil det oppnås en temperaturvirkningsgrad på 80 % ved grunnventilasjon. Ved forsering vil temperaturvirkningsgraden reduseres. Parameterne for rotoren tilpasses

derfor slik at temperaturvirkningsgraden vil følge en kurve som illustrert på figur 23.



Figur 23: Temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner [99]

På figur 24 er den resulterende temperaturvirkningsgraden (ETAS) fra simuleringsmodell 7.1 illustrert. Grafen til venstre viser temperaturvirkningsgradens variasjon i løpet av et år, mens figuren til høyre illustrerer temperaturvirkningsgraden i løpet av et simuleringsdøgn.



Figur 24: Temperaturvirkningsgrad roterende gjenvinner

### Løsninger med separat kjøkkenavtrekk

For løsninger med separat avkast av kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet, simuleres kjøkkenheten som et eget avtrekksaggregat. Det modelleres ett slikt avtrekksaggregat i hver leilighet i simuleringsmodellen. Avtrekksaggregatet er illustrert på figur 25.

Tilsvarende for løsninger hvor kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter i en felles kanal til tak, simuleres den felles avtrekksviften som et eget avtrekksaggregat. Det modelleres dog kun ett aggregat for hver orientering. Der er dermed totalt 4 slike avtrekksaggregater i modellen, som forsyner leilighetene med fasadeorientering mot henholdsvis nord, sør, øst

og vest.



Figur 25: Avtreksaggregat

#### Løsninger med resirkulerende kjøkkenhette

Resirkulerende kjøkkenhetter simuleres som et varmeelement hvor 100 % av kjøkkenhettens strømforbruk vil tilføres rommet som varme. Effektbehovet ved forsering er forutsatt til 150 W, tilsvarende tilkoblingseffekten til en kjøkkenhette som har en kapasitet ved om-luftsdrift på  $295 \text{ m}^3/h$  [100].

#### Vifteegenskaper

I simuleringene må det gjøres forutsetninger for viftenes effektivitet og hvilket trykkfall viftene må overvinne. Tabell 8 inneholder bokstavsymboler og tilhørende forklaring av begreper som kan benyttes for beregning av viftenes SFP, trykkfall eller virkningsgrad [101, s. 127].

Tabell 8: Forklaring bokstavsymboler SFP beregning

Bokstavsymbol	Forklaring
$SFP_{tot}$	Spesifikk vifteeffekt for viftesystemet [ $kW/(m^3/s)$ ] = [ $kPa$ ]
$\Sigma P$	Summen av alle vifteeffekter [ $kW$ ]
$V$	Største luftmengde av tilluft og avtrekk [ $m^3/s$ ]
$\Delta p_{tot}$	Totaltrykkfallet (sum trykkfall i tilluft og avtrekk) i anlegget [ $kPa$ ]
$\Delta p_{til}$	Trykkfall i tilluftssystemet [ $kPa$ ]
$\Delta p_{av}$	Trykkfall i avtrekkssystemet [ $kPa$ ]
$\eta_{tot}$	Viftesystemets totale virkningsgrad [-]
$\eta_{til}$	Virkningsgrad på tilluftsvifte [-]
$\eta_{av}$	Virkningsgrad på avtrekksvifte [-]

Formel 2 kan brukes for å beregne SFP for et viftesystem.

$$SFP_{tot} = \frac{\Sigma P}{V} \quad (2)$$

Formel 3 kan brukes for å beregne summen av alle vifteeffekter.

$$\Sigma P = \frac{V \cdot \Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} \quad (3)$$

Ved å kombinere formel 2 og 3 fås en alternativ formel 4 for å beregne SFP for et vifte-system.

$$SFP_{tot} = \frac{\Delta p_{tot}}{\eta_{tot}} = \frac{\Delta p_{til}}{\eta_{til}} + \frac{\Delta p_{av}}{\eta_{av}} \quad (4)$$

I tabell 9 er forutsetninger for trykkfall og virkningsgrad for vifter i de ulike simuleringsmodellene oppsummert. Beregningene som ligger til grunn for de antatte egenskapene for vifter kan ses i vedlegg C.3.

Tabell 9: Forutsatte vifteeenskaper

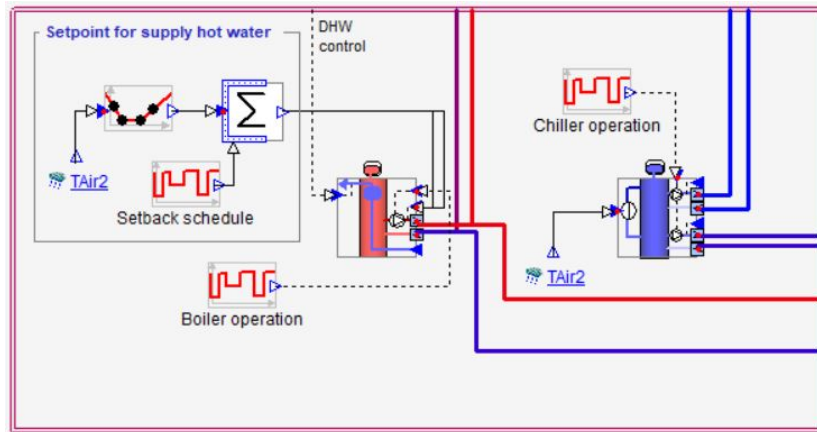
Vifte	Totalt trykkfall	Virkningsgrad
	Pa	%
Tilluftsvifte sentralt aggregat	370	0,5
Avtrekksvifte sentralt aggregat	370	0,5
Tilluftsvifte desentralt aggregat	165	0,3
Avtrekksvifte desentralt aggregat	165	0,3
Vifte integrert i kjøkkenhette	125	0,3
Felles avkastvifte kjøkkenhetter	150	0,3

### Varmeanlegg

Det forutsettes i oppgaven at casebygningens varmebehov til romvarme, ventilasjonsvarme og varmt tappevann skal dekkes av en væske/vann-varmepumpe kombinert med en elkjel til å dekke spisslasten. Dekningsgraden for både varmepumpe og elkjel forutsettes å være 50 % av effektbehovet. Videre forutsettes det at varmeanlegget skal være utetemperaturkompensert, og at varmepumpen skal dekke varmtvann og oppvarming med ulik utløpstemperatur. I IDA ICE består varmeanlegget som vist på figur 26 kun av en elkjel. Simuleringsresultatene vil derfor etterbehandles i et Excel regneark for å ta hensyn til varmepumpen.

I simuleringene i IDA ICE er antatt setpunktstemperatur for romvarme 22 °C iht. SN-NSPEK 3031 [78]. Setpunktstemperatur for tilluft i ventilasjonsanlegget er satt et par grader lavere til 19 °C. Varmt tappevann forutsettes oppvarmet til 55 °C. Videre er virkningsgraden for elkjelen i varmeanlegget satt til 0,9 både for oppvarming og varmt tappevann.





Figur 26: Varmeanlegg

Systemvirkningsgraden til varmesystemet i en bygning er et uttrykk for hvor stor andel av energien som leveres til bygget som vil nyttiggjøres på bruksstedet [102]. Varmesystemets totale systemvirkningsgrad er produktet av tre virkningsgrader; henholdsvis en produksjonsvirkningsgrad, en distribusjonsvirkningsgrad og en romvirkningsgrad. Produksjonsvirkningsgraden er et uttrykk for forholdet mellom levert energi til produksjonsenheter og energien som leveres videre til distribusjonssystemet. Distribusjonsvirkningsgraden angir forholdet mellom levert energi til distribusjonssystemet og energien som leveres videre til det varmeavgivende systemet. Romvirkningsgraden er et uttrykk for tap fra det varmeavgivende system, og tar blant annet hensyn til unøyaktighet og termisk respons i forbindelse med regulering på romnivå. Det forutsettes i oppgaven at det tas høyde for tapsleddene for distribusjon og regulering ved simulering i IDA ICE. Produksjonsvirkningsgraden vil derimot hensyntas i forbindelse med etterbehandling av simuleringsresultatene.

For å ta hensyn til at varmeanlegget består av både en varmepumpe og en elkjel, etterbehandles simuleringsresultatene i et regneark utarbeidet av Peter G. Schild [103]. I regnearket kan varmepumpens ytelse beregnes på timesbasis i henhold til SN-NSPEK 3031.

Som inndata til regnearket brukes timesverdier for behov for ventilasjonsvarme, romvarme og varmt forbruksvann, som er eksportert fra IDA ICE. I regnearket forutsettes en utløpstemperatur på 55 °C for oppvaring av tappevann. Timesverdier for utekompensert turtemperatur som er eksportert fra simuleringsmodellene, benyttes som inndata for utløpstemperatur for romvarme i regnearket.

For å fastlegge timesverdier for temperaturen i brønnparken, er det i regnearket forutsatt at årsmiddeltemperaturen fra varmekilden er 5 °C, og temperaturamplituden over året for varmekilden er satt til 3 °C. Temperaturene er valgt i henhold til tabell K.19 i SN-NSPEK 3031 [78]. Det er her forutsatt at varmepumpen kun skal benyttes til oppvarming og at energibrønnen er godt dimensjonert. Tabellen gjelder for klimasteder med

en årsmiddeltemperatur for uteluften på rundt 5 °C. I Oslo er årsmiddeltemperatur for uteluft 6,1 °C [104].

I regnearket justeres varmepumpens effekt inntil det oppnås en dekningsgrad på 50 %. Regnearket brukes til å finne årlig levert elektrisitet til både varmepumpe og elkjel. Dessuten finnes nødvendig installert effekt for både varmepumpen og elkjelen.

### 3.4 Økonomisk analyse

For å vurdere lønnsomheten av de forskjellige ventilasjonsløsningene, undersøkes total-kostnad ved eierskap (TCO) for løsningene. TCO er et uttrykk for de totale kostnadene ved en anskaffelse, og inkluderer innkjøpsprisen samt eierskapskostnader. Eierskapskostnadene omfatter kostnader til forvaltning, drift og vedlikehold (FDV). FDV-kostnader kan igjen bestå av kostnader som energibruk, servicekostnader eller indirekte egenandeler som beboere må betale. Til forskjell fra en LCC-analyse, vil en TCO-analyse ikke ta hensyn til miljøkostnader for produksjon, transport og avhending [105]. Begrepet levetidskostnad er et uttrykk for nåverdien av TCO-kostnadene, det vil si summen av innkjøpsprisen og nåverdien av utgifter til forvaltning, drift og vedlikehold [106]. En nåverdi uttrykker hvor store fremtidige kostnader er, omregnet til dagens kroneverdi [107].

Lønnsomhetsberegningene utføres etter metode og formler beskrevet i den norske standarden NS 3454 ”Livssyklus-kostnader for byggverk - Prinsipper og klassifisering” [108]. Kalkulasjonsmetodikken som beskrives i standarden bygger på nåverdimetoden, som utdypes i avsnittet under. I NS 3454 benyttes begrepet ”nåverdi for kostnader i analyseperioden” i stedet for ”levetidskostnad”. Formuleringen i standarden tar dermed hensyn til at analyseperioden kan være forskjellig fra levetiden for løsningen.

#### Nåverdimetoden

For å vurdere lønnsomheten av de alternative ventilasjonsløsningene, brukes nåverdimetoden. Tabell 10 inneholder bokstavsymboler og tilhørende forklaring av begreper som benyttes ved bruk av kalkulasjonsmetoden.

Tabell 10: Forklaring bokstavsymboler nåverdiberegning

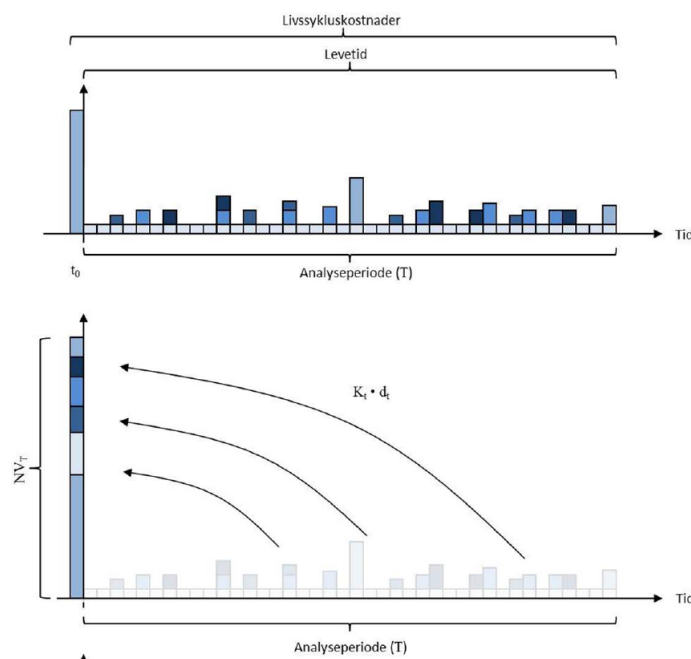
Bokstavsymbol	Forklaring
$NV_T$	Nåverdi av kostnadene i analyseperioden
$NV$	Nåverdi av en fremtidig kostnad
$K_t$	En kostnad i et gitt år $t$
$A$	En årlig kostnad
$d_t$	Diskonteringsfaktor for et gitt år $t$
$d_T$	Sumfaktor for like årlige beløp
$T$	Analyseperiode (antall år regnet fra basisåret)
$t$	Et gitt år (antall år fra basisåret til en kostnad $K_t$ påløper)
$t_0$	Basisår for kalkylen
$r$	Kalkulasjonsrente

Investeringskostnader og FDV-kostnader vil forekomme på forskjellige tidspunkter. For å kunne summere kostnader som forekommer på ulike tidspunkter, må beløpene omregnes til et bestemt felles tidspunkt. Omregning av kostnader som forekommer på ulike tidspunkter, til et beløp på et gitt tidspunkt, kalles diskontering. Det må velges et basisår for

beregningen som alle kostnader diskonteres til. Det er vanlig å velge beregningstidspunktet eller prosjektets ferdigstillestidspunkt som basisår. Når fremtidige beløp omregnes til nåtiden, fås dermed det som kalles nåverdien av kostnaden. En diskonteringsfaktor benyttes for å omregne fremtidige kostnader til nåtid. Diskonteringsfaktoren er funksjon av tidspunktet kostnaden vil forekomme samt en kalkulasjonsrente. Hvilken kalkulasjonsrente som skal velges for beregningen kan avhenge av forhold som inflasjon, relativ prisstigning, nominell rente, samt om man har kapital til investering selv eller om man må låne. Videre må det ved bruk av nåverdimetoden fastsettes en analyseperiode. Analyseperioden er den tidsperioden som lønnsomhetsberegningen skal foretas over. Analyseperioden kan f.eks. velges tilsvarende levetiden til store komponenter i ventilasjonsanlegget eller forventet tid frem til hovedombygging. Analyseperioden må dog velges lik for de alternative ventilasjonsløsningene som skal sammenlignes. En løsnings totale nåverdi estimeres dermed ved å beregne summen av nåverdien av alle kostnader i analyseperioden. Formel 5 brukes for å beregne nåverdi av kostnadene i analyseperioden.

$$NV_T = \sum_{t=0}^T K_t \cdot d_t \quad (5)$$

Figur 27 illustrerer metoden for kalkulasjon av nåverdien for fremtidige kostnader og tilhørende sentrale begreper for beregningen.



Figur 27: Kalkulasjon av nåverdi [108]

Nåverdien for en fremtidig kostnad beregnes ved å multiplisere den fremtidige kostnaden med en diskonteringsfaktor for det året kostnaden forekommer. Nåverdien av kostnader som varierer fra år til år må beregnes ved å diskontere hver enkelt kostnad for seg. Formel

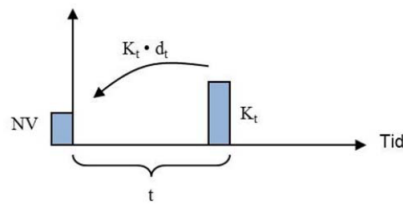
6 brukes for å beregne diskonteringsfaktor for et gitt år  $t$ .

$$d_t = \frac{1}{(1+r)^t} = (1+r)^{-t} \quad (6)$$

Nåverdien av en fremtidig kostnad  $K_t$  kan dermed beregnes ved hjelp av formel 7.

$$NV = K_t \cdot d_t \quad (7)$$

Figur 28 illustrerer beregning av nåverdien for en fremtidig kostnad ved hjelp av diskonteringsfaktoren.



Figur 28: Diskonteringsfaktor [108]

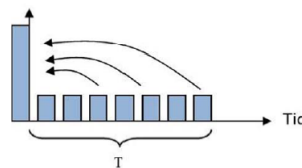
Nåverdien av kostnader som gjentar seg hvert år kan beregnes ved å multiplisere det faste årlige beløpet med en sumfaktor. Formel 8 brukes for å beregne sumfaktor som benyttes ved diskontering av like årlige beløp.

$$d_T = \frac{(1+r)^T - 1}{(1+r)^T \cdot r} \quad (8)$$

Dermed kan nåverdien av en årlig kostnad  $A$  beregnes ved hjelp av formel 9.

$$NV = A \cdot d_T \quad (9)$$

Figur 29 illustrerer beregning av nåverdien for like årlige beløp ved hjelp av sumfaktoren.



Figur 29: Sumfaktor [108]

### Kostnadsposter og forenklinger

Nåverdimetoden kan benyttes for et helt bygg eller for en enkelt bygningsdel. Lønnsomhetsberegningen forenkles ved at kun kostnader som vil være forskjellig for de ulike ventilasjonsløsningene inkluderes. Figur 30 illustrerer klassifikasjon av kostnader i henhold til NS 3454. Av disse er kostnadspost 1, 3, 4 og 5 inkludert i analysen, mens kostnadspost 2 og 6 antas like for de forskjellige ventilasjonsløsningene som undersøkes. I analysen regnes

kostnader med positivt fortegn. Dermed er det løsningen med lavest nåverdi som vil være den mest lønnsomme.

1	2	3	4	5	6
Anskaffelses- og restkostnader	Forvaltningskostnader	Drifts- og vedlikeholdskostnader	Utskiftings- og utviklingskostnader	Forsyningskostnader	Renholdskostnader

Figur 30: Kostnadsklassifisering [108]

I økonomianalysene benyttes kostnader som er oppgitt av intervjukandidatene. Kandidatene er bedt om å oppgi priser som er representative for typiske boligutviklere eller boligbyggelag. Alle kostnader i beregningene er inkludert mva. Priser som opplyses ekskludert mva. av intervjukandidatene omregnes idet det forutsettes en merverdiavgift på 25 % [109].

For anskaffelseskostnader tas det utgangspunkt i et kostnadsoverslag fra kandidat 5 for materiell, innregulering, montasje og prosjektledelse per leilighet, for henholdsvis en sentral og en desentral ventilasjonsløsning. Den valgte løsningen for kjøkkenavtrekk vil påvirke investeringskostnaden for komponenter som aggregater, kjøkkenhetter og vifter for de forskjellige sentrale og desentrale alternativene. Tilsvarende vil komponenter i varmeanlegg, samt nødvendige brannsikringstiltak, være forskjellige for de ulike ventilasjonsalternativene. En prisforskjell for disse komponentene legges derfor til grunnprisen som er oppgitt av kandidat 5. Grunnprisene og prisforskjellene som er benyttet i analysen kan ses i vedlegg D.1.

Nødvendig sjaktareal vil variere for de forskjellige løsningene. Store ventilasjonssjakter vil redusere salgbar areal i leilighetene. I tillegg til investeringskostnaden medregnes derfor en kostnad for nødvendig sjaktareal for de forskjellige løsningene. Beregning av nødvendig sjaktareal er beskrevet i et etterfølgende avsnitt.

Kostnadspost 3, 4 og 5 representerer løsningenes FVD-kostnader. For drift- og vedlikeholdskostnader medregnes kostnaden for en serviceavtale. Det antas at serviceavtalen vil inkludere årlig kontroll av anlegget og arbeidet med utskiftning av filter i aggregater. Kostnaden for nye filtre medregnes som en årlig kostnad under kostnadsposten for utskiftning og utvikling. Under kostnadsposten for forsyning benyttes resultatene for årlig energibehov fra energianalysene til å beregne en årlig kostnad for strømforbruk. FDV-kostnadene som er benyttet i analysen kan ses i vedlegg D.1.

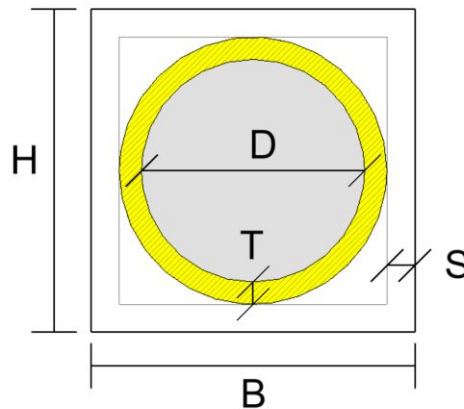
### Beregning av sjaktarealer

Figur 31 illustrerer metoden som er benyttet for å estimere hvor stor plass som må settes av til kanaler i sjakt for de forskjellige ventilasjonsløsningene. Nødvendig bredde og dybde for hver kanal finnes ved hjelp av hjelp av formel 10. Nødvendig sjaktdimensjon er

funksjon av kanalens dimensjon, tykkelse på eventuell isolasjon samt en nødvendig friavstand rundt kanalen av hensyn til montering. For hver kanaltype i en sjakt beregnes et nødvendig sjaktareal ved hjelp av formel 11. Overslag for nødvendig sjaktareal for de ulike ventilasjonsutformingene kan ses i vedlegg D.2.

$$B = H = D + 2 \cdot T + 2 \cdot S \quad (10)$$

$$A = H \cdot B \quad (11)$$



Figur 31: Metode beregning sjaktareal

### Forutsetninger

I tabell 11 er valgte forutsetninger for økonomianalysene oppsummert. Analyseperioden i økonomiberegningene er valgt til 30 år. 30 år tilsvarer levetiden til kanaler i ventilasjonsanlegget, i henhold til NS-EN 15459 [110]. Øvrige komponenter i ventilasjonsanlegget, som f.eks. vifter og spjeld, vil ha kortere levetid enn 30 år, i henhold til standarden. Utskiftning av disse komponentene forutsettes hensyntatt i forbindelse med drift og vedlikeholdskostnadene. Det medregnes derfor ikke reinvesteringer for komponenter i løpet av analyseperioden. Kalkulasjonsrenten som brukes i økonomiberegningene er valgt tilvarende konsumprisindeksen. Det er benyttet totalindeksen for alle konsumgrupper på 3,1 %, i henhold til Statistisk sentralbyrå [111].

Tabell 11: Forutsetninger økonomianalyse

Forutsetninger økonomianalyse		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Elektrisitetspris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>

Kostnaden for strøm er forutsatt tilsvarende kraftprisen for husholdninger, i henhold til Statistisk sentralbyrå [112]. Kraftprisen er en total pris for kraft, nettleie og avgifter. Kvad-

ratmeterprisen som brukes i økonomiberegningene, er valgt tilsvarende gjennomsnittlig kvadratmeterpris for Oslo, i henhold til Eiendom Norges boligprisstatistikk [113].

### Økonomialternativer

Det gjennomføres en økonomiberegning for hver simuleringsmodell fra analysen av energi med unntak av modell 3.4 og 3.5. Hensikten med modellene som ikke vurderes videre i økonomianalysen, er å undersøke den energimessige konsekvensen av henholdsvis en forenklet tidsstyring for forsering og hvor stort energiforbruk det ses bort ifra når forsering ikke inkluderes i simuleringen. Hensikten med de resterende simuleringsmodellene er allerede beskrevet i avsnitt 3.3.

Det gjennomføres en økonomiberegning for hver av de 8 alternative ventilasjonsutformingene som undersøkes i oppgaven. For utformingene som, i henhold til intervjuene, er den vanligste sentrale (alternativ 3) og desentrale (alternativ 7) løsningen, gjennomføres flere beregninger. Tilsvarende for løsninger med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 4 og 8) gjennomføres det flere beregninger. Tabell 12 inneholder en oversikt over de forskjellige ventilasjonsløsningene som undersøkes i økonomianalysen. I vedlegg D.1 finnes en mer detaljert oversikt over hvilke kostnader som medregnes i de forskjellige økonomialternativene.

Økonomialternativ 3.1.1 representerer hovedalternativet for ventilasjonsutforming 3. I dette alternativet forutsettes det valg av motstrømsgjenvinner, etter anbefaling av flertallet av intervjukandidatene. Hensikten med økonomialternativ 3.1.2 er å undersøke den økonomiske konsekvensen dersom løsningen justeres til å ha en egen kanal for kjøkkenavtrekk i sjakt, som føres til aggregatet på tak for gjenvinning.

Formålet med økonomialternativ 3.2.1 og 3.2.2 er å vurdere den økonomiske konsekvensen dersom det istedet velges roterende varmegjenvinner i en sentral løsning. Forskjellen mellom de to alternativene er om det installeres et kombinasjonsfilter på avtrekk eller ikke.

Økonomialternativ 7.1.2 representerer hovedalternativet for ventilasjonsutforming 7. Formålet med alternativ 7.1.1 er å undersøke den økonomiske besparelsen dersom det i beregningen ikke inkluderes vedlikeholdskostnader utover kostnaden for filter. Alternativet skal representere en løsning hvor beboere selv er ansvarlig for driften av anleggene. Det anses lite sannsynlig at ingen av beboerne i de 49 leilighetene i løpet av analyseperioden på 30 år vil ha behov for service av ventilasjonsanlegget. Kostnaden for en slik løsning vil derfor i realiteten ligge et sted mellom resultatet for alternativ 7.1.2 og 7.1.1.



Tabell 12: Oversikt økonomialternativer

Modell	Beskrivelse modell	Økonomi- alternativ	Beskrivelse økonomialternativ
1	Sentral løsning. Separat kjøkkenavtrekk fra hver leilighet til tak.	1	
2	Sentral løsning. Kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak.	2	
3.1	Sentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Motstrømsgjenvinner	3.1.1	Kjøkkenavtrekk kobles på øvrig avtrekk i sjakt
		3.1.2	Egen kanal for kjøkkenavtrekk iht. brannrådgiver
3.2	Sentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Roterende gjenvinner	3.2.1	Uten kombinasjonsfilter på avtrekk.
		3.2.2	Med kombinasjonsfilter på avtrekk.
3.3	Sentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Mostrømsgjenvinner. Kun forsering bad	3.3	
4	Sentral løsning. Resirkulerende kjøkkenhetter	4.1	Innebygd ventilator med normal effekt
		4.2	Innebygd ventilator med høyere effekt
		4.3	Vegghengt ventilator
5	Desentral løsning. Separat kjøkkenavtrekk fra hver leilighet til tak.	5	
6	Desentral løsning. Kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak.	6	
7.1	Desentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Roterende gjenvinner. Kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner.	7.1.1	Beboer står selv for drift.
		7.1.2	Beboer har serviceavtale.
7.2	Desentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Roterende gjenvinner. Kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner. Luftmengde iht. kandidat 16.	7.2	
7.3	Desentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Roterende gjenvinner. Kjøkkenavtrekk kobles på før gjenvinner.	7.3	
8	Desentral løsning. Resirkulerende kjøkkenhetter	8.1	Innebygd ventilator med normal effekt
		8.2	Innebygd ventilator med høyere effekt
		8.3	Vegghengt ventilator

Økonomialternativ 4.1 og 8.1 representerer hovedalternativer for henholdsvis ventilasjonsutforming 4 og 8. Hensikten med alternativ 4.2 og 8.2 er å undersøke den økonomiske konsekvensen dersom det velges en innebygd ventilator med høyere effekt. Tilsvarende er formålet med alternativ 4.3 og 8.3 å vurdere økonomisk konsekvens av valg av vegghengt ventilatorer.

### Sensitivitetsanalyse kvadratmeterpris

Kvadratmeterprisen i Oslo er langt høyere enn kvadratmeterprisen i andre deler av landet. Videre varierer prisen mellom de ulike bydelene i Oslo. For å undersøke kvadratmeterprisen innflytelse for lønnsomheten av de ulike løsningene, gjennomføres økonomiberegningene også med en lavere kvadratmeterpris. I analysen brukes gjennomsnittlig pris på 56 673  $kr/m^2$ , tilsvarende kvadratmeterprisen for leiligheter i Lillestrøm, i henhold til Eiendom Norges boligtyperapport [114]. I henhold til rapporten er kvadratmeterprisen i Lillestrøm i samme størrelsesorden som prisen i Trondheim, Bergen og Tromsø. Beregningen vil derfor også kunne være representativ for boligprosjekter i flere av de største byene i Norge.

## 4 Resultater og diskusjon

### 4.1 Kartlegging

For å kartlegge hvilke ventilasjonsløsninger som er vanlige, hvilke fordeler og ulemper som forbindes med ulike løsninger, samt hvorfor enkelte løsninger velges fremfor andre, gjennomføres intervjuer med forskjellige aktører i bransjen. I intervjugruppe 1 for boligutviklere og boligbyggelag gjennomføres intervjuer med 5 kandidater. I intervjugruppe 2 for rådgivende ingeniører, entreprenører og aggregatleverandører gjennomføres intervjuer med 11 kandidater. I tabell 13 kan de forskjellige kandidatenes intervjugruppe og rolle ses. Kandidatenes individuelle besvarelser finnes i vedlegg B.3. I de individuelle besvarelsene er svar på spørsmål som kan identifisere personens navn eller firma ekskludert i vedlegget. Videre er besvarelsene omformulert dersom kandidaten nevnte arbeidsgiver, navn på boligprosjekter eller eksempler på ventilasjonsprodukter de fører. Etter intervjuene gjennomføres en samtale med en brannrådgiver, for å vurdere hvilke brannsikringstiltak som anses som nødvendige for de forskjellige løsningene. Brannrådgivers kommentarer til forskjellige løsninger i forkant av samtalen og referat fra samtalen kan ses i vedlegg B.4. Kartleggingsarbeidet avsluttes med en oppfølgingsamtale med kandidat 1, hvor brannsikringstiltak ved valg av trekk-ut strategi diskuteres.

Tabell 13: Oversikt intervjukandidater

Kandidatnummer	Intervjugruppe	Rolle
1	2	Rådgivende ingeniør
2	2	Entreprenør
3	1	Boligutvikler
4	2	Entreprenør
5	2	Entreprenør
6	1	Boligutvikler
7	1	Boligutvikler
8	2	Rådgivende ingeniør
9	1	Boligbyggelag
10	2	Rådgivende ingeniør
11	2	Rådgivende ingeniør
12	1	Boligbyggelag
13	2	Aggregatleverandør
14	2	Aggregatleverandør
15	2	Entreprenør
16	2	Aggregatleverandør
17		Rådgivende ingeniør brann

### Ventilasjon i boligbygg

#### Krav til ventilasjon

I intervjugruppe 1 for boligbyggelag og boligutviklere, får kandidatene spørsmål om det stilles krav til ventilasjonsløsningen i nye leilighetsbygg som går utover krav eller preak-

septerte ytelser i TEK17. Det er variasjoner i kandidatenes besvarelse på dette spørsmålet. Oppsummert svarer to av kandidatene nei, to kandidater svarer ja og den siste kandidaten svarer at dette kan avhenge av det aktuelle prosjektets økonomi.

Kandidat 9 forklarer at de har et pågående prosjekt hvor det skal være nøktern økonomi, og at de i prosjektet derfor ikke stiller krav utover TEK17. I henhold til kandidat 3 gjelder det nok for mange boligutviklere som ikke har egen entreprenør, at de ikke stiller krav som går utover forskriften. Kandidat 3 og 7 svarer begge at de utarbeider en funksjonsbeskrivelse som henviser til forskriften, og som skal sikre at TEK17 følges. Kandidat 3 utdyper i denne forbindelse at beskrivelsen er veldig funksjonsbasert og stiller ikke konkrete krav til luftmengder eller kanalføringer. I stedet stilles det krav til funksjonalitet, f.eks. at uønsket oppvarming av inntaksluft skal begrenses/unngås. Videre svarer både kandidat 3 og 7 at et krav de inkluderer i funksjonsbeskrivelsen er at det skal sikres tilstrekkelig avstand mellom inntak og avkast, av hensyn til lukt. Krav om at kortslutning mellom inntak og avkast skal unngås tilsvarer § 13-1(5) i TEK17, mens hensyn til eksponering for direkte solstråling ved plassering av inntak er nevnt i veiledningen til femte ledd [8]. Det er dermed ikke snakk om funksjonskrav som går ut over forskriften.

Kandidat 6 og 12 har derimot begge en kravspesifikasjon som stiller spesifikke krav til f.eks. luftmengder, og som går ut over TEK17. Begge kandidater stiller krav om en høyere forsert avtrekksluftmengde for kjøkken på minimum  $165 \text{ m}^3/h$ . Videre stiller begge kandidater krav til at friskluft til oppholdsrom automatisk skal økes med tilsvarende luftmengde ved forsering av kjøkkenhetter. Kandidat 6 utdyper i denne forbindelse at de ønsker å ha et spjeld på tilluftssiden, som åpner ved forsering av kjøkkenheten, for å muliggjøre denne kompenseringen. En slik løsning vil sikre at det ikke kan oppbygges et for høyt undertrykk i leiligheten ved forsering av ventilasjonen. Kandidat 12 stiller dessuten krav til at kjøkkenheten skal ha en oppfangningsgrad på minimum 75 %. Kandidat 3 forteller tilsvarende at utformingen av kjøkkenheten er viktig, da dette påvirker hvor godt osoppfangingen fungerer. Av denne grunn bruker de kjøkkenhetter med en karm som danner et volum som kan fange opp os, og som dermed er mer effektive enn hetter uten karm. Til sammenligning er preakseptert ytelse for forsert avtrekksluftmengde i kjøkken  $108 \text{ m}^3/h$  i TEK17 § 13-2 (4) og det stilles ikke krav til oppfangningseffektiviteten [8]. Preakseptert ytelse for avtrekksmengden i kjøkken i TEK17 vil ikke alene kunne sikre kvaliteten på en løsning. Dette fordi kjøkkenhetter med forskjellig oppfangningseffektivitet vil ha ulike evne til å fange opp matos, lukt og partikler som genereres ved matlaging. En kjøkkenhette med lavere oppfangningseffektivitet vil kreve en større luftmengde, for å få tilsvarende evne til å fjerne matos som en hette med høyere oppfangningseffektivitet. I SINTEF Byggforsk sin anvisning for ventilasjon i boliger, anbefales det at selv for kjøkkenhetter med gunstig utforming og god oppfangningseffektivitet bør luftmengden være større enn preakseptert ytelse i TEK17, for å oppnå tilfredsstillende oppfangning av os [58]. I NS-EN 15251:2007+NA:2014 stilles det krav til dokumentasjon av kjøkkenhettens osoppfangningsevne [115]. Dimensjonert forsert

luftmengde skal, i henhold til standarden, gi en osoppfangningsevne på minimum 85 % målt iht. IEC 60704-2-13, eller 75 % målt iht. SS 433 05 01. Ifølge standarden skal luftmengden korrigeres dersom plassering av kjøkkenhette avviker fra testoppsettet for produktokumentasjon. Luftmengden skal økes i forhold til økningen av fritt areal for innstrømning av luft mellom kjøkkenhettens omkrets og ned til komfyr.

Kandidat 6 stiller videre krav til en minimumsluftmengde for tilluft på  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  i stue. I denne forbindelse finnes det ikke et spesifikt krav til minimum friskluftmengde i stue i forskriften. Dersom det ikke stilles et slikt spesifikt krav, vil luftmengden i stuen f.eks. velges for å balansere total tilluft og avtrekksmengde i leiligheten. Valgt tilluftsmengde i stue kan dermed avhenge av leilighetens størrelse og utforming, deriblant antall soverom og antall bad. Dersom krav til luftmengder i TEK17 følges, er det derfor ikke sikkert at luftmengden som velges i stuen vil være tilpasset for å dekke behovet til det antall personer som typisk vil oppholde seg i rommet. Utover krav til luftmengder, stiller kandidat 12 også krav til utformingen av ventilasjonsanlegget. Blant annet stilles krav til trykkstyring av tilluft- og avtrekksvifter, føring av avkast over tak samt varmegjenvinning uten risiko for spredning av lukt.

I intervjugruppe 2 for rådgivende ingeniører, entreprenører og aggregatleverandører avsluttes intervjuet med spørsmål om kandidaten har noe de gjerne vil tilføye besvarelsen. I denne forbindelse er det flere av kandidatene som nevner krav og preaksepterte ytelser i TEK17 til luftmengder. Kandidat 8, 10, 11 og 13 mener minimumsluftmengdene i TEK er for lave. Ifølge kandidat 8 er ventilasjonsmengden i boliger typisk kun én tiendedel av luftmengden i næringsbygg. Kandidaten uttrykker at dette er synd, med tanke på hvor stor andel av tiden i løpet av et døgn man typisk oppholder seg hjemme. Kandidat 10 utdyper at det forutsettes mulighet for vinduslufting i boliger, og mener at dette er årsak til at luftmengdene i forskriften er lave. I denne forbindelse mener kandidaten at man bør vurdere å skille mellom boliger i tettbygde og landlige strøk ved valg av luftmengder. Kandidat 13 forklarer at det også av hensyn til regulering er ønskelig med større luftmengder. Kandidaten utdyper at enkelte boligutviklere stiller krav til større luftmengder ved forsering, men at grunnventilasjonen vil sette begrensninger for dette, for at anlegget skal kunne balanseres. Kandidat 2 forteller at hvilke kjøkkenhetter som kan velges er begrenset av aggregatets kapasitet for trykk og luftmengde ved desentrale løsninger. Tilsvarende kommenterer kandidat 16 at desentrale ventilasjonsaggregater ikke har kapasitet til å tilføre tilstrekkelig erstatningsluft ved valg av designhetter med kapasitet langt høyere enn luftmengden som fremgår i forskriften. Fremfor å øke luftmengden, anbefaler kandidaten å heller velge hetter med bedre oppfangningsevne, som er effektive selv ved lave luftmengder. Kandidat 5 svarer derimot motsatt, at en fordel med desentrale løsninger er god avtrekksmengde på kjøkkenhetten. Kandidaten mener at lite luft på kjøkken er en typisk reklamasjon, og erfarer færre slike klager ved desentrale løsninger. Lave luftmengder i boliger vil videre begrense potensialet for kjøling med ventilasjon, i henhold til kandidat

3 og 13. Kjøling er generelt lite vanlig i boligbygg, men kandidat 3 forklarer at de har opplevd enkelte henvendelser om dette. Fordi luftmengdene i boliger ikke er store nok til kjøling, tror kandidaten at vannbårne systemer til kjøling derfor vil være mer aktuelt ved slike henvendelser.

Videre kommenterer kandidat 5, 10 og 11 at det særlig er den preaksepterte ytelsen for forsert luftmengde i kjøkken som er for lav. Kandidat 5 og 11 erfarer at avtrekk i kjøkken i henhold til VTEK17 ofte vil medføre klager fra beboere. Også kandidat 3 forteller at forsvakt avtrekk på kjøkken er en av de vanligste klagenene de opplever. Kandidat 11 forklarer at de derfor pleier å øke kravet til denne luftmengden når de bistår byggherrer med å utarbeide kravspesifikasjoner. Kandidat 8 og 13 opplever derimot at det typisk ikke er mulig å tilby løsninger utover kravene, og at en forbedring av avtrekksmengden krever at den preaksepterte ytelsen i forskriften endres. Kandidat 13 utdyper at totalentrepriser blir iht. funksjonsbeskrivelsen, dette for at man ikke skal prise seg ut av markedet. I forbindelse med preakseptert ytelse for forsert luftmengde på bad kommenterer kandidat 16 at de mener det er uheldig at det ikke tas hensyn til størrelse på badet og fuktbelastning i forskriften. Når kravet er uttrykt som en luftmengde fremfor et luftvekslingstall, vil antallet ganger per time luften i rommet skiftes ut være svært forskjellig for et lite bad og et stort bad, selv om fuktbelastningen kan være den samme. Kandidaten mener at det ved små bad ikke er nødvendig å oppnå preakseptert ytelse for forsering i forskriften.

#### Valg av løsning

Under intervjuene kommenterer flere av kandidatene hvilken innflytelse de har i forbindelse med valg av ventilasjonsløsning i et boligprosjekt. Ifølge kandidat 13 og 16 er ventilasjonsløsningen allerede valgt innen de som aggregatleverandører kommer inn i prosjektet. Aggregatleverandørene har meninger og anbefalinger for valg av løsning, men leverer i henhold til kundens ønsker. Blant entreprenørene svarer kandidat 2 tilsvarende, at valg av løsning kommer an på hva kunden ønsker, mens kandidat 5 forteller at løsning allerede er bestemt av arkitekt og utbygger når de kommer inn i prosjektet. Kandidat 15 forklarer at de selv velger løsning i egne boligprosjekter, mens det er byggherrens ønsker som styrer valgt av løsning i prosjekter hvor de er i rollen som entreprenør. Kandidat 11 forteller at deres innflytelse som rådgivende ingeniør for valg av løsning varierer avhengig av deres rolle i prosjektet. Kandidaten utdyper at i de fleste prosjekter er løsningen allerede valgt når de kommer inn i prosjektet. Når de derimot fungerer som rådgiver på byggherresiden, har de muligheten til å anbefale løsning når de utarbeider kravspesifikasjoner.

Blant boligutviklerne svarer kandidat 3 at det i praksis er entreprenør som velger løsningen basert på funksjonsbeskrivelsen. Kandidaten forklarer imidlertid nærmere at arkitekt i prosjektutviklingen tegner ut prosjektet i samarbeid med rådgiver, og dermed planlegger størrelse og plassering av sjakter. Sjaktenes størrelse og plasseringer vil derfor legge føringer for hvilken ventilasjonsløsning entreprenør kan velge. Tilsvarende forteller kandidat 12 at

det legges føringer i deres kravspesifikasjon for når det skal velges henholdsvis en sentral og en desentral løsning.

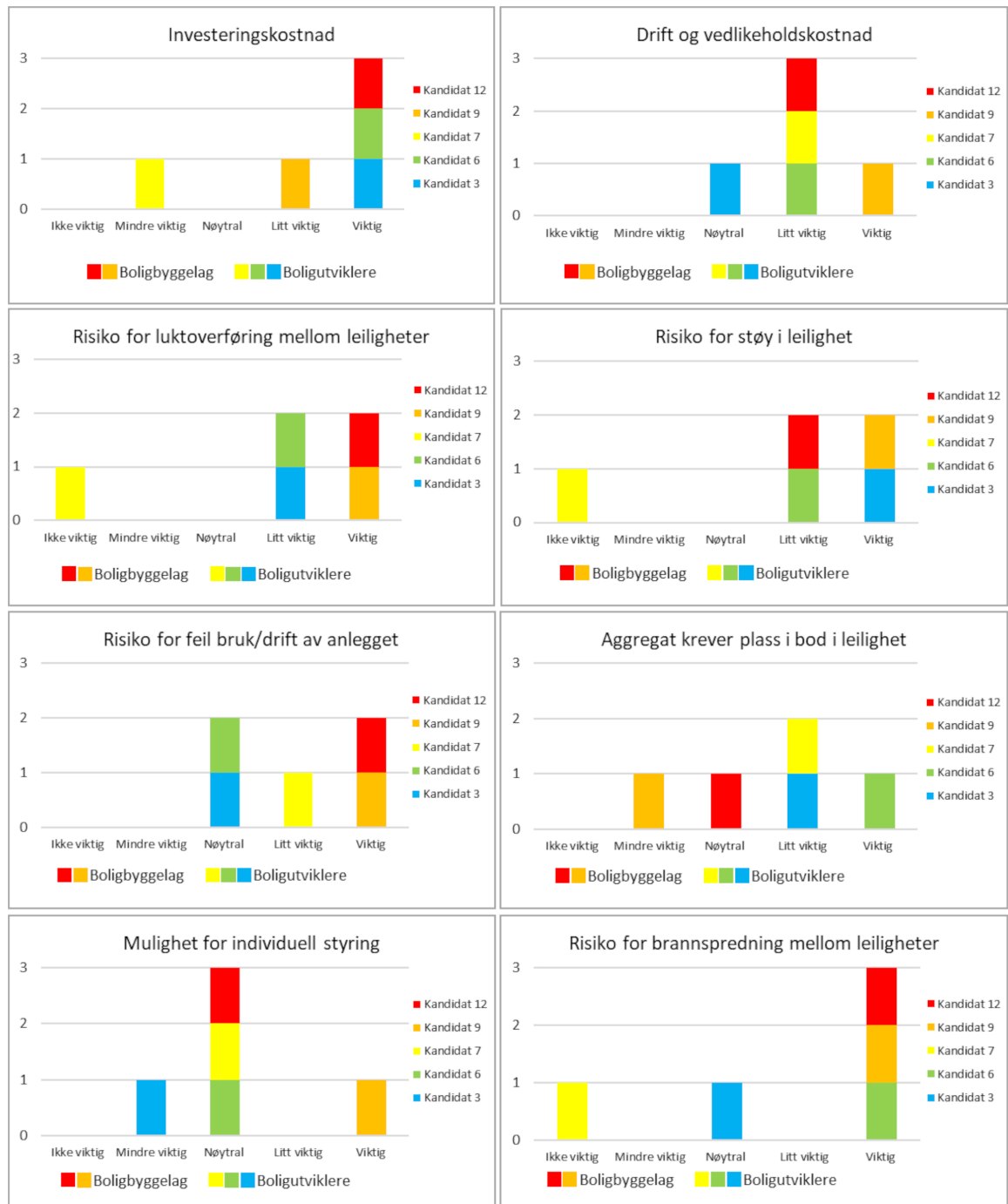
Ifølge kandidat 11 og 13 er det ikke slik at det er én ventilasjonsutforming som er klart bedre enn alle andre alternativer. Kandidat 13 utdyper at det er mange faktorer som kan spille inn, og det er dermed ingen fasit ved valg av løsning. Det er ofte en spesifikk grunn til at en løsning må velges fremfor andre, i henhold til kandidat 11. Logistikk i bygg kan være en faktor som gir mangel på spillerom ved valg av løsning. Dersom tak og kjeller skal brukes til andre formål, f.eks. solceller, utendørs oppholdsarealer eller næring, kan det bli nødvendig å velge en desentral løsning, på grunn av mangel på plass til å plassere et sentralaggregat. Tilsvarende vil valg av løsning være begrenset dersom leilighetene allerede er tegnet ut og solgt. Kandidat 2 og 13 svarer at markedet man opererer i også er en faktor med innflytelse for valg av ventilasjonsløsning. Et marked med fokus på å bygge flest mulig leiligheter og høyest mulig bygg vil påvirke størrelse på leiligheter, og sette begrensninger for hvilke løsninger som er hensiktsmessige. Kandidat 1 forteller at antall boenheter i bygget har betydning for valg av løsning. Ved få leiligheter velges typisk en desentralisert løsning, mens sentrale løsninger velges i bygg med mange boenheter. Kandidat 14 forklarer at ved flere enn 10-15 leiligheter vil valg av et sentralt anlegg være mer lønnsomt enn valg av en desentral løsning. Tilsvarende svarer kandidat 6 at ved mer enn ca. 20 boligheter er det av hensyn til kostnad hensiktsmessig å velge en sentral løsning. Dessuten kan type eier påvirke hvilke faktorer som anses som viktige, og dermed spille inn i valg av løsning, ifølge kandidat 13.

### Prioriteringer

De forskjellige ventilasjonsutformingene vil ha forskjellige styrker og svakheter. Hvordan de ulike utformingenes egenskaper vektlegges, vil påvirke hvilken løsning som velges i et boligprosjekt. Kandidatene i intervjugruppe 1 for boligutviklere og boligbyggelag stilles derfor spørsmål om hvilke fordeler og ulemper de mener er viktige i forbindelse med ventilasjon i leilighetsbygg. Figur 32 illustrerer kandidatenes besvarelser vedrørende hvordan de prioriterer ulike egenskaper knyttet til forskjellige ventilasjonsløsninger.

Generelt svarer flertallet av kandidatene at kostnad er litt viktig eller viktig ved valg av løsning. Videre indikerer besvarelsene at investeringskostnaden anses som viktigere enn drift og vedlikeholdskostnaden. Kandidat 3 utdyper at investeringskostnaden prioriteres høyt for boligutviklere og entreprenører. Kandidaten mener imidlertid det er viktig at det ikke er en uforholdsmessig høy drift og vedlikeholdskostnad. Dette fordi man risikerer klager fra beboere og krav om utbedring dersom disse kostnadene er for høye. I forbindelse med investeringskostnaden skiller kandidat 7 sin besvarelse seg ut fra resten av intervjugruppen. Kandidaten forteller at for dem som boligutvikler anses investeringskostnaden mindre viktig for valg av løsning. Dette fordi det i siste ende ikke er boligutvikler som betaler for løsningen, men kunden. Ved valg av løsning er det i stedet å unngå reklama-

sjoner i ettertid som anses som viktigst for dem som boligutvikler. Kandidatene gjøres oppmerksomme på at drift og vedlikeholdskostnaden også inkluderer kostnader knyttet til energiforbruk. I denne forbindelse kommenterer kandidat 7 at de ikke har et kjempfokus på energieffektivitet i deres boligprosjekter. Kandidat 6 forteller derimot at de svanemerker byggene sine, hvilket innebærer krav til at byggene skal bruke lite energi.



Figur 32: Prioriteringer ved valg av ventilasjonsløsning

Flertallet av kandidatene svarer at risiko for luktoverføring mellom leiligheter anses som en



viktig eller litt viktig faktor i forbindelse med valg av ventilasjonsløsning. Kandidat 7 sin besvarelse avviker fra de resterende kandidatene, idet kandidaten svarer at denne faktoren ikke anses som viktig for valg av løsning. Kandidaten utdyper at luktproblematikk er viktig i forbindelse med at de ønsker å unngå reklamasjoner i ettertid, men at det ikke anses som relevant for valg av løsning. De forutsetter at luktproblematikk er ivare tatt uavhengig av hvilken løsning som velges.

I forbindelse med risiko for støy i leilighet anser flertallet av kandidatene dette som en litt viktig eller viktig faktor for valg av løsning. Kandidat 12 anser faktoren som litt viktig for valg av løsning, og stiller krav om at individuelle aggregater plasseres i rom som ikke er beregnet for varig opphold med tilstrekkelig avstand/lyddempning til soverom og oppholdsrom. Videre krever kandidaten at det velges et støysvakt aggregat. Kandidat 3 utdyper at de får greie på det dersom beboerne opplever støy. For å unngå klager og risiko for krav om utbedring, anses dette derfor som en viktig faktor. Kandidaten forteller at tilbakemeldinger om støy er en av de vanligste klagene de opplever, og at det ved desentrale løsninger kan være vanskeligere å komme innenfor lydkravene på grunn av kortere avstand mellom aggregat og ventiler i oppholdsrom. Kandidat 7 svarer derimot at denne faktoren ikke anses som relevant for valg av løsning, idet kandidaten forutsetter at lydkrav skal oppfylles, uavhengig av hvilken løsning som velges.

En desentral løsning har som fordel at løsningen gir beboerne mulighet for individuell styring av luftmengde og temperatur. Til gjengjeld kan en desentral løsning innebære en større risiko for feil bruk av anlegget, fordi beboerne selv står for driften. Overordnet indikerer kandidatenes besvarelser at risiko for feil drift anses som viktigere enn mulighet for individuell styring av anlegget. Kandidat 12 utdyper at sentrale løsninger nok også i fremtiden vil være beskrevet løsning i deres prosjekter, men at man ser en dreining mot flere prosjekter med desentrale anlegg, idet beboere er blitt mer bevisst på å kunne styre anlegget selv etter egne preferanser for luftmengde og temperatur. Kandidat 9 anser mulighet for individuell regulering som viktig, og forteller at de av denne grunn har gått over til individuelle anlegg i nybygg. Kandidat 3 erfarer at den positive kundeopplevelsen av å selv kunne regulere ved valg av en desentral løsning, trekkes ned av det nødvendige vedlikeholdsarbeidet som beboer må gjennomføre. Kandidaten forteller at individuell styring i form av mulighet for forsering av kjøkken og fuktstyring på bad er det som forventes, og at dersom dette fungerer er beboerne fornøyde.

Desentrale løsninger vil typisk medføre at aggregatet vil oppta plass i en bod i leilighetene. Det er stor spredning mellom kandidatenes vurdering av hvordan denne faktoren bør vektlegges ved valg av løsning. Kandidat 12 anser faktoren som nøytral for valg av løsning, men stiller krav til at det tas hensyn til hensiktsmessig innredning ved plassering i innvendig bod. Kandidat 3 mener det er bedre å samle anlegget et annet sted, og ikke oppta plass i bod. Kandidat 7 forteller at utover å spise av salgbart areal, vil aggregat-

plassering i bod også ofte kreve uønskede innkassinger for kanalføringer for inntak mellom aggregat og fasade.

Det er også stor spredning i hvordan kandidatene vektlegger risiko for brannspredning mellom leiligheter. Kandidat 7 anser ikke faktoren som relevant for valg av løsning, og begrunner dette med at det forutsettes at løsningen oppfyller brannkrav uansett hvilket alternativ som velges. Kandidat 3 som svarer at de anser faktoren som nøytral for valg av løsning, beskriver tilsvarende at det forventes at anlegget uavhengig av utforming skal tilfredsstillende forskriften, og at dette blant annet løses med brannisolering.

### Ventilasjonsutforminger

Samtlige kandidater får spørsmål om hvilke løsninger de foretrekker/anbefaler. I dette avsnittet presenteres hvilke fordeler og ulemper som ifølge kandidatene forbindes med henholdsvis sentrale og desentrale løsninger, hvilke tilbakemeldinger kandidatene erfarer for løsningene, samt hvilke faktorer som blir avgjørende for valg av løsning. Kandidatene meninger om forskjellige løsninger for kjøkkenavtrekk presenteres separat i et eget etterfølgende avsnitt.

#### Fordeler sentrale løsninger

Flere av intervjukandidatene svarer at driftssikkerhet er en av hovedfordelene som gjør at sentrale løsninger foretrekkes. Kandidat 14 utdyper at service anses som enklere ved sentrale løsninger, både med hensyn til arbeidstid og materialforbruk. Videre anses det som en fordel at løsningen ikke medfører behov for brukerbetjening av anlegget. Kandidaten forteller videre at overvåking av ventilasjonsanlegget er enklere ved valg av sentrale utforminger. Tilsvarende forklarer kandidat 13 at det anses som en stor fordel at løsningen kun innebærer ett punkt for drift og vedlikehold. Også kandidat 6 trekker frem færre servicepunkter som en viktig fordel. Av hensyn til energiforbruk anses drift og vedlikehold viktig for å sikre at anleggene fungerer som de skal. Kandidaten forklarer at valg av sentrale løsninger sikrer at nødvendig service blir gjennomført. Tilsvarende tror kandidat 10 at enklere drift er en avgjørende årsak til at sentrale løsninger velges. Kandidat 3 trekker frem driftssikkerhet som en hovedfordel for valg av sentrale løsninger, og forteller at de erfarer mindre henvendelser fra kundene fordi drift og vedlikehold ivaretas av profesjonelle. Også kandidat 7 svarer at sentrale løsninger velges av hensyn til drift av anlegget, idet man unngår at beboere må stå for filterskift og lignende.

En annen hovedfordel som nevnes av flere av intervjukandidatene er kostnader. Kandidat 14 forteller at lave kostnader tilknyttet installasjon, drift og vedlikehold er viktige fordeler som gjør at det velges sentrale utforminger. Kandidaten erfarer at ved mange boenheter vil en sentral løsning ha lavest installasjonskostnad. Dessuten blir løsningen ofte billigere for sluttbruker i driftstiden, når det tas hensyn til kostnad av service og energiforbruk. Kandidat 13 mener tilsvarende at sentrale løsninger er rimeligere, men kommenterer

at dette er forutsatt at det ses bort i fra kvadratmeterprisen og nødvendig plass til sjakter og teknisk rom. Også kandidat 3 mener en hovedfordel for sentrale løsninger er at de er kostnadseffektive. Tilsvarende svarer kandidat 4 at lave installasjonskostnader er en hovedfordel.

Arealeffektivitet er en annen fordel som forbindes med sentrale løsninger. Både kandidat 3, 7 og 14 nevner plass i sjakt som en viktig årsak til at sentrale løsninger velges. Kandidat 3 og 14 utdyper at sentrale løsninger gir reduserte sjaktarealer som igjen frigjør bruksareal for salg. Det antas i denne forbindelse at kandidatene forutsetter separate føringer for avkast fra hver enkelt leilighet til tak ved valg av desentrale løsninger. Videre nevner kandidat 14 at det anses som en viktig fordel at boder eller himling i leilighet ikke utstyres med aggregater, mens kandidat 6 mener en viktig fordel er at støykilden er plassert utenfor leilighetene.

#### Utfordringer sentrale løsninger

En utfordring for sentrale løsninger som trekkes frem av flere kandidater som en årsak til fravalg av løsningen, er begrenset mulighet for individuell regulering. Ifølge kandidat 9, 14 og 16 har beboerne ved valg av sentrale løsninger ikke samme frihet til å regulere innblåsingstemperatur og luftmengde. Kandidat 9 utdyper at de mener en viktig ulempe ved sentrale løsninger er at anlegget må innstilles likt for alle beboerne. Fordi beboernes preferanser kan variere mye, er det en utfordring å velge en temperatur og luftmengde som vil passe for alle.

Brann og røyksikring er en annen ulempe som nevnes for sentrale løsninger. Kandidat 10 forteller at det bør være brannspjeld inn til hver leilighet ved sentrale løsninger. Disse brannspjeldene vil utgjøre et servicepunkt innenfor leiligheten, som vil kreve jevnlig kontroll og vedlikehold. Kandidat 16 er enig i at eventuelle spjeld innenfor boenheten vil ha behov for service og vedlikehold. Ved sentrale løsninger vil det dermed ikke nødvendigvis kun være ett sentralt vedlikeholdspunkt. Kandidat 10 nevner dog at hvilke tiltak som anses som nødvendige, vil kunne variere mellom brannrådgivere. Tilsvarende nevner kandidat 14 at brann og røyksikring kan være fordyrende for sentrale løsninger.

#### Fordeler desentrale løsninger

Flere av intervjukandidatene svarer at mulighet for individuell regulering er en av hovedfordelene som gjør at desentrale løsninger foretrekkes. Kandidat 14 erfarer at mulighet for brukerinntflytelse er en fordel forbundet med tilfredshet hos beboerne. Tilsvarende svarer kandidat 5 at beboere som kan kontrollere eget anlegg virker mer fornøyde. Også kandidat 3 og 15 svarer at et ønske om mer lokal styring er en medvirkende årsak til at de har gått over til desentrale løsninger i sine prosjekter. Tilsvarende mener kandidat 6, 9 og 16 at en hovedfordel ved desentrale løsninger er at beboerne i hver enkelt leilighet har mulighet til å velge temperatur og luftmengde innenfor et visst område etter egne preferanser.

Både kandidat 2 og 15 mener at en annen viktig fordel ved desentrale løsninger er at løsningen krever mindre plass i sjakt. Kandidat 15 utdyper at sjaktareal er hovedårsaken til at de har gått bort fra sentraliserte ventilasjonsløsninger. Sjakter vil spise av salgbart bruksareal, og det er dermed et stort fokus på å redusere nødvendig sjaktareal. Videre erfarer kandidat 14 at valg av individuelle aggregater er den mest lønnsomme løsningen i bygg med få boenheter.

Luktproblematikk er en annen hovedfordel som nevnes av flere av intervjukandidatene. Kandidat 16 mener at man ved valg av desentrale løsninger unngår utfordringer med overføring av lukt mellom boenheter. Kandidat 8 forklarer tilsvarende at luktsmitte er den viktigste grunnen for valg av desentrale løsninger. Fordi det er snakk om boliger og private sfærer, anses det svært viktig å ikke blande lukt mellom leilighetene. Videre forklarer kandidaten at man i sentrale løsninger kan velge plategjennvinnere fremfor roterende gjennvinnere for å unngå overføring av lukt, men at dette vil gå på bekostning av energiforbruket, da det vil gjenvinnes mindre energi. Også kandidat 6 mener det skal mer til for at lukt spres mellom boenheter, og at det dermed er lettere å argumentere for at det ikke vil være risiko for luktsmitte ved valg av desentrale løsninger.

En annen fordel som nevnes for desentrale løsninger, er risiko for brannspredning mellom leiligheter. Ifølge kandidat 16 er det ved desentrale løsninger enklere å ivareta brannkrav i forbindelse med gjennomføringer i bygningskonstruksjoner. Kandidat 9 utdyper at boliger alltid er egne brannceller, og at eventuelle føringer på tvers av boliger medfører krav om tiltak mot spredning av røyk og brann mellom leilighetene.

#### Utfordringer desentrale løsninger

En utfordring for desentrale løsninger som trekkes frem av flere kandidater som en potensiell årsak til fravalg av løsningen, er drift og vedlikehold av anlegget. Kandidat 11 utdyper at driftssiden er en utfordring for desentrale løsninger. Dette fordi man er avhengig av at noen skifter filtre, og at det etableres rutiner for jevnlig kontroll av at anlegget fungerer. Det anses viktig å få til gode løsninger for hvordan vedlikehold skal håndteres, fordi man i verste fall kan risikere fuktproblemer dersom ventilasjonen ikke fungerer som tiltenkt. Kandidat 14 mener at drift og vedlikehold er vanskeligere i bygg med desentrale løsninger sammenlignet med bygg med sentralisert ventilasjon. I forbindelse med filterskift er man avhengig av tilgang til mange leiligheter i stedet for ett sentralisert aggregat. Ifølge kandidaten anses dessuten overvåking av anlegget for å avdekke eventuelle feil som kostbart og vanskelig i desentrale anlegg. Det er, ifølge kandidat 3, viktig å levere en ordentlig driftsinstruks for å sikre at anleggene fungerer som forutsatt. Videre forteller kandidat 15 at de alltid ønsker vegghengt aggregat av hensyn til lettere tilkomst i forbindelse med bytte av filter. Kandidaten anser det som viktig å legge til rette for at beboerne skal kunne skifte ut filter i aggregatet.

Overordnet er det fire mulige løsninger for drift og vedlikehold i et leilighetsbygg med en desentral ventilasjonsløsning som nevnes av kandidatene:

1. Hver enkelt beboer bestiller og skifter ut filter selv
2. Hver enkelt beboer inngår en egen serviceavtale
3. En utvalgt representant i sameiets styre får ansvar for bestilling av filtre, og en vaktmester står for utskiftning for alle leilighetene
4. Sameiet inngår en felles serviceavtale for alle leilighetene

Kandidat 6 forteller at det er husstanden selv som er ansvarlig for service i deres boligprosjekter, og at eventuelle serviceavtaler er til den enkelte beboer. Kandidat 3 svarer tilsvarende at etter boligen er overlevert til sluttkunde, overtar kunden ansvaret for driften av anlegget. Det kan, ifølge kandidaten, tilrettelegges for at beboere kan inngå avtale for service, men dette er opp til boligsameiet eller den enkelte beboer. Kandidat 11 forklarer også at en serviceavtale vil utgjøre en kostnad for sameiet, og det er opp til sameiet om de velger å knytte seg til en serviceavtale eller ikke.

Kandidat 13 anser det som en svakhet for desentrale løsninger at det forventes at bruker skal stå for vedlikehold av anlegget. Tilsvarende mener kandidat 3 det er en ulempe om beboer må tenke på drift. Kandidat 9 fraråder at ansvaret for vedlikehold av ventilasjonsanlegget legges på den enkelte beboer. Kandidaten mener at man ikke kan regne med at hver enkelt beboer forstår at de jevnlig må skifte filter, eller at de vet hvordan det gjøres. Dersom dette ansvaret legges på hver enkelt beboer er det, i henhold til kandidaten, ren tilfeldighet om nødvendig vedlikehold gjennomføres. Kandidat 3 utdyper at skift av filter, eller utbedring dersom komponenter i anlegget går i stykker, kan bli kostbart for kunden dersom hver enkelt beboer har sin egen serviceavtale.

Kandidat 9 mener at en felles løsning for drift er nødvendig i desentrale løsninger for å sikre at nødvendig vedlikehold gjennomføres. Sameiet har da to måter løse drift de kan velge mellom. Den ene måten er at sameiet inngår en serviceavtale med ventilasjonsfirma som har bygget anlegget. En slik serviceavtale vil innebære at ventilasjonsfirma kommer og skifter filter i aggregat en gang i året. Den andre måten er at det utnevnes en person i styret i sameiet, som tar på seg ansvaret for bestilling av filtre fra leverandør, og at en vaktmester får oppgaven å skifte filtrene. Kandidaten mener at en felles løsning for drift totalt sett vil bli rimeligere sammenlignet med en løsning hvor hver enkelt beboer har en egen avtale for service. Kandidat 7 forteller at de har som praksis å tilby serviceavtale til sameiet via entreprenør. Kandidaten fremmer at det inngås en avtale med entreprenøren som har bygget anlegget for å ivareta garantien. Manglende vedlikehold kan være en kilde til reklamasjoner. Dersom sameiet inngår serviceavtale, er det lettere å argumentere for at utilstrekkelig vedlikehold ikke er årsak til eventuelle feil. Kandidaten erfarer dog at deres serviceavtale oppleves dyrere enn andre alternativer på markedet, og at sameiene derfor i

hovedsak har egne serviceavtaler.

At aggregat opptar boligareal i leiligheten, nevnes også som en ulempe for desentrale løsninger av kandidat 14. Kandidat 2 forklarer videre at fordi forskriftene ikke lenger stiller krav til bod i leilighet, er dessuten muligheten for plassering av individuelle aggregater blitt mer begrenset. Videre forteller kandidat 3 at behov for store sjakter er en utfordring hvis kanaler skal føres separat fra hver leilighet til tak. Dessuten nevner kandidaten at det er en risiko for kondens på inntakskanalen, selv om den isoleres mot dette. Videre bør inntak som plasseres i fasade skjermes for oppvarming og bør plasseres mot nord/øst. Dette kan være vanskelig i bygg hvor leilighetene ikke er gjennomgående. Kandidaten forteller også at de har erfart problemer med luktsmitte i forbindelse med balkonger hvis inntak plasseres i fasade.

## Varmegjenvinningsteknologier

### Desentrale løsninger

For desentrale løsninger svarer samtlige intervjukandidater at det anvendes roterende varmegjenvinner. Kandidat 2, 5, 8, 15 og 16 svarer at roterende gjenvinnere brukes utelukkende i desentrale løsninger. Kandidat 1 og 5 utdyper i denne forbindelse at desentraliserte aggregater typisk leveres med en egen stuss for kjøkkenavtrekk dersom kjøkkenavtrekk skal kobles til aggregat. Avtrekksluften fra kjøkkenavtrekk kobles derfor på etter gjenvinner i aggregatet. Kandidat 13 forteller at roterende veksler velges av hensyn til energi, fordi det er vekslertypen med høyest gjenvinningsgrad.

### Sentrale løsninger

For sentrale løsninger er det større variasjoner i kandidatenes besvarelser vedrørende hvilken type varmegjenvinner som bør velges. Kandidat 1, 5 og 14 mener det bør velges plategjenvinner i sentrale ventilasjonsanlegg, uavhengig av hvilken løsning som velges for kjøkkenavtrekk. Kandidat 1 utdyper at roterende gjenvinnere ikke bør velges ved sentrale løsninger i leilighetsbygg, fordi matos også vil trekkes av ved andre avtrekkspunkter i leiligheten. Dermed vil det være risiko for luktsmitte mellom leiligheter, selv om kjøkkenavtrekket løses separat fra sentralaggregatet. Kandidat 5 anbefaler tilsvarende plategjenvinner ved sentrale løsninger, og begrunner dette med at de har erfart klager ved valg av roterende gjenvinner. Kandidat 14 fraråder tilsvarende bruk av roterende gjenvinnere i sentrale leilighetsanlegg, fordi det alltid vil være litt luftlekkasje i gjenvinneren, og dermed vil det også forekomme luktoverføring. Kandidaten utdyper at klager knyttet til spredning av lukt mellom boenheter er grunnen til at de tilnærmet aldri leverer roterende gjenvinner i leilighetsbygg. Kandidaten forteller videre at det ved valg av plategjenvinner kan være nødvendig med forvarming av luften på grunn av fare for tilising. Kandidat 12 svarer tilsvarende at det ved sentrale løsninger skal velges en varmegjenvinning uten risiko for spredning av lukt, men at anlegg som dekker fellesarealer kan ha roterende gjenvinner.

Kandidat 6 svarer at dersom kjøkkenavtrekket føres via aggregatet bør det ved sentrale løsninger velges plategjenvinner av hensyn til luktsmitte mellom leiligheter. Kandidaten utdyper at de i tidligere prosjekter med sentrale aggregater med roterende gjenvinner opplevde kortslutning i rotor. Dette er årsaken til at det nå velges plategjenvinner i sentrale anlegg. Kandidaten kommenterer dog ikke hvilken gjenvinner som bør velges dersom kjøkkenavtrekk løses separat fra det sentrale ventilasjonsaggregatet. Kandidat 13 mener tilsvarende at dersom kjøkkenavtrekket føres via aggregatet bør det velges plategjenvinner. Kandidaten mener derimot at hvis avtrekk fra kjøkken ikke føres til aggregatet, kan roterende gjenvinner brukes i sentrale ventilasjonsanlegg.

Kandidat 3 og 4 svarer derimot at de velger roterende gjenvinner i sentrale ventilasjonsanlegg. Kandidat 3 svarer at de pleier å bruke roterende veksler i sentrale anlegg og har god erfaring med dette. Kandidaten utdyper at det hender at de får klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs, men at dette er sjeldent. Videre forteller kandidaten at eventuelle klager om luktoverføring mellom boenheter sjeldent skyldes overføring i forbindelse med roterende veksler. Kandidat 4 svarer tilsvarende at de bruker roterende gjenvinner av hensyn til høyest mulig gjenvinningsgrad. Kandidaten tilføyer at de heller ikke bruker andre tiltak for å unngå spredning av matlukt eller tobakksrøyk mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget. I henhold til kandidaten virker dette ikke å være et stort problem, da det er få saker om dette som meldes inn til deres serviceavdeling.

Kandidat 13 forteller at andre faktorer utover gjenvinner kan være årsak til spredning av lukt mellom leiligheter. Ifølge kandidaten er plassering av inntak og avkast en klassisk forklaring for luktspredning mellom boenheter. Videre kan utettheter i bygget også føre til spredning av matlukt og tobakksrøyk. Kandidat 6, som bruker plategjenvinner som tiltak mot spredning av lukt, forklarer tilsvarende at de erfarer klager om luktspredning mellom leiligheter, men at disse klagene handler om kortslutning utvendig mellom inntak og avkast. Også kandidat 1 trekker frem plassering av inntak og avkast som en viktig faktor i forbindelse med luktspredning. Kandidaten mener et enkelt og viktig tiltak er å undersøke hva som er fremherskende vindretning ved plassering av inntak og avkast. Kandidat 7 svarer at klager på lukt er ulempen ved valg av sentrale anlegg. Kandidaten erfarer at det kan være vanskelig å avdekke årsaken til luktspredning, idet kandidaten har opplevd klager på lukt på tross av god avstand mellom inntak og avkast, i prosjekter hvor det ikke er brukt roterende gjenvinner. Kandidat 5 forteller at det hender kunder etterspør kombinasjonsfilter på avtrekk som et alternativt tiltak mot luktspredning. Kandidaten utdyper dog at valg av kombinasjonsfilter vil medføre en større kostnad til drift og vedlikehold. Kandidaten er usikker på om boligsameiene fortsetter å kjøpe kombinasjonsfilter, på grunn av kostnaden.

### Løsning for kjøkkenavtrekk

Samtlige kandidater får spørsmål om hvilke løsninger for kjøkkenavtrekk de foretrekker/anbefaler. I dette avsnittet presenteres hvilke fordeler og ulemper som ifølge kandidatene forbindes med forskjellige løsninger for kjøkkenavtrekk. Dessuten presenteres hvilke tilbakemeldinger kandidatene erfarer for løsningene, samt hvilke faktorer som blir avgjørende for valg av løsning.

#### Separate kanaler for kjøkkenavtrekk fra hver leilighet

Kandidat 3 forteller at en løsning med separate kanaler for kjøkkenavtrekk fra hver enkelt leilighet til tak er sjeldent brukt i leilighetsbygg. En slik løsning er mer vanlig i eneboliger og rekkehus hvor avkast fra kjøkken kan plasseres i yttervegg. Kandidat 13 svarer tilsvarende at løsningen er beholdt mindre leilighetsblokker. Dette begrunnes med at løsningen er plasskrevende, fordi kjøkkenavtrekket må føres over tak. På grunn av høye kvadratmeterpriser, ønsker man å unngå plasskrevende løsninger. Kandidaten fraråder valg av løsningen i bygg med mange etasjer, fordi kjøkkenhetter med integrert vifte har begrenset kapasitet for trykkfall. Løsningen bør derfor kun brukes i bygg som er maksimalt 2-3 etasjer. Kandidat 10 og 16 forteller tilsvarende at lengden av kanalføringer bør begrenses til maksimalt 2-3 etasjer. Kandidat 2 mener også at løsninger med separat kjøkkenavtrekk over tak er kostbare fordi kanalene vil kreve mye plass i sjakter.

#### Felles kanal for kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter

Kandidat 1 mener at en fordel ved en felles kanal for kjøkkenavtrekk til tak er at utformingen gjør innregulering lettere i sentrale løsninger. Tilsvarende mener kandidat 13 at denne løsningen foretrekkes i sentrale anlegg fordi utformingen er enklere å løse teknisk. Dessuten nevner kandidaten at det er en energimessig fordel at man kan bruke roterende gjenvinner. Dette fordi det kan oppnås bedre gjenvinning sammenlignet med en løsning hvor det må velges plategjenvinner. Kandidat 16 forteller at løsningen er en fordel i høye bygg når det sammenlignes med en løsning med separate kjøkkenavtrekk fra hver enkelt leilighet. Dette fordi en felles avkastvifte vil ha større kapasitet for trykkfall sammenlignet med en vifte som er integrert i en kjøkkenhette. Kandidat 8 mener denne løsningen er kvalitetsmessig bedre i desentrale anlegg når det sammenlignes med en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres til aggregat. Dette fordi kjøkkenavtrekket holdes separat fra øvrig avtrekk i leiligheten.

Kandidat 1 og 3 mener at en utfordring ved denne utformingen er at løsningen krever plass til en ekstra kanal i sjakt når det sammenlignes med en løsning hvor kjøkkenavtrekk samles med øvrig avtrekk. Kandidat 2 forteller tilsvarende at en ekstra kanal for kjøkkenavtrekk anses som kostbart fordi løsningen vil kreve mye ekstra plass i sjakt. Videre tror kandidat 3 at lydsmitte kan være en utfordring for denne utformingen. Lydfeller anvendes i leilighetsbygg for å unngå at lyd spres mellom leiligheter. Ifølge kandidaten er lydfeller og kjøkkenavtrekk en dårlig kombinasjon. Kandidat 10 nevner dessuten at løsningen innebærer risiko for at beboere i leilighetene nærmest viften kan oppleve støy.



#### Kjøkkenavtrekk via aggregat

Kandidat 6 forklarer at en hovedårsak til at denne løsningen velges i sentrale anlegg er et ønske om å hente ut energi av avtrekksluften fra kjøkken. Kandidat 1 mener tilsvarende at det er energimessige årsaker til at utformingen velges i sentrale anlegg, idet kjøkkenavtrekk føres via aggregatet for gjenvinning. Kandidat 8 forteller at en annen energimessig fordel ved løsningen er at man ikke trenger egne vifter som blåser kjøkkenavtrekk over tak, idet man bruker viften i aggregatet. Kandidat 6 og 16 mener dessuten at det er en fordel for løsningen at man unngår en egen kanal for kjøkkenavtrekk i sjakt.

Kandidat 13 svarer til gjengjeld at det er en energimessig ulempe for løsningen at det på grunn av fett, lukt og partikler i kjøkkenavtrekk må velges plategjenvinner i sentrale anlegg. Kandidat 1 utdyper at plategjenvinnere har lavere virkningsgrad sammenlignet med roterende gjenvinnere. Kandidaten nevner dessuten at utformingen innebærer utfordringer i forbindelse med innregulering i sentrale anlegg. For desentrale anlegg mener kandidat 2 og 10 at aggregatets kapasitet for trykk og luftmengde vil begrense valg av kjøkkenhette og forsert luftmengde.

#### Resirkulerende kjøkkenhette

Kandidat 15 forteller at de har gått over til desentrale aggregater og bruk av resirkulerende kjøkkenhetter i alle prosjekter. En hovedfordel ved bruk av resirkulerende hetter er, ifølge kandidaten, fleksibilitet i forbindelse med plassering av kjøkkenhette og platetopp, da man slipper kanalføring frem til hetten. Plassering av kjøkkenøyer er dermed ikke begrenset på grunn av kjøkkenhette. Dessuten unngås uønskede innkassinger i forbindelse med kjøkkenøyer. Energiforbruk er en annen viktig fordel ved løsningen, ifølge kandidaten, da man ikke blåser varmen fra kjøkkenavtrekket ut over tak. Kandidaten utdyper at de, på grunn av bruk av roterende gjenvinner, ikke turte å gjenvinne varmen fra kjøkkenavtrekk før de gikk over til denne løsningen. Kandidaten forteller at det ikke tas hensyn til energi forbundet med forsering av kjøkken i beregning av bygningers energiramme. Kandidaten har derfor ikke klart å fremskaffe tall på hvor mye energi forseringen vil innebære. Kandidaten forteller at et hovedpremiss for at løsningen brukes, er at det benyttes kjøkkenhetter og kullfilterløsninger som er testet og godkjent sammen. Dessuten stiller de krav om at kjøkkenhette har en osoppfangningsevne på minst 92 %. Videre skal det være en separat avtrekksventil på kjøkkenet for å fjerne fukt som genereres under matlaging. En fuktføler i aggregat eller manuell styring skal sikre at det også forseres på kjøkken. Kandidaten forteller at de ikke har en egen kundeforhistorikk for løsningen enda, da det første prosjektet er i gang med overlevering. Til gjengjeld har kandidaten vært på befaringer og innhentet erfaringer fra tilsvarende prosjekter i Sverige, og kandidaten forteller at tilbakemeldingene er gode.

Kandidat 10 foretrekker av hensyn til brannsikkerhet en løsning bestående av desentrale

aggregater, med kombiboks for inntak og avkast i fasade og resirkulerende kjøkkenheter. Dette fordi en slik løsning helt vil unngå kanalføringer mellom leilighetene. Kandidaten tror dog en slik løsning er lite brukt, fordi man tenker den er for kostbar, idet man må opp i pris når man velger resirkulerende hetter. Dersom man vurderer løsningen helhetlig, og tar hensyn til at føringer i sjakt unngås, er det ifølge kandidaten ikke sikkert at utformingen blir så kostbar allikevel.

Kandidat 13 mener resirkulerende kjøkkenheter er en elegant løsning. Kandidaten erfarer at løsningen er i bruk i leiligheter mindre enn  $45 m^2$ , og ses f.eks. i studentboliger. Kandidaten tror løsningen benyttes i mindre grad i større leiligheter. Kandidat 2 forteller at en fordel for løsninger med resirkulerende kjøkkenheter er at utformingen vil kreve mindre plass i sjakt. Videre tror kandidat 16 at løsningen vil innebære en energimessig fordel.

Kandidat 11 og 16 fraråder derimot bruk av resirkulerende kjøkkenheter med kullfilter. Kandidat 11 mener at kullfilter ikke gir tilstrekkelig rensing av luften. Kandidat 16 utdyper at det er uenighet i bransjen om en slik løsning ivaretar preakseptert ytelse for avtrekk i TEK17. Kandidaten forteller at deres tolkning av forskriften er at avtrekk skal føres ut av bygningen, og at de dermed ikke vil anbefale denne løsningen.

Kandidat 3, 6 og 13 mener at en foreløpig barriere for løsningen er at det er behov for å undersøke hvor godt resirkulerende kjøkkenheter fungerer. Kandidatene synes alle løsningen er interessant, og nevner at SINTEF har et pågående prosjekt som blant annet skal gi mer erfaring og kunnskap om resirkulerende kjøkkenheter. Kandidat 3 forteller at løsningen kan ha en energimessig fordel som potensielt vil gjøre at løsningen brukes mer i fremtiden, men at dette vil avhenge av hvor høy luftmengde løsningen krever for å oppnå ønsket effektivitet.

## Løsning for erstatningsluft

### Sentrale løsninger

Kandidat 1, 4, 5, 13 og 14 svarer alle at forsering av kjøkken og bad løses ved trykkstyring av avtrekksviften, ved hjelp av en trykksensor i kanal, i boligprosjekter med sentrale ventilasjonsanlegg. Kandidat 14 forklarer at forsering av bad oppnås ved bruk av fuktstyrte ventiler, som åpner opp for mer luft når fuktnivået stiger. Også kandidat 1 anbefaler bruk av fuktstyrt ventil på bad. For forsering av kjøkken benyttes elektriske spjeld i kjøkkenhettene. Trykkstyringen fungerer ved at trykksensoren registrerer endring av trykket i kanalen når et spjeld åpnes og girer opp viften i aggregatet for å øke luftmengden. Kandidat 5 utdyper at dersom kun ett avtrekkspunkt åpner for forsering, vil det ikke registreres endring av trykk i kanalen. Avtrekkspunktet vil i stedet låne luft fra andre steder. Dersom flere avtrekkspunkter åpner opp for forsering, vil sensor fange opp en endring i kanaltrykket og sende signal til aggregatet om å gire opp viften.

Et stort flertall av kandidatene anbefaler at det kompenseres med tilluft ved forsering av kjøkken og bad. Løsningen for erstatningsluft varierer dog litt mellom kandidatene. Kandidat 5, 13 og 14 forteller at en vanlig løsning er trykkstyring av avtrekksviften med tilluftsviften som slave. Kandidat 5 utdyper at fordi det ikke er noen spjeld på tilluftssiden som åpner når tilluftsviften forserer, vil friskluften fordele seg jevnt utover anlegget. Det vil si at det ikke kun er leilighetene hvor avtrekkspunktene forserer som vil få en forsering av friskluften. Kandidaten forteller at en slik løsning stort sett fungerer fint.

Kandidat 1 og 4 anbefaler derimot at også erstatningsluft bør løses ved trykkstyring av tilluftsviften ved hjelp av en trykkløser i tilluftskanalen. Kandidat 1 utdyper at man ved en slik løsning har et ON/OFF-spjeld i forbindelse med én tilluftsvifte i hver leilighet, som åpner opp ved forsering av kjøkkenavtrekk. Kandidaten anbefaler denne løsningen for å ha kontroll på tilluften. Dette med hensyn til å bevare riktig luftfordeling mellom leilighetene.

Kandidat 13 forteller at det i leilighetsbygg hvor kjøkkenavtrekket løses separat fra ventilasjonsaggregatet, er mulig å kun gire opp tilluftsviften i aggregatet ved forsering av kjøkkenhetter. Kandidaten utdyper dog at man ved slike løsninger i praksis ofte ikke vil forsere tilluftsviften i aggregatet. I stedet tillater man at man får undertrykk i leilighetene, da man vurderer at forsering av kjøkken er kortvarig.

#### Desentrale løsninger

I henhold til kandidat 1 er forsering og erstatningsluft enklere å løse i desentrale ventilasjonsanlegg. Flertallet av kandidatene anbefaler at aggregatet kompenseres med mer tilluft ved forsering av kjøkken og bad. Kandidat 8 forklarer at desentrale ventilasjonsaggregater typisk har en integrert funksjon hvor en trykkstyring i aggregatet regulerer opp begge viftene ved forsering. Kandidat 1, 5, 11 og 16 svarer tilsvarende at ved forsering av kjøkken eller bad vil avtrekksviften gire opp og tilluftsviften følge etter, slik at aggregatet ivaretar luftbalansen i leiligheten.

Reguleringen av desentrale aggregater kan, i henhold til kandidatene, enten være manuell eller automatisk. Kandidat 5 forklarer at manuell regulering fungerer ved at aggregatene har et styrepanel hvor beboerne må trykke på forseringskappen for å forsere på bad. Tilsvarende må beboerne trykke på en knapp på kjøkkenhette for å starte forseringen. Kandidat 2 utdyper at det benyttes en trykkvakt ved kjøkkenhette for å sende signal til aggregatet om å gire opp viftene når kjøkkenhette forserer. Kandidat 5 mener det av hensyn til lyd er bedre at beboer selv kan velge når anlegget forserer enn at aggregatet gjør dette automatisk. Videre forklarer kandidaten at fuktsensorer som brukes hvis aggregatet skal forsere automatisk fort blir dårlige, på grunn av mye støv på bad.

Kandidat 1 anbefaler fuktstyrt avtrekk på bad dersom det er flere bad i leiligheten. Kandi-

daten begrunner dette med at man har en utfordring med å oppnå preakseptert luftmengde på bad i desentrale anlegg dersom leiligheten har mer enn ett bad. Dette fordi man uten fuktstyring ikke har kontroll på hvilket avtrekk som forserer. Ved bruk av fuktstyrte ventiler vil ventilen åpne når fuktinnholdet i luften stiger, og avtrekket gires opp inntil fukten i luften har nådd et ønsket nivå.

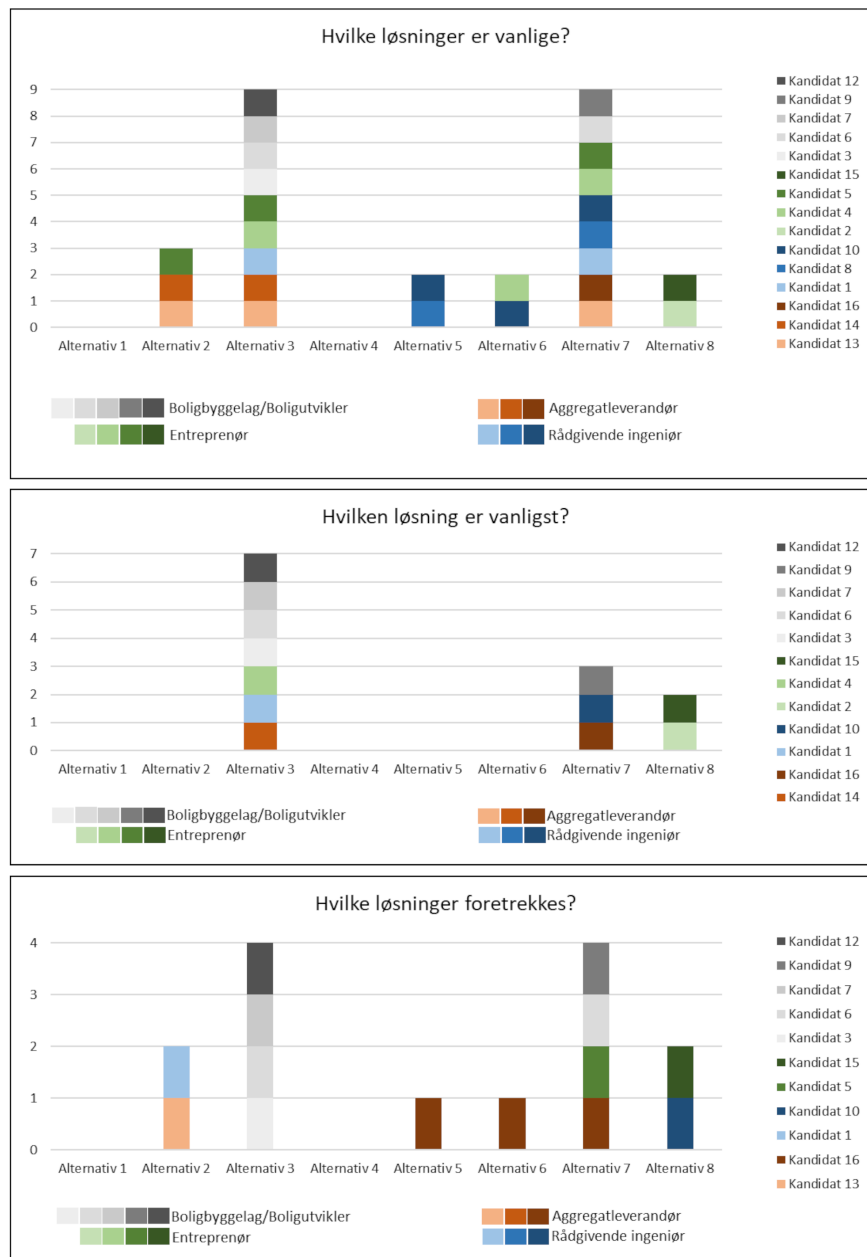
Kandidat 16 beskriver en litt annen løsning dersom det benyttes kjøkkenventilatorer med integrert vifte. For å tilføre ekstra friskluft ved forsering, benyttes en trykkvakt ved kjøkkenheten som sender signal til aggregatet om å regulere tilluftsviften opp ved forsering av kjøkken. Kandidaten beskriver at ved forsering av kjøkkenheten, vil avtrekksviften i aggregatet regulere ned. Det vil si at for å oppnå balanse i leiligheten vil luftmengder ved andre avtrekkspunkter reduseres. Kandidaten beskriver videre at desentrale aggregater ikke har kapasitet til å ivareta luftbalansen, dersom kunden ønsker designhetter som kan ha luftmengder opp mot  $700\text{--}800\text{ m}^3/h$ . Ved valg av designhetter må kunden derfor informeres om at de må tilføre friskluft med f.eks. en ventil i fasade eller ved å åpne et vindu. Kandidaten fraråder valg av slike hetter, av hensyn til ulemper med trekk, lydnivå og kvalitet på ufiltrert uteluft.

Ved valg av resirkulerende hetter kombinert med en egen avtrekksventil på kjøkken av hensyn til fukt, beskriver kandidat 15 to mulige løsninger for regulering. Den første løsningen er at aggregatet leveres med fuktføler. Dersom fuktføleren i aggregatet registrerer fukt fra kjøkken eller bad, økes luftmengden på tilluft og avtrekk. Det vil dermed forseres både på kjøkken og bad. Kandidaten har dog blitt frarådet denne løsningen av kolleger av hensyn til energi, trolig av hensyn til risiko for at fuktføleren slår ut for ofte. Den andre løsningen er manuell styring ved hjelp av en forseringsbryter på panelet på aggregatet. Denne løsningen er vanligst, i henhold til kandidaten. Kandidat 2 forklarer derimot at de i løsninger med resirkulerende kjøkkenhetter dimensjonerer avtrekk fra bad med forsert luftmengde hele tiden. Dermed unngås forsering og hensyn til erstatningsluft. Kandidaten forteller at det er en utfordring å oppnå preakseptert ytelse for forsert luftmengde på bad, dersom leiligheten har flere bad.

### Utforminger som bør undersøkes videre

#### Vanlige løsninger

I forbindelse med spørsmål om hvilke løsninger som foretrekkes, gir flere kandidater også svar på hvilke utforminger som er vanlige. Enkelte kandidater oppgir flere løsninger, mens andre kun svarer på hvilken løsning som er vanligst. For flertallet av kandidatene, er foretrukket og vanligste løsning den samme. Noen kandidater foretrekker derimot en annen løsning enn den de opplever er vanligst. Figur 33 illustrerer kandidatenes besvarelser vedrørende hvilke løsninger som er vanlige eller foretrukket. Det henvises til figur 7, 8 og 9 for definisjon av alternativ 1-8.



Figur 33: Vanlige og foretrukkede ventilasjonsløsninger

Av figuren ses det at alternativ 3, dvs. en sentral løsning med kjøkkenavtrekk ført til aggregat for varmegjenvinning, er den løsningen som anses som vanligst blant kandidatene. Videre er alternativ 2, som er en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak, også i bruk i prosjekter. Ingen av kandidatene har svart at alternativ 1, med sentralisert ventilasjon og separate føringer fra kjøkken til tak fra hver enkelt leilighet, er en vanlig eller foretrukket løsning. Tilsvarende gjelder for alternativ 4, dvs. en sentral løsning med bruk av resirkulerende kjøkkenhetter. For desentraliserte løsninger er alle alternativene i bruk, ifølge kandidatene. Alternativ 7, hvor kjøkkenavtrekk føres til aggregat, er den vanligste utformingen ved valg av desentrale løsninger.

Kandidat 4 utdyper at alternativ 3 brukes i tilnærmet 100 % av boligprosjekter i Osloområdet. I andre deler av landet er alternativ 6 og 7 utbredt, i henhold til kandidaten. Flertallet av kandidatene som er intervjuet arbeider i Osloområdet. På landsbasis vil sannsynligvis andelen av prosjekter med henholdsvis sentrale og desentrale løsninger være annerledes enn figuren antyder.

### Vanlige modifikasjoner

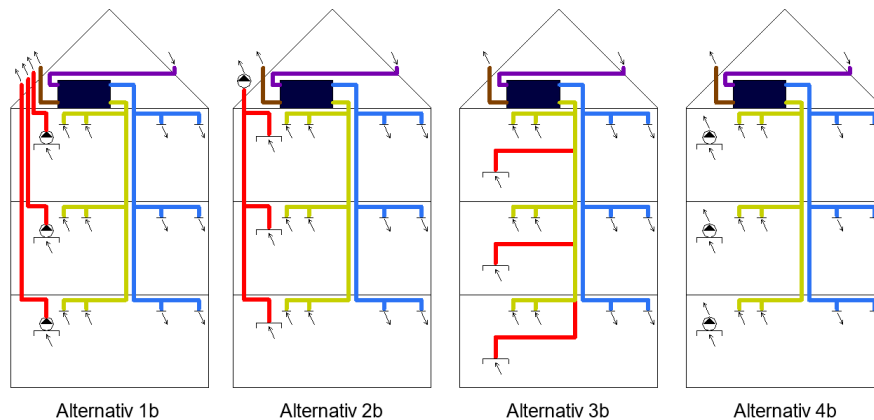
Alle de 8 alternative utformingene som er oppstilt i forbindelse med spørreundersøkelsen kan modifiseres på ulike måter. Som et eksempel kan føringer for inntak og avkast løses på flere måter. Videre kan aggregatet plasseres enten i kjeller eller på tak i sentrale løsninger. Tilsvarende kan aggregat plasseres i bod eller over himling i gang i desentrale utforminger. For å vurdere hvilke utforminger som er mest relevant å undersøke videre i de etterfølgende analysene av energiforbruk og lønnsomhet, stilles kandidatene spørsmål om det er noen forskjell mellom de illustrerte løsningene og måten de typisk planlegger anleggene. Det stilles dessuten spørsmål om VAV-regulering og samtidighet. Besvarelsene på disse spørsmålene skal brukes i forbindelse med vurdering av inndata i simuleringer av energi og beregning av økonomi.

### Sentrale løsninger

Kandidat 5 og 13 forklarer at både plassering av aggregat i kjeller og på tak er vanlig. Kandidat 14 forteller at aggregatplassering er et spørsmål om estetikk, plass og økonomiske konsekvenser. Flertallet av intervjukandidatene svarer at de foretrekker aggregatplassering på tak fremfor i kjeller. Kandidat 1 og 3 utdyper at aggregatet primært plasseres på tak, dersom reguleringshøyden tillater det. Kandidat 3 begrunner dette med at plassering i kjeller har ulempen at løsningen krever en dobling av sjaktareal på grunn av føringer av inntak og avkast til tak. Tilsvarende svarer kandidat 6, 7 og 14 at plassering på tak foretrekkes av hensyn til sjaktareal. Kandidat 14 utdyper at aggregat kan plasseres i et teknisk rom på tak, eller det kan velges aggregater til utendørsutførelse til plassering i friluft på tak. Kandidat 1 anbefaler plassering innendørs av hensyn til vedlikehold, og for å unngå bruk av glykol for frostsikring av vannbårne varmebatterier. Kandidat 14 forklarer at man av hensyn til økonomi vil spare kanalføringer ved plassering på tak. Kandidat 6 og 7 forklarer videre at plassering på tak foretrekkes på grunn av ønske om at arealet i byggets nederste etasje i stedet skal brukes til andre funksjoner, for eksempel næring. Kandidat 14 utdyper at det krever mye plass å plassere aggregatet innendørs i kjeller. Kandidat 1 forklarer at man i sentrale strøk har krav om areal til uteplass for beboerne. Dersom denne er begrenset, har man gjerne takterrasser, hvilket begrenser muligheten for plassering av aggregat på tak. Dette kan dermed være en årsak til at plassering i kjeller velges. Videre svarer kandidat 14 at det kan være estetiske hensyn som ligger til grunn for aggregatplassering i kjeller.

Kandidat 12 forteller at kjøkkenavtrekk kobles direkte på hovedføring i sjakt, fremfor

å tilkobles øvrig avtrekk inne i leiligheten. Denne modifiserte utførelsen er illustrert på figur 34. Kandidat 1 foretrekker en modifisert versjon av alternativ 2. Løsningen justeres ved at avkast fra kjøkkenhetter først samles fra flere leiligheter i en felles kanal til tak. Deretter føres kanalen til aggregatet på tak. Fordelen ved denne utformingen sammenlignet med alternativ 2 er dermed varmegjenvinning av avtrekksluften fra kjøkkenhettene. Kandidaten foretrekker en slik løsning fremfor alternativ 3, fordi innreguleringen blir enklere når kjøkkenavtrekket føres i en egen kanal i sjakt.



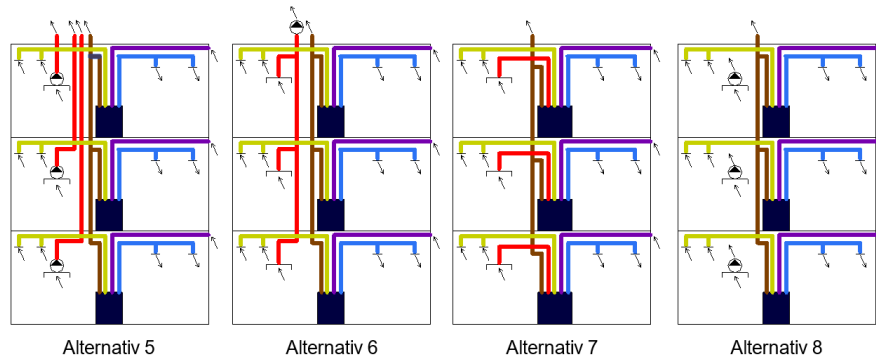
Figur 34: Vanlige utforminger i sentrale løsninger

#### Desentrale løsninger

Kandidat 1, 5, 8, 13 og 16 forklarer alle at ved valg av alternativ 7, benyttes et aggregat med en ekstra stuss for tilkobling av kjøkkenavtrekket. Kjøkkenavtrekket føres dermed i en egen kanal mellom hetten og aggregatet. Desentrale aggregater leveres alltid med roterende gjenvinner, i henhold til kandidat 16. En egen tilkobling for kjøkkenavtrekk sikrer at avtrekksluften fra kjøkken føres utenom gjenvinneren. Den modifiserte løsningen er illustrert på figur 35.

I henhold til kandidatene plasseres inntak typisk i fasade. Kandidat 15 forteller at hovedprinsippet for avkastet er føring over tak, men i noen prosjekter benyttes kombirist for inntak og avkast i fasade. Flertallet av kandidatene anbefaler at avkast føres over tak. Blant boligutviklerne, stiller kandidat 7 og 12 krav om dette, mens kandidat 3 svarer at det er vanlig at avkast føres over tak. Kandidat 13 forklarer at avkast stort sett føres over tak av hensyn til regelverk for avstand mellom inntak og avkast. Kandidat 15 utdyper at ett av poengene som kan oppnås i sertifiseringsordningen BREEAM stiller krav til minimum 10 meter mellom inntak og avkast. Kandidat 16 anbefaler generelt avkast over tak for å redusere risiko for støy på balkonger eller oppholdsrom/soverom i nærheten. Kandidat 15 forklarer at avkast samles i sjakt i noen prosjekter, mens de i andre prosjekter føres separat fra hver enkelt leilighet til tak. Kandidat 5 utdyper at avkast typisk vil samles i sjakt i høye bygg, og at det kan bli nødvendig med en hjelpevifte på tak. I lave bygg løses det derimot noen ganger med separate kanaler til tak. Dette vil dog kreve mer plass

i sjakt. Kandidat 2 svarer derimot at de benytter kombiboks for inntak og avkast i fasade. Tilsvarende forklarer kandidat 8 at kombiboks benyttes for alternativ 5, mens kandidat 10 benytter kombiboks i alternativ 8.



Figur 35: Vanlige utforminger i desentrale løsninger

Flertallet av kandidatene anbefaler at aggregatet plasseres i bod, og forteller at dette er den mest vanlige plasseringen. Kandidat 5 og 16 forklarer at plassering i bod anbefales av hensyn til lydnivå mot oppholdsrom. Kandidat 5, 13 og 15 nevner dog at det ikke lenger er krav i forskriften om bod i leiligheter. Kandidat 5 og 13 utdyper at man etter bortfallet av dette kravet ser flere tilfeller hvor aggregat plasseres i himling i gang. Kandidat 15 forklarer derimot at de, av hensyn til lett tilkomst for beboere, ønsker vegghengt aggregat. Aggregatet plasseres derfor i en nisje i gang fremfor over himling ved mangel på bod. Kandidat 4 svarer at aggregatplassering kan avhenge av leilighetsstørrelsen. I tre-roms leiligheter og større leiligheter plasseres aggregat typisk i bod, mens aggregatet ofte plasseres over himling i gang i to-roms leiligheter og mindre. Kandidat 2 foretrekker derimot plassering av aggregat over himling i gang av hensyn til montasjetid. Dette fordi aggregat og kanaler kan monteres samtidig. Ved plassering i bod må man vente på at malearbeid er ferdig før aggregatet kan monteres. Kandidat 1 forteller at det finnes en tredje løsning, nemlig plassering over kjøkkenheten. Ifølge kandidaten har løsningen blitt mye brukt i hybler og ett-roms leiligheter. Kandidat 16 utdyper at slike kjøkkenaggregater er aggregater med integrert kjøkkenhette som plasseres i kjøkkeninnredningen. Slike aggregater har begrenset kapasitet for luftmengde av hensyn til lydnivå, særlig med hensyn til at leiligheter ofte har en planløsning med felles kjøkken og stue.

### VAV-regulering

Samtlige intervju kandidater svarer at VAV-regulering eller behovsstyrt ventilasjon er svært uvanlig i leilighetsbygg. Kandidat 1, 8 og 13 utdyper at slike løsninger anses som for kostbare i boligbygg. Kandidat 1 og 13 forteller videre at VAV-spjeld krever ettersyn, og vil derfor være et stort vedlikeholdspunkt. Dessuten er VAV-spjeld plasskrevende, i henhold til kandidat 1. Kandidat 13 og 14 forteller at det vanligste er enklere løsninger som tilpasser seg etter fuktnivåer på bad og bruk av kjøkkenhetter, og som sikrer erstatningsluft ved



forsering.

### Samtidighet

Kandidatene i intervjugruppe 2 for aggregatleverandører, entreprenører og rådgivende ingeniører får spørsmål om hvordan de tar hensyn til samtidighet for forsering av kjøkken og bad, ved prosjektering av kapasitet for kanaler og aggregat. Kandidat 8 svarer i denne forbindelse at det tas kun hensyn til at det ene tilfellet er forsert. Det vil si at det ikke tas hensyn til samtidig forsering av flere rom. Kandidat 4 forklarer at aggregat og kanaler prosjekteres med hensyn til at en prosentandel av avtrekkspunktene forserer samtidig. Prosentandelen bestemmes i stort sett av RIV i hvert enkelt prosjekt, ifølge kandidaten. Kandidat 5 forteller at de ved dimensjonering av kanaler og aggregat pleier å ta utgangspunkt i at 70 % av kjøkkenhettene skal kunne forseres samtidig. Kandidat 1 svarer at de pleier å bruke en kurve fra Exhausto. Denne kurven oppgir en samtidighetsfaktor basert på antall kjøkkenhetter, og flater tilsvarende ut på 70 % [116]. Kandidat 13 erfarer at antallet av leilighetene som antas at forserer samtidig ligger i området 40-60 %. Kandidat 16 forteller at de typisk tar ut aggregatet i desentrale løsninger for grunnventilasjonen, og 20 % ekstra kapasitet til forsering. Den forserte luftmengden kan, ifølge kandidaten, eventuelt vurderes i forhold til størrelse på badet og fuktbelastning. Denne praksisen gjør at preakseptert ytelse på  $108 \text{ m}^3/\text{h}$  i forskriften oppnås, dersom badet er stort. Er badet lite ser kandidaten derimot ikke behov for å oppnå preakseptert ytelse. Kandidaten forteller dessuten at det ikke antas samtidig forsering av kjøkken og bad.

### **Brannsikkerhet**

De forskjellige sentrale og desentrale løsningene diskuteres med en brannrådgiver (kandidat 17). Hensikten med samtalen er å avdekke hvordan forskriftens krav for brannsikring av ventilasjonsanlegg tolkes, samt å vurdere hvilke tiltak som anses som nødvendig for de forskjellige løsningene. Det antas for alle løsninger felles sjakt for alle kanaler til tak. Brannrådgiver forutsetter at det er en lukket sjakt med brannmotstand på sjaktvegger.

### Kjøkkenavtrekk

Brannrådgiveren forteller at TEK17 stiller krav om at avtrekkskanal fra kjøkken skal utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 helt frem til sjakt. Dette kan løses ved bruk av brannisolering. Alternativt vil også gipsinnkassing av kanalen oppnå EI 15. Kravet gjelder uavhengig av om kanalene føres separat til tak eller samles i sjakten. Videre vil samling av kanalene i sjakt ikke medføre behov for ytterligere brannsikringstiltak. Et avvik fra kravet til brannmotstand for kjøkkenavtrekk må behandles som et fravik. Et fravik vil si at løsningen ikke tilfredsstillende preakseptert ytelse i VTEK. Et fravik vil være brannrådgiverens ansvarsområde, og krever at løsningen dokumenteres. Dessuten må løsningen gjennom en uavhengig kontroll. Brannrådgiveren forteller at det er veldig vanlig i deres prosjekter å gjøre denne fraviksvurderingen. For en løsning med kjøkkenavtrekk uten brannisolering forutsettes det en sikkerhetsavstand til brennbart materiale på 30 mm.

Kandidaten utdyper at de har en bacheloroppgave på problemstillingen, og er usikker på hvor vanlig dette fraviket er i resten av bransjen.

#### Tilluft og avtrekk i sentrale løsninger

Brannrådgiver forteller at TEK17 og VTEK17 ikke angir ytelser for detaljprosjektering av ventilasjonsanlegg. Dermed legges ansvaret for utførelsen på RIV. RIV må utføre ventilasjonsanlegget slik at følgende tre punkter overholdes: Det ikke bidrar til brann- eller røykspredning i byggverket via kanalnett (1), på grunn av utettheter ved gjennomføring i brannskillende bygningsdeler (2), eller på grunn av varmeledning i kanalgodset (3).

Brannrådgiver utdyper at punkt 1 normalt ivaretas ved trekk-ut strategi eller steng-inne strategi. Valg av trekk-ut strategi medfører som regel by-pass eller vurdering rundt dette, mens steng-inne strategi vil kreve brannspjeld i forbindelse med kanalføringer gjennom brannskillende vegger. Kandidaten forteller videre at trekk-ut strategi er vanligst i de fleste bygg, og anslår at strategien brukes i ca. 90 % av nye boligprosjekter. I leilighetsbygg er hver leilighet en egen branncelle. Valg av steng-inne strategi vil derfor bli en kostbar løsning, på grunn av behov for et stort antall brannspjeld, ifølge kandidaten. Valg av trekk-ut strategi krever enten by-pass eller dokumentasjon for at anlegget vil beholde sin funksjon i 30 minutter i brannklasse 1 bygg og 60 minutter i brannklasse 2 og 3 bygg. En eventuell vurdering av behov for by-pass er RIV sitt ansvar. Kandidaten erfarer at det ofte velges by-pass fremfor å gjøre denne vurderingen. En slik løsning vil kreve en ekstra vifte dimensjonert for branngasser og spjeld for å stenge av mot anlegget.

Brannrådgiveren forteller videre at punkt 2 normalt ivaretas ved branntetting rundt gjennomføringer i brannskillende vegger.

Punkt 3 kan, ifølge brannrådgiveren, ivaretas av brannisolering etter NS-EN 1366. Det utdypes dog at brannisolasjon ofte unnlates i sprinklede bygg. Unnlatelse av brannisolasjon er et avvik fra prosjekteringsstandarden, og må derfor dokumenteres ved analyse. Det er RIV som vil ha ansvar for en slik analyse. Analysen må ikke gjennom en uavhengig kontroll, men RIV må gå god for løsningen. Brannrådgiveren forteller videre at bygg som er bygget etter TEK10 eller TEK17 som regel er sprinklet. I boligbygg er det krav til slokkeanlegg i bygg hvor det er krav om heis, hvilket typisk gjelder bygg som er høyere enn tre etasjer. Brannrådgiveren mener at det er vanlig i bransjen å gjennomføre denne analysen, og dermed unnvære brannisolasjon.

For alternativ 3 påpeker brannrådgiveren at TEK17/VTEK17 nå krever at avtrekkskanal fra kjøkken føres i egen kanal på grunn av fettavsetning fra matos. Et avvik fra dette må behandles som fravik. Kandidaten utdyper at denne preaksepterte ytelsen er ny i TEK17. Derfor er også fraviksvurderingen for dette forholdet, ny i bransjen. Dermed er det ikke sikkert at det er så mange som har erfaring med å gjennomføre denne vurderingen. Fordi det

er snakk om et fravik, er man avhengig av en brannrådgiver som er villig til å gjennomføre denne vurderingen. Kandidaten mener en løsning med en egen kanal for kjøkkenavtrekk i sjakt frem til aggregatet på tak ikke vil være et fravik fra forskriften. Dersom brannrådgiver ikke godtar fraviket, må det derfor velges en slik løsning i stedet.

#### Avkast i desentrale løsninger

Brannrådgiveren forteller at for avkastkanalen i desentrale løsninger, gjelder i prinsipp de samme tre kravene som er beskrevet over for tilluft og avtrekk i sentrale løsninger. For punkt 3 utdyper kandidaten at han tenker det er fornuftig med brannisolering av avkastkanalen fra aggregat til tak. Tilsvarende som for sentrale løsninger, unnlates isolasjonen ofte i sprinklede bygg. Unnlattelse av isolasjon må dokumenteres ved analyse.

For alternativ 7 forteller kandidaten at krav om brannmotstand for avtrekkskanal fra kjøkken i prinsippet også vil gjelde fra aggregat og frem til sjakt. Kandidaten utdyper at preakseptert ytelse ikke dekker løsningen, fordi avtrekk fra kjøkken ikke føres i egen kanal, og at løsningen dermed må behandles som et fravik. Brannrådgiveren mener her at problemstillingen vil være hvor mye matos og fett som kan spes gjennom aggregatet til andre leiligheter via avkastkanalen. I en eventuell analyse må man vurdere om det er fare for spredning av brann og røyk. Dersom det er fare for brann- og røykspredning, kan man ikke gjennomføre fraviket.

#### Oppfølgingssamtale med kandidat 1

Etter samtale med brannrådgiver, gjennomføres en oppfølgingssamtale med kandidat 1 (RIV) vedrørende brannsikringstiltak i ventilasjonsanlegg.

For sentrale løsninger forklarer kandidaten at det finnes tre mulige løsninger ved valg av trekk-ut strategi. Det første alternativet er å gjennomføre en vurdering av behov for by-pass. Ved en vurdering må man undersøke hvor stor andel av luften i kanalen som på grunn av brann vil inneholde partikler og ha en høy temperatur. I analysen antar man at det kun er brann i én leilighet av gangen. Ved mange leiligheter vil denne andelen av luft med høyt innhold av partikler og høy temperatur være liten i forhold til total luftmengde fra alle leilighetene, og by-pass kan dermed kanskje unngås. Ved få leiligheter vil denne andelen derimot være stor, og by-pass vil være nødvendig. Det andre og tredje alternativet gjelder dersom by-pass er nødvendig. Her er den ene løsningen bruk av aggregater med innebygd by-pass, hvor aggregatviften brukes ved brann, men hvor luften vil føres utenom filter og gjenvinner i aggregat. En slik løsning er, i henhold til kandidaten, ikke særlig vanlig. Den siste løsningen er by-pass, hvor luften ved brann føres helt utenom aggregatet ved bruk av en røykgassvifte og spjeld. Kandidaten mener at denne løsningen er den vanligste. Kandidat 1 er enig i brannrådgiverens tolkning at alternativ 3 er et fravik fra forskriften. Kandidaten utdyper til gjengjeld at hen kjenner til boligprosjekter bygget etter TEK17, hvor løsningen er brukt, og hvor en brannrådgiver har gjennomført en fraviksvurdering for

løsningen.

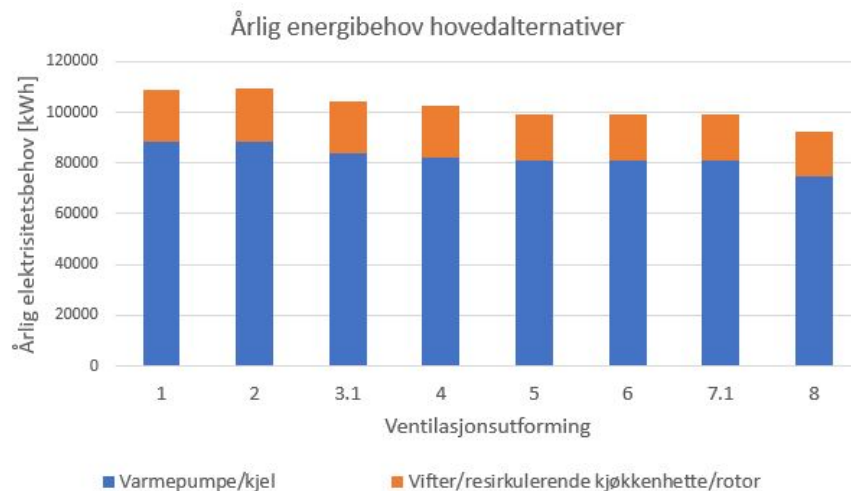
For desentrale løsninger mener kandidaten at det ikke er nødvendig med brannsikrings tiltak dersom leilighetene har kombiboks for inntak og avkast i vegg. Når avkast fra flere leiligheter derimot samles i en felles kanal til tak, mener kandidaten at det kan bli en utfordring i forhold til brann. Dette fordi det kan være risiko for spredning mellom leilighetene via avkastkanalen. Kandidaten utdyper at dersom aggregatet skrus av i en leilighet, kan man risikere at avkastluft fra en annen leilighet føres inn mot dette aggregatet i stedet for å føres over tak. Kandidaten anbefaler generelt å ha en undertrykksvifte i toppen av avkastkanalen for å sikre retningen på luftstrømmene i kanalen. Ved mange etasjer er en slik hjelpevifte på tak nødvendig. Av hensyn til brann anbefaler kandidaten at man i stedet benytter en røykgassvifte i toppen av kanalen. Kandidaten forteller at en slik løsning vil kunne tilsvare trekk-ut strategi i et desentralt anlegg med felles avkast til tak.

## 4.2 Energisimuleringer

### Hovedalternativer

#### Energibehov

Figur 36 illustrerer resultatene av energisimuleringene for de 8 alternative ventilasjonsutformingene. Det henvises til tabell 4 for definisjon av de 8 hovedalternativene. Av figuren ses det at energibehovet for de desentrale løsningene (alternativ 5, 6, 7.1 og 8) er lavere enn energibehovet for de sentrale løsningene (alternativ 1, 2, 3.1 og 4). Den desentrale løsningen med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 8) er alternativet med lavest energibehov. For de sentrale løsningene er det løsningen med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 4) som vil medføre det laveste energibehovet. For de sentrale løsningene ses det videre at gjenvinning av kjøkkenavtrekk fører til at energibehovet reduseres i løsningen hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat (alternativ 3.1) sammenlignet med løsninger hvor kjøkkenavtrekk løses separat (alternativ 1 og 2). For den desentrale løsningen hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat (alternativ 7.1), påkobles kjøkkenavtrekket etter gjenvinneren. Energiforbruket i denne løsningen blir dermed i samme størrelsesorden som energibehovet i løsningene hvor kjøkkenavtrekket løses separat (alternativ 5 og 6).



Figur 36: Årlig elektrisitetsbehov hovedalternativer

I tabell 14 ses estimatet for det årlige elektrisitetsbehovet for de 8 alternative ventilasjonsutformingene som er funnet i energisimuleringene. Forskjellen mellom løsningen med høyest årlig energibehov (alternativ 2) og løsningen med lavest årlig energibehov (alternativ 8) er 16 584 kWh per år. Valg av alternativ 2 fremfor alternativ 8 vil innebære en 17,9 % økning av energibehovet. Hvis det antas en elektrisitetspris på 1 kr/kWh, vil denne forskjellen tilsvare en økt kostnad på 16 584 kr per år for hele casebygningen, eller 338 kr per år per leilighet.

Valg av den sentrale løsningen som, i henhold til intervjukandidatene, er vanligst (al-

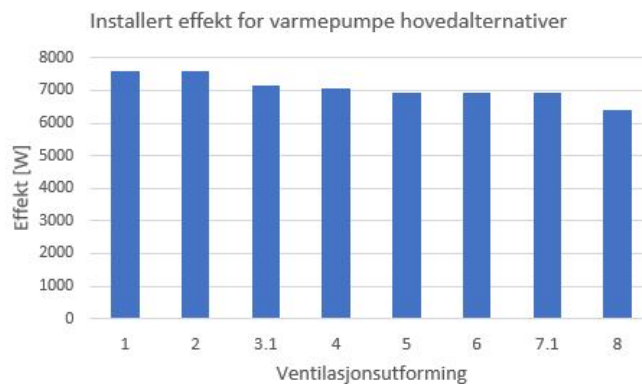
alternativ 3.1) fremfor den vanligste desentrale løsningen (alternativ 7.1) innebærer en økning i energibehov på 5 053 kWh per år. Velges en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 4) fremfor den vanligste sentrale løsningen, vil energibehovet reduseres med 1 577 kWh per år. Tilsvarende vil energibehovet reduseres med 6 607 kWh per år dersom det velges en desentral løsning med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 8) fremfor den vanligste desentrale løsningen. Ved å sammenligne den vanligste sentrale løsningen med en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk løses separat fra aggregatet (alternativ 2), ses det at gjenvinning av kjøkkenavtrekk medfører en årlig energibesparelse på 4 924 kWh.

Tabell 14: Årlig elektrisitetsbehov hovedalternativer

Årlig energibehov (elektrisitet)						
Modell	Varmepumpe/kjel		Vifter/resirkulerende kjøkkenhette/rotor		SUM	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
1	88 543	26,19	20 530	6,07	109 073	32,26
2	88 543	26,19	20 591	6,09	109 134	32,28
3.1	83 934	24,83	20 276	6,00	104 210	30,82
4	82 140	24,29	20 493	6,06	102 633	30,36
5	81 201	24,02	17 861	5,28	99 062	29,30
6	81 201	24,02	17 923	5,30	99 124	29,32
7.1	81 197	24,02	17 960	5,31	99 157	29,33
8	74 892	22,15	17 658	5,22	92 550	27,37

### Effektbehov

Figur 37 illustrerer nødvendig installert effekt for varmpumpen for de 8 alternative ventilasjonsutformingene. Elkjelen som skal dekke spisslasten, vil måtte ha tilsvarende kapasitet. De desentrale løsningene (alternativ 5, 6, 7.1 og 8) har et lavere effektbehov sammenlignet med de sentrale løsningene (alternativ 1, 2, 3.1 og 4). Videre vil valg av en desentral løsning med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 8) medføre lavest mulig effektbehov.



Figur 37: Effektbehov varmpumpe hovedalternativer

I tabell 15 ses effektbehovet for en varmepumpe for de forskjellige ventilasjonsutformingene. Det ses av tabellen at forskjellen i nødvendig installert effekt mellom løsningene med størst effektbehov (alternativ 1 og 2) og løsningen med lavest effektbehov (alternativ 8) er 1 200 W. Denne forskjellen vil kunne medføre at det må velges en større varmepumpe ved valg av ventilasjonsutforming 1 eller 2 fremfor ventilasjonsutforming 8. Effektbehovene i tabellen brukes i den etterfølgende økonomianalysen.

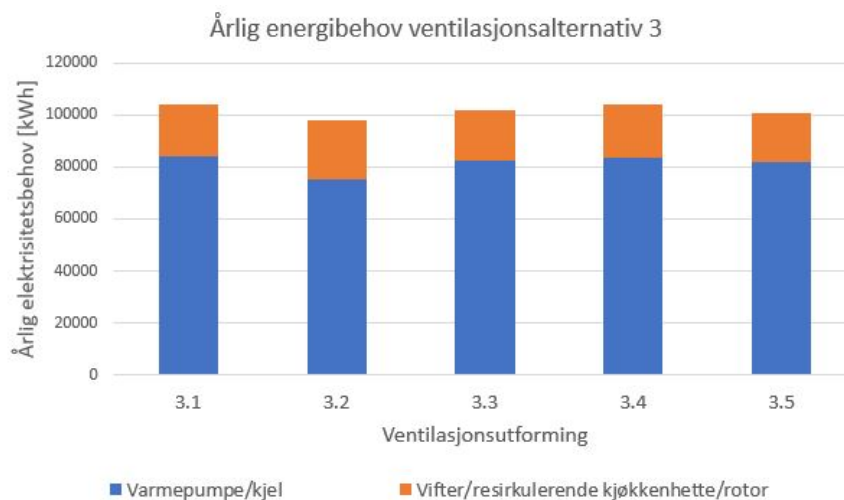
Tabell 15: Effektbehov varmepumpe hovedalternativer

Effektbehov for å oppnå 50 % dekningsgrad	
Modell	Varmepumpe
	W
1	7 600
2	7 600
3.1	7 150
4	7 050
5	6 950
6	6 950
7.1	6 950
8	6 400

### Alternativ 3

#### Energibehov

I henhold til intervju kandidatene er en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregatet for gjenvinning den vanligste sentrale ventilasjonsløsningen (alternativ 3). Figur 38 og tabell 16 viser resultatet fra de forskjellige simuleringsmodellene for den vanligste sentrale ventilasjonsutformingen. Det henvises til tabell 4 for definisjon av alternativ 3.1-3.5. Modell 3.1 representerer hovedmodellen for ventilasjonsutforming 3.



Figur 38: Årlig elektrisitetsbehov ventilasjonsalternativ 3

Modell 3.2 representerer en sentral løsning hvor det velges roterende gjenvinner fremfor motstrømsgjenvinner. Av tabellen ses det at valg av roterende gjenvinner vil medføre en årlig reduksjon i energiforbruket på 6 066 kWh.

I modell 3.3 er det simulert med kun forsering på bad. Ved å sammenligne resultatet for modell 3.1 og 3.3 ses det at når forsering av kjøkken ikke inkluderes i energiberegninger, vil det ses bort ifra et årlig energibehov på 2 529 kWh.

Tabell 16: Årlig elektrisitetsbehov ventilasjonsalternativ 3

Årlig energibehov (elektrisitet)						
Modell	Varmepumpe/kjel		Vifter/resirkulerende kjøkkenhette/rotor		SUM	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
3.1	83 934	24,83	20 276	6,00	104 210	30,82
3.2	75 355	22,29	22 789	6,74	98 144	29,03
3.3	82 498	24,40	19 183	5,67	101 681	30,07
3.4	83 660	24,74	20 162	5,96	103 822	30,71
3.5	81 914	24,23	18 718	5,54	100 632	29,76

I modell 3.5 er det simulert helt uten forsering av kjøkken og bad. Ved å sammenligne resultatet for modell 3.1 og 3.5 ses det at når forsering av kjøkken og bad ikke inkluderes, vil det ses bort ifra et årlig energibehov på 3 578 kWh.

I modell 3.4 er det simulert med en detaljert tidsstyring for forsering, mens det i øvrige modeller er forutsatt en forenklet tidsstyring. Forskjellen i årlig energibehov mellom modell 3.1 og 3.4 utgjør 388 kWh.

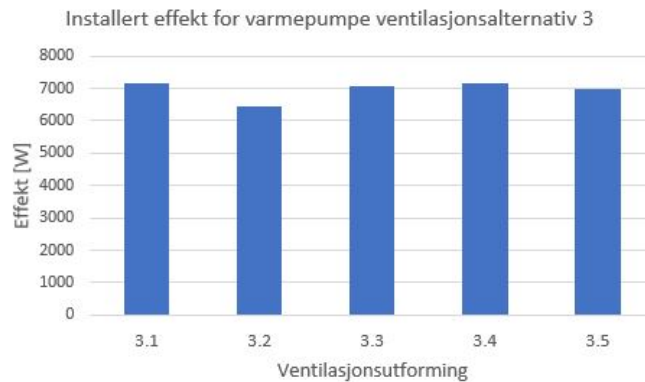
#### Effektbehov

Figur 39 og tabell 17 viser det beregnede effektbehovet for de forskjellige simuleringmodellene for ventilasjonsalternativ 3. Resultatet for alternativ 3.1, 3.2 og 3.3 vil benyttes i de etterfølgende økonomianalysene.

I modell 3.4 er det simulert med en detaljert tidsstyring for forsering. Det ses at det ikke er noen forskjell mellom effektbehovet i denne modellen og modell 3.1 hvor det er forutsatt en forenklet tidsstyring.

I modell 3.5 er det simulert helt uten forsering av kjøkken og bad. Ved å sammenligne resultatet for modell 3.1 og 3.5 ses det at når man i energisimuleringer ikke inkluderer forsering av kjøkken og bad, vil effektbehovet bli 150 W lavere enn hvis det tas hensyn til forsering.





Figur 39: Effektbehov varmepumpe ventilasjonsalternativ 3

Tabell 17: Effektbehov varmepumpe ventilasjonsalternativ 3

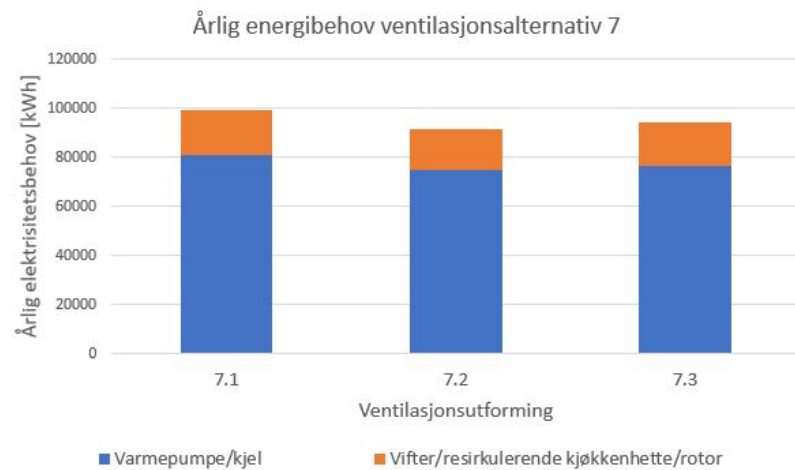
Effektbehov for å oppnå 50 % dekningsgrad	
Modell	Varmepumpe
	W
3.1	7 150
3.2	6 450
3.3	7 050
3.4	7 150
3.5	7 000

## Alternativ 7

### Energibehov

I henhold til intervjukandidatene er en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat den vanligste desentrale ventilasjonsløsningen (alternativ 7). Figur 40 og tabell 18 viser resultatet fra de forskjellige simuleringsmodellene for den vanligste desentrale ventilasjonsutformingen. Det henvises til tabell 4 for definisjon av alternativ 7.1-7.3. Modell 7.1 representerer hovedmodellen for ventilasjonsutforming 7. I denne modellen forutsettes det at kjøkkenavtrekk føres via aggregat, men utenom varmegjenvinneren. Denne løsningen er, ifølge intervjukandidatene, den vanligste måten å utforme ventilasjonsalternativ 7.

Modell 7.2 representerer en løsning som beskrevet av kandidat 16 i intervju. I modellen antas at aggregatet har kapasitet til å forsere luftmengden for grunnventilasjon pluss 20 %. Ved forsering av kjøkken vil kjøkkenheten dermed låne luft fra andre avtrekkspunkter i leiligheten. Av tabellen ses det at en slik løsning vil medføre en årlig energibesparelse på 7 780 kWh sammenlignet med en løsning hvor avtrekksluft ved forsering av kjøkken kommer i tillegg til grunnventilasjonen.



Figur 40: Årlig elektrisitetsbehov ventilasjonsalternativ 7

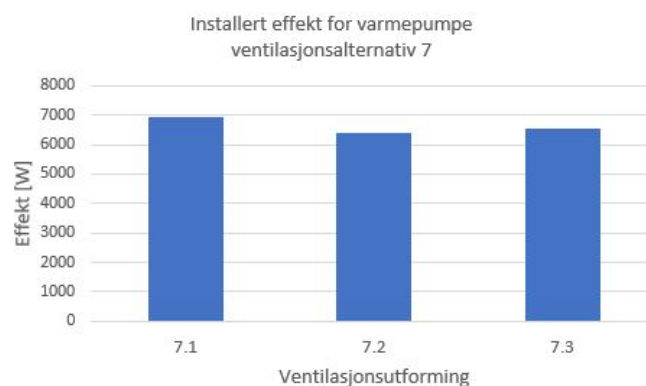
Modell 7.3 representerer en desentral løsning hvor kjøkkenavtrekk påkobles før varmegjenvinner. Ved sammenligning med modell 7.1 ses det at gjenvinning av kjøkkenavtrekk vil medføre en besparelse i årlig energibehov på 4 947 kWh.

Tabell 18: Årlig elektrisitetsbehov ventilasjonsalternativ 7

Årlig energibehov (elektrisitet)						
Modell	Varmepumpe/kjel		Vifter/resirkulerende kjøkkenhette/rotor		SUM	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
7.1	81 197	24,02	17 960	5,31	99 157	29,33
7.2	74 996	22,18	16 381	4,85	91 377	27,03
7.3	76 619	22,66	17 591	5,20	94 210	27,86

### Effektbehov

Figur 41 og tabell 19 viser det beregnede effektbehovet for de forskjellige simuleringmodellene for ventilasjonsalternativ 7, som benyttes i de etterfølgende økonomianalysene.



Figur 41: Effektbehov varmpumpe ventilasjonsalternativ 7

Tabell 19: Effektbehov varmepumpe ventilasjonsalternativ 7

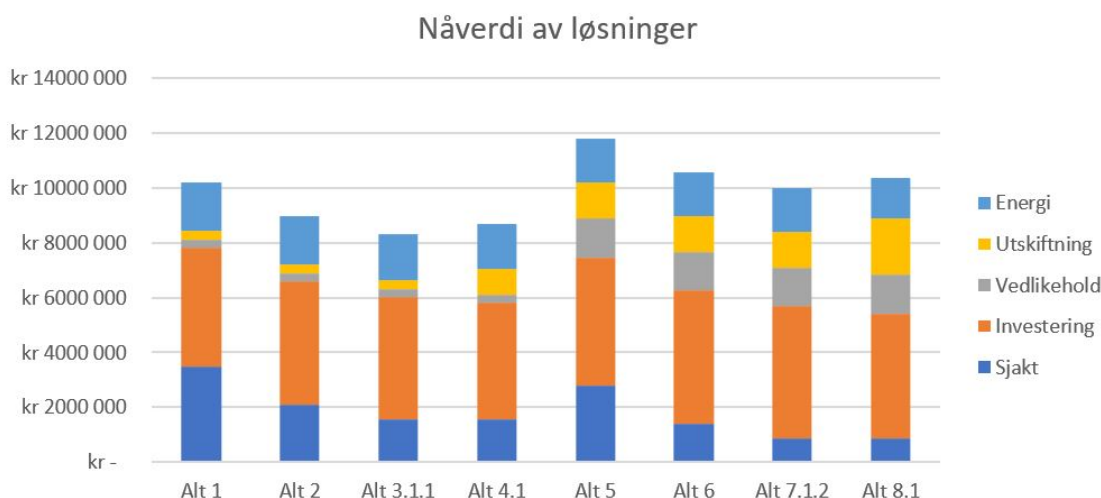
<b>Effektbehov for å oppnå 50 % dekningsgrad</b>	
<b>Modell</b>	<b>Varmepumpe</b>
	W
7.1	6 950
7.2	6 400
7.3	6 550

### 4.3 Økonomisk analyse

I dette avsnittet presenteres resultatet av økonomianalysene for de forskjellige ventilasjonsutformingene som undersøkes i oppgaven. I vedlegg D.3 kan beregningene for de enkelte økonomialternativene ses.

#### Hovedalternativer

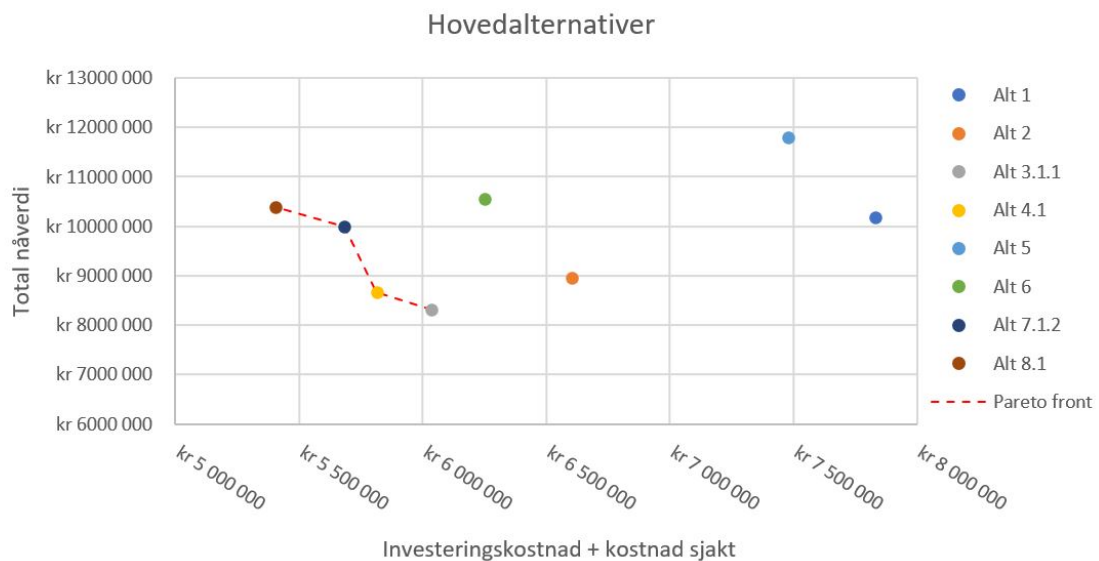
Figur 42 illustrerer resultatet av økonomianalysene for de 8 alternative ventilasjonsutformingene. Det henvises til tabell 12 for definisjon av de 8 hovedalternativene. Fordi kostnader i beregningene er definert med positivt fortegn, vil løsningen med lavest nåverdi være mest lønnsom. Av figuren ses det at den totale nåverdien for de sentrale løsningene (alternativ 1, 2, 3.1.1 og 4.1) er lavere enn den totale nåverdien for de desentrale løsningene (alternativ 5, 6, 7.1.2 og 8.1). Den mest lønnsomme løsningen for casebygningen vil være en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning (alternativ 3.1.1). Dersom det må velges en desentral løsning, er det tilsvarende løsningen hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat, dog utenom varmegjenvinner, som vil medføre lavest nåverdi (alternativ 7.1.2). Videre ses det av figuren at kostnaden av sjakt medfører at løsninger hvor kjøkkenavtrekk føres separat fra hver enkelt leilighet til tak (alternativ 1 og 5) representerer løsningene med høyest nåverdi, både for sentrale og desentrale løsninger. Løsninger hvor kjøkkenavtrekk samles i en felles kanal til tak (alternativ 2 og 6) vil ha en nåverdi i samme størrelsesorden som løsninger med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 4.1 og 8.1), i både sentrale og desentrale anlegg.



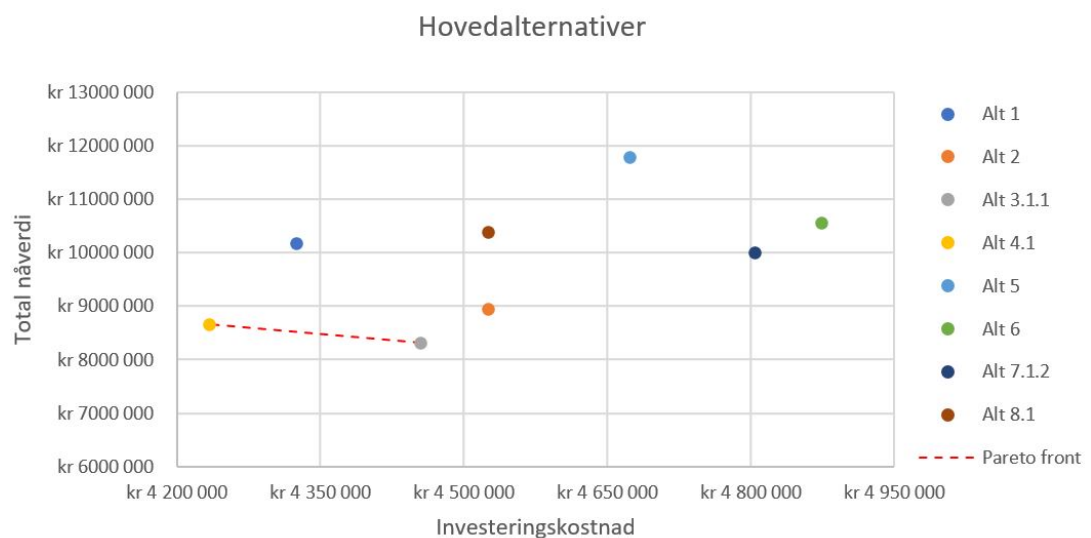
Figur 42: Resultat nåverdiberegning hovedalternativer

I figur 43 er løsningenes totale nåverdi illustrert som funksjon av kostnad for investering og sjakter. Av figuren ses at en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat er den mest lønnsomme løsningen (alternativ 3.1.1). Den røde stiplede linjen illustrerer hvilken løsning som bør velges dersom boligutvikler ikke har tilstrekkelig investeringskapital til

å velge den mest lønnsomme løsningen. Løsninger som ligger utenfor denne linjen, vil innebære en høyere investeringskostnad i tillegg til høyere total nåverdi sammenlignet med alternativene langs linjen. Av hensyn til økonomi bør det altså velges den løsningen langs linjen som utbygger har investeringskapital til. Her er alternativ 4.1 og 8.1 henholdsvis en sentral og en desentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter, mens alternativ 7.1.2 er en desentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat.



Figur 43: Hovedalternativer - Nåverdi som funksjon av kostnad for investering og sjakt



Figur 44: Hovedalternativer - Nåverdi som funksjon av kostnad for investering

I figur 44 er løsningenes totale nåverdi illustrert kun som funksjon av investeringskostnaden. Av figuren ses det at hvis man ser bort i fra kostnaden for sjakter, bør en boligutvikler som ikke har investeringskapital til den mest lønnsomme løsningen (alternativ 3.1.1) av

hensyn til økonomi velge en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter (alternativ 4.1).

I tabell 20 ses en oppsummering av den beregnede nåverdien for de forskjellige kostnads-postene for hver enkelt ventilasjonsløsning. Av tabellen ses det at det er kostnadspostene for sjakt, vedlikehold og utskiftning som varierer mest mellom de forskjellige ventilasjonsalternativene. Generelt ses det at kostnaden for sjakter er høyere for sentrale utforminger sammenlignet med desentrale utforminger med samme løsning for kjøkkenavtrekk. Desentrale løsninger har derimot langt høyere kostnader forbundet med vedlikehold og utskiftning sammenlignet med sentrale løsninger. Kostnadspostene for investering og energi varierer mindre mellom løsningene, og har dermed mindre innflytelse på hvilken løsning som vil være mest lønnsom. Dersom det kun tas hensyn til løsningenes investeringskostnad, er det en sentral utforming med resirkulerende kjøkkenheter som er rimeligst (alternativ 4.1).

Tabell 20: Resultat per kostnadspost nåverdiberegning hovedalternativer

Resultat nåverdiberegning					
Alternativ	Nåverdi sjakt	Nåverdi investering	Nåverdi vedlikehold	Nåverdi utskiftning	Nåverdi energi
	kr	kr	kr	kr	kr
1	3 506 906	4 324 438	290 242	324 839	1 739 058
2	2 079 561	4 524 981	290 242	324 839	1 740 030
3.1.1	1 580 987	4 454 238	290 242	324 839	1 661 522
4.1	1 580 987	4 233 154	290 242	930 401	1 636 378
5	2 805 952	4 672 906	1 422 187	1 310 309	1 579 442
6	1 378 607	4 873 449	1 422 187	1 310 309	1 580 431
7.1.2	880 033	4 803 362	1 422 187	1 310 309	1 580 957
8.1	880 033	4 525 604	1 422 187	2 078 290	1 475 615

I tabell 21 ses den beregnede nåverdien for de forskjellige ventilasjonsløsningene summert for henholdsvis investering, drift og totalt. Av tabellen ses det at en sentral utforming med gjenvinning av kjøkkenavtrekk (alternativ 3.1.1), som i henhold til intervjukandidatene er den vanligste løsningen, også er den mest lønnsomme løsningen. Valg av en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres i en felles kanal over tak (alternativ 2) fremfor den vanligste løsningen medfører en økning på 647 826 kr i total nåverdi. Valg av en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter (alternativ 4.1) vil medføre en økning i total nåverdi på 359 334 kr. Dersom kjøkkenavtrekk i stedet føres separat fra hver leilighet til tak (alternativ 1), vil forskjellen i total nåverdi sammenlignet med den vanligste løsningen derimot være 1 873 655 kr.

For desentrale utforminger er det en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat, men utenom varmegjenvinner, som er vanligst, ifølge intervjukandidatene (alternativ 7.1.2). Det

ses av tabellen at denne utformingen er den mest lønnsomme av de desentrale løsningene. Dersom den vanligste desentrale løsningen velges fremfor den vanligste sentrale løsningen, vil det innebære en økning i total nåverdi på 1 685 020 kr. Valg av en desentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres i en felles kanal til tak (alternativ 6), eller en løsning med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 8.1), vil medføre en økning i nåverdi på henholdsvis 568 135 kr og 384 882 kr sammenlignet med den vanligste desentrale løsningen. Dersom kjøkkenavtrekk i stedet føres separat fra hver leilighet til tak (alternativ 5), vil forskjellen i total nåverdi sammenlignet med den vanligste desentrale løsningen derimot være 1 793 948 kr. Hvis det kun tas hensyn til løsningenes kostnad for sjakter og investering, er det en desentral utforming med resirkulerende kjøkkenhetter som er rimeligst (alternativ 8.1).

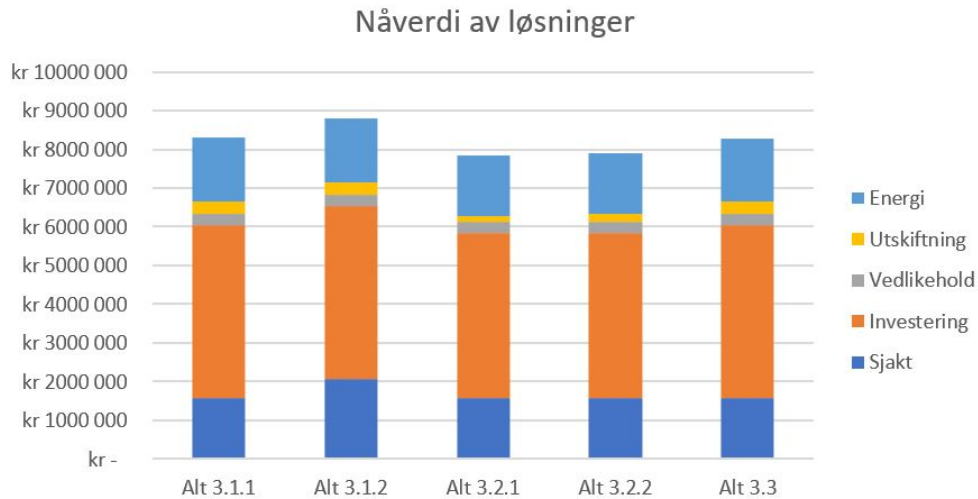
Tabell 21: Resultat nåverdiberegning hovedalternativer

Resultat nåverdiberegning						
Alternativ	Nåverdi sjakt + investering		Nåverdi drift		Total nåverdi	
	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>
1	7 831 344	2 316	2 354 139	696	10 185 483	3 013
2	6 604 542	1 953	2 355 112	697	8 959 654	2 650
3.1.1	6 035 225	1 785	2 276 604	673	8 311 828	2 458
4.1	5 814 141	1 720	2 857 021	845	8 671 162	2 565
5	7 478 858	2 212	4 311 938	1 275	11 790 797	3 487
6	6 252 056	1 849	4 312 927	1 276	10 564 983	3 125
7.1.2	5 683 395	1 681	4 313 453	1 276	9 996 848	2 957
8.1	5 405 638	1 599	4 976 092	1 472	10 381 730	3 071

### Alternativ 3

I henhold til intervjukandidatene er en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregatet for gjenvinning den vanligste sentrale ventilasjonsløsningen (alternativ 3). Figur 45, tabell 22 og tabell 23 viser resultatet fra de forskjellige økonomianalysene for den vanligste sentrale ventilasjonsløsningen. Det henvises til tabell 12 for definisjon av økonomialternativ 3.1.1-3.3. Økonomialternativ 3.1.1 representerer hovedalternativet for ventilasjonsutforming 3.

Økonomialternativ 3.1.2 representerer en løsning som beskrevet av brannrådgiver og kandidat 1, hvor kjøkkenavtrekk av hensyn til brannkrav i forskriften og enklere innregulering føres i en egen kanal i sjakt. Kanalen for kjøkkenavtrekk tilkobles øvrig avtrekk på tak for varmegjenvinning i aggregat. Det er kun kostnaden av sjakt som vil være forskjellig når løsningen sammenlignes med hovedalternativet. En egen kanal for kjøkkenavtrekk vil øke kostnaden for sjakter med 498 574 kr. Forskjellen i den totale nåverdien mellom løsningene vil være tilsvarende.



Figur 45: Resultat nåverdiberegning alternativ 3

Økonomialternativ 3.2.1 og 3.2.2 representerer begge en løsning hvor det velges en roterende gjenvinner i stedet for motstrømsgjenvinner i aggregatet. Forskjellen mellom disse økonomialternativene er at det i alternativ 3.2.2, av hensyn til luktoverføring i aggregat, forutsettes kombinasjonsfilter på avtrekk i stedet for partikkelfilter. Sammenlignet med hovedalternativet, vil alternativ 3.2.1 medføre en reduksjon i den totale nåverdien på 465 479 kr, mens alternativ 3.2.2 reduserer nåverdien med 416 486 kr.

Tabell 22: Resultat per kostnadspost nåverdiberegning alternativ 3

Resultat nåverdiberegning					
Alternativ	Nåverdi sjakt	Nåverdi investering	Nåverdi vedlikehold	Nåverdi utskiftning	Nåverdi energi
	kr	kr	kr	kr	kr
3.1.1	1 580 987	4 454 238	290 242	324 839	1 661 522
3.1.2	2 079 561	4 454 238	290 242	324 839	1 661 522
3.2.1	1 580 987	4 247 894	290 242	162 420	1 564 806
3.2.2	1 580 987	4 247 894	290 242	211 413	1 564 806
3.3	1 580 987	4 454 092	290 242	324 839	1 621 200

I økonomialternativ 3.3 brukes energibehovet fra simuleringsmodellen hvor det kun er simulert med forsering på bad, for å undersøke hvor stor kostnad man ser bort ifra når man ikke tar hensyn til forsering på kjøkken. Nåverdien for dette alternativet er 40 468 kr lavere enn hovedalternativet.

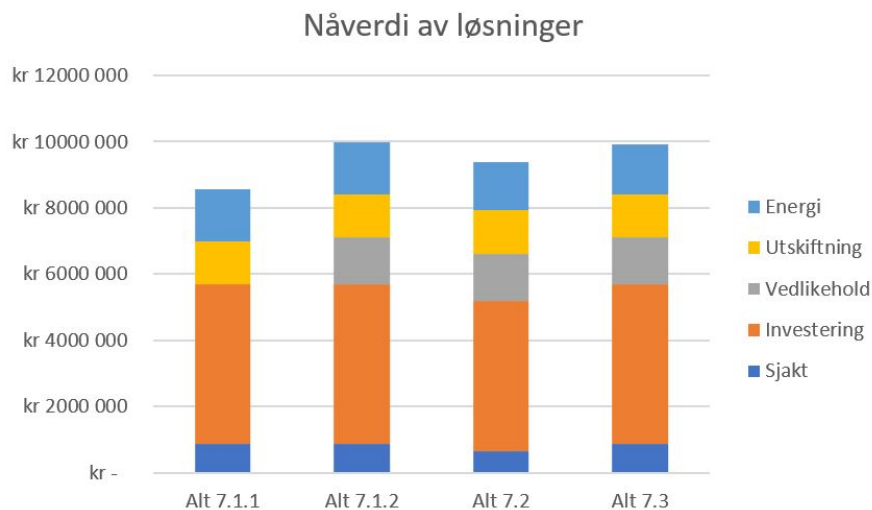


Tabell 23: Resultat nåverdiberegning alternativ 3

Resultat nåverdiberegning						
Alternativ	Nåverdi sjakt + investering		Nåverdi drift		Total nåverdi	
	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>
3.1.1	6 035 225	1 785	2 276 604	673	8 311 828	2 458
3.1.2	6 533 799	1 933	2 276 604	673	8 810 402	2 606
3.2.1	5 828 882	1 724	2 017 468	597	7 846 349	2 321
3.2.2	5 828 882	1 724	2 066 461	611	7 895 342	2 335
3.3	6 035 079	1 785	2 236 281	661	8 271 360	2 446

### Alternativ 7

I henhold til intervjukandidatene er en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat den vanligste desentrale ventilasjonsløsningen (alternativ 7). Figur 46, tabell 24 og tabell 25 viser resultatet fra de forskjellige økonomianalysene for den vanligste desentrale ventilasjonsutformingen. Det henvises til tabell 12 for definisjon av økonomialternativ 7.1.1-7.3. Økonomialternativ 7.1.2 representerer hovedalternativet for ventilasjonsutforming 7. I dette alternativet forutsettes det at kjøkkenavtrekk føres via aggregat, men utenom varmegjenvinneren. Denne løsningen er, ifølge intervjukandidatene, den vanligste måten å utforme ventilasjonsalternativet.



Figur 46: Resultat nåverdiberegning alternativ 7

Økonomialternativ 7.1.1 representerer en løsning hvor beboer selv er ansvarlig for driften av anlegget, og det inkluderes ikke vedlikeholdskostnader utover kostnaden for filtre. Det er kun kostnaden for vedlikehold som vil være forskjellig når løsningen sammenlignes med hovedalternativet. At beboer selv er ansvarlig for drift vil redusere nåverdien for vedlikeholdskostnader med 1 422 187 kr. Forskjellen i den totale nåverdien mellom løsningene

vil være tilsvarende. Det anses dog lite sannsynlig at ingen av beboerne i casebygningen i løpet av analyseperioden på 30 år vil ha behov for service av ventilasjonsanlegget. Kostnaden for en løsning hvor beboer selv er ansvarlig for drift vil derfor i virkeligheten ligge et sted mellom resultatet for alternativ 7.1.2 og 7.1.1.

Tabell 24: Resultat per kostnadspost nåverdiberegning alternativ 7

Resultat nåverdiberegning					
Alternativ	Nåverdi sjakt	Nåverdi investering	Nåverdi vedlikehold	Nåverdi utskiftning	Nåverdi energi
	kr	kr	kr	kr	kr
7.1.1	880 033	4 803 362		1 310 309	1 580 957
7.1.2	880 033	4 803 362	1 422 187	1 310 309	1 580 957
7.2	651 198	4 544 789	1 422 187	1 310 309	1 456 913
7.3	880 033	4 802 778	1 422 187	1 310 309	1 502 082

I økonomialternativ 7.2 brukes energibehovet fra simuleringsmodellen hvor det er forutsatt luftmengder som beskrevet av kandidat 16 i intervju. I modellen antas at aggregatet har kapasitet til å forsere luftmengden for grunnventilasjon pluss 20 %. Ved forsering av kjøkken vil kjøkkenhetten dermed låne luft fra andre avtrekkspunkter i leiligheten. Den totale nåverdien for dette alternativet er 611 452 kr lavere enn hovedalternativet.

I økonomialternativ 7.3 brukes energibehovet fra simuleringsmodellen hvor det er forutsatt at kjøkkenavtrekk påkobles før varmegjenvinner. Ved sammenligning med hovedalternativet ses det at gjenvinning av kjøkkenavtrekk medfører en reduksjon i den totale nåverdien på 79 458 kr.

Tabell 25: Resultat nåverdiberegning alternativ 7

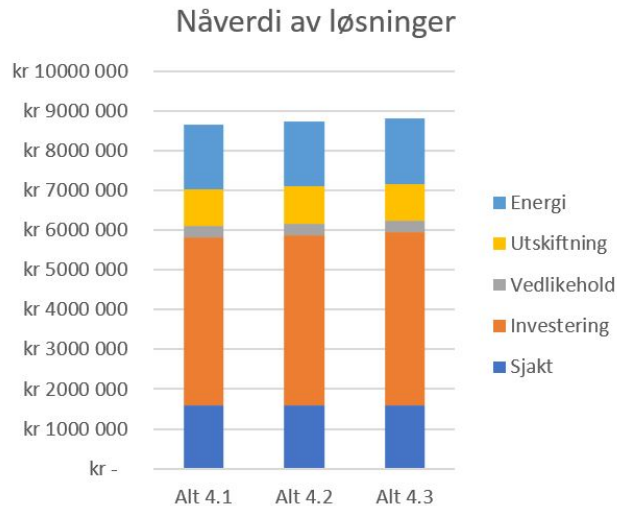
Resultat nåverdiberegning						
Alternativ	Nåverdi sjakt + investering		Nåverdi drift		Total nåverdi	
	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>
7.1.1	5 683 395	1 681	2 891 266	855	8 574 661	2 536
7.1.2	5 683 395	1 681	4 313 453	1 276	9 996 848	2 957
7.2	5 195 987	1 537	4 189 409	1 239	9 385 396	2 776
7.3	5 682 812	1 681	4 234 578	1 252	9 917 390	2 933

### Alternativ 4 og 8

For løsninger med resirkulerende kjøkkenhetter, representerer økonomialternativ 4.1 og 8.1 hovedalternativer for henholdsvis en sentral og en desentral ventilasjonsutforming. I disse alternativene forutsettes kostnaden av en innebygd ventilator med normal effekt. Hensikten med alternativ 4.2 og 8.2 er å undersøke den økonomiske konsekvensen dersom det

velges en innebygd ventilator med høyere effekt. Tilsvarende er formålet med alternativ 4.2 og 8.3 å vurdere den økonomiske konsekvens av valg av vegghengte ventilatorer.

Figur 47, tabell 26 og tabell 27 viser resultatet fra økonomianalysene for de sentrale utformingene. Det henvises til tabell 12 for definisjon av økonomialternativ 4.1-4.3.



Figur 47: Resultat nåverdiberegning alternativ 4

Det er kun investeringskostnaden som varierer mellom de forskjellige økonomialternativene med resirkulerende kjøkkenhetter. Det ses at valg av en innebygd ventilator med høyere effekt vil medføre en økning i investeringskostnaden på 71 540 kr sammenlignet med hovedalternativet. Forskjellen i den totale nåverdien mellom løsningene vil være tilsvarende. Velges det derimot en vegghengt ventilator vil investeringskostnaden være 136 710 kr høyere enn investeringskostnaden for hovedalternativet. Forskjellen i den totale nåverdien mellom løsningene vil være tilsvarende.

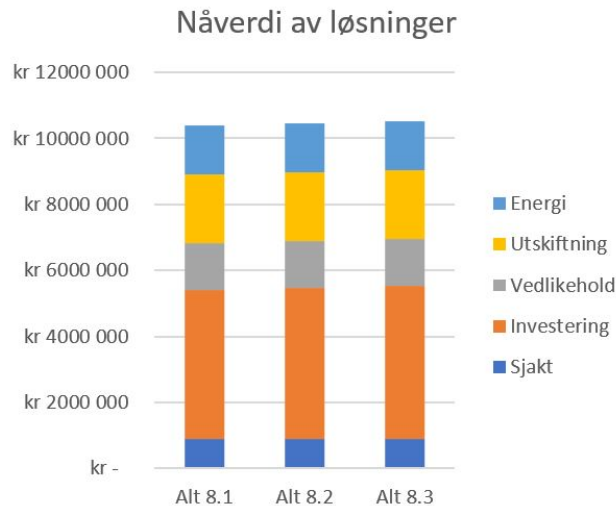
Tabell 26: Resultat per kostnadspost nåverdiberegning alternativ 4

Resultat nåverdiberegning					
Alternativ	Nåverdi sjakt	Nåverdi investering	Nåverdi vedlikehold	Nåverdi utskiftning	Nåverdi energi
	kr	kr	kr	kr	kr
4.1	1 580 987	4 233 154	290 242	930 401	1 636 378
4.2	1 580 987	4 304 694	290 242	930 401	1 636 378
4.3	1 580 987	4 369 864	290 242	930 401	1 636 378

Tabell 27: Resultat nåverdiberegning alternativ 4

Resultat nåverdiberegning						
Alternativ	Nåverdi sjakt + investering		Nåverdi drift		Total nåverdi	
	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>
4.1	5 814 141	1 720	2 857 021	845	8 671 162	2 565
4.2	5 885 681	1 741	2 857 021	845	8 742 702	2 586
4.3	5 950 851	1 760	2 857 021	845	8 807 872	2 605

Figur 48, tabell 28 og tabell 29 viser resultatet fra analysene for de desentrale utformingene. Det henvises til tabell 12 for definisjon av økonomialternativ 8.1-8.3.



Figur 48: Resultat nåverdiberegning alternativ 8

Det er kun investeringskostnaden som varierer mellom de forskjellige økonomialternativene med resirkulerende kjøkkenheter. Det ses at valg av en innebygd ventilator med høyere effekt vil medføre en økning i investeringskostnaden på 71 540 kr sammenlignet med hovedalternativet. Forskjellen i den totale nåverdien mellom løsningene vil være tilsvarende. Velges det derimot en vegghengt ventilator vil investeringskostnaden være 136 710 kr høyere enn investeringskostnaden for hovedalternativet. Forskjellen i den totale nåverdien mellom løsningene vil være tilsvarende.

Tabell 28: Resultat per kostnadspost nåverdiberegning alternativ 8

Resultat nåverdiberegning					
Alternativ	Nåverdi sjakt	Nåverdi investering	Nåverdi vedlikehold	Nåverdi utskiftning	Nåverdi energi
	kr	kr	kr	kr	kr
8.1	880 033	4 525 604	1 422 187	2 078 290	1 475 615
8.2	880 033	4 597 144	1 422 187	2 078 290	1 475 615
8.3	880 033	4 662 314	1 422 187	2 078 290	1 475 615

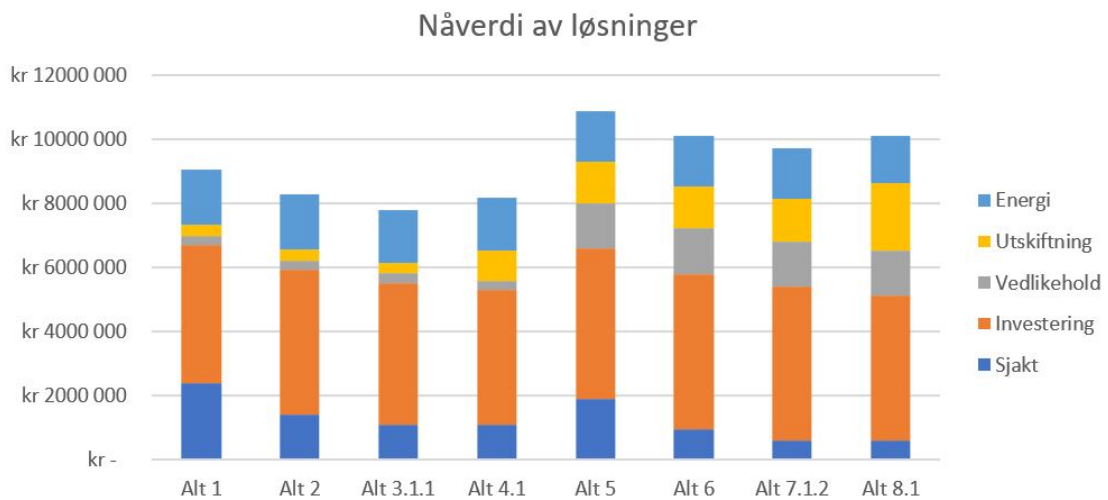
Tabell 29: Resultat nåverdiberegning alternativ 8

Resultat nåverdiberegning						
Alternativ	Nåverdi sjakt + investering		Nåverdi drift		Total nåverdi	
	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>
8.1	5 405 638	1 599	4 976 092	1 472	10 381 730	3 071
8.2	5 477 178	1 620	4 976 092	1 472	10 453 270	3 092
8.3	5 542 348	1 639	4 976 092	1 472	10 518 440	3 111

### Sensitivitetsanalyse kvadratmeterpris

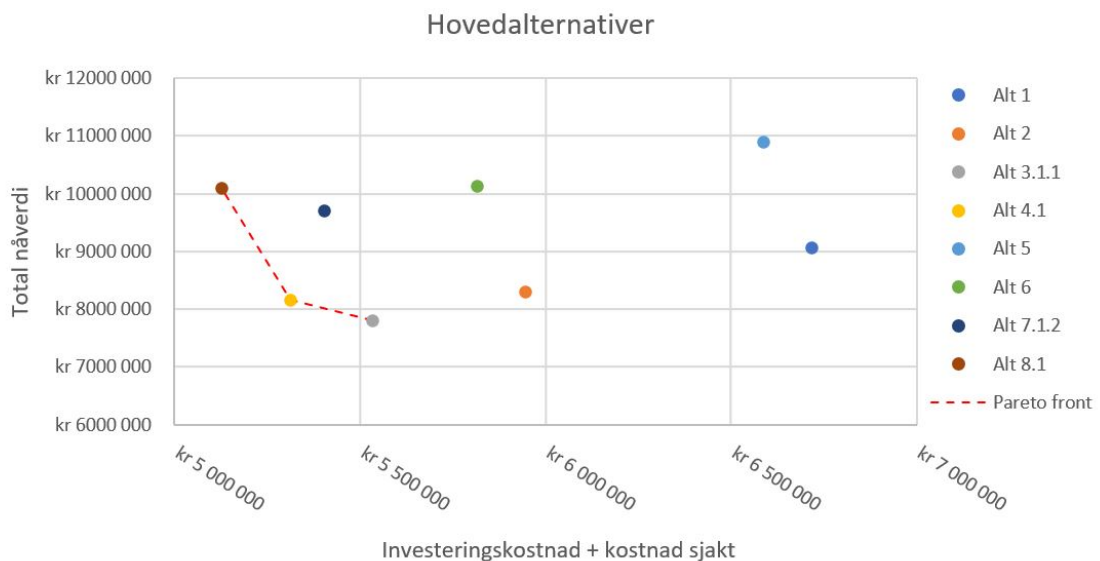
For å undersøke kvadratmeterprisens innflytelse for lønnsomheten av de ulike løsningene, gjennomføres økonomianalysene for hovedalternativene også med gjennomsnittlig kvadratmeterpris for leiligheter i Lillestrøm. Kvadratmeterprisen er i samme størrelsesorden som prisen for leiligheter i Trondheim, Bergen og Tromsø. Beregningene kan derfor også være representativ for boligprosjekter i disse byene.

Figur 49 illustrerer resultatet av økonomianalysene for de 8 alternative ventilasjonsutføringene dersom det benyttes kvadratmeterprisen for Lillestrøm i stedet for Oslo. Det henvises til tabell 12 for definisjon av de 8 hovedalternativene. Av figuren ses det at den totale nåverdien for de sentrale løsningene (alternativ 1, 2, 3.1.1 og 4.1) er lavere enn den totale nåverdien for de desentrale løsningene (5, 6, 7.1.2 og 8.1). Fordi sentrale løsninger krever et større sjaktareal, blir kostnadsforskjellen mellom de sentrale og desentrale løsningene større når det benyttes den lavere kvadratmeterprisen i Lillestrøm fremfor kvadratmeterprisen i Oslo. Den mest lønnsomme løsningen for casebygningen ved bruk av en lavere kvadratmeterpris, vil være en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning (alternativ 3.1.1).



Figur 49: Resultat sensitivitetsanalyse hovedalternativer

I figur 50 er løsningenes totale nåverdi illustrert som funksjon av kostnad for investering og sjakter. Det ses at en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat er den mest lønnsomme løsningen (alternativ 3.1.1). Den røde stiplede linjen illustrerer hvilken løsning som bør velges dersom boligutvikler ikke har tilstrekkelig investeringskapital til å velge den mest lønnsomme løsningen. Av hensyn til økonomi bør det velges den løsningen langs linjen som utbygger har investeringskapital til. Her er alternativ 4.1 og 8.1 henholdsvis en sentral og en desentral løsning med resirkulerende kjøkkenenheter.

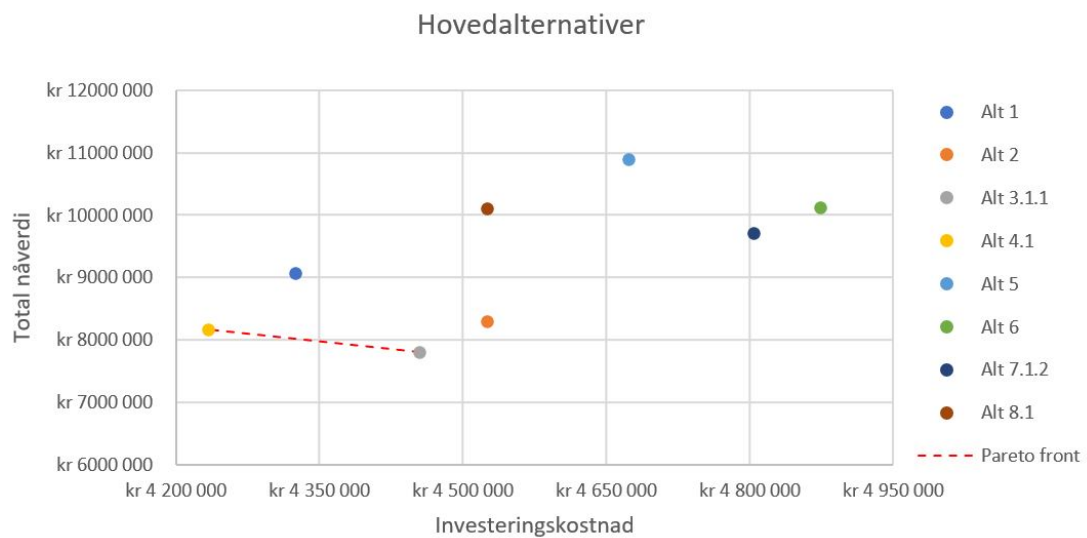


Figur 50: Sensitivitetsanalyse - Nåverdi som funksjon av kostnad for investering og sjakt

I beregningene med kvadratmeterprisen for Oslo ligger alternativ 7.1.2, som er en desentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat, langs denne linjen. Når derimot kvadratmeterprisen for Lillestrøm benyttes, havner løsningen utenfor linjen. Det vil si at

løsningen innebærer en høyere investeringskostnad i tillegg til høyere total nåverdi sammenlignet med alternativene som ligger langs linjen.

I figur 51 er løsningenes totale nåverdi illustrert kun som funksjon av investeringskostnaden. Av figuren ses det at hvis man ser bort i fra kostnaden for sjakter, bør en boligutvikler som ikke har investeringskapital til den mest lønnsomme løsningen (alternativ 3.1.1) av hensyn til økonomi velge en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter (alternativ 4.1).



Figur 51: Sensitivitetsanalyse - Nåverdi som funksjon av kostnad for investering

I tabell 30 og tabell 31 ses resultatene av økonomianalysene for de forskjellige ventilasjonsutformingene når det benyttes kvadratmeterprisen for Lillestrøm. Sammenlignet med beregningene gjennomført med kvadratmeterprisen for Oslo, er det kun kostnadsposten for sjakter som vil være forskjellig. Dersom det kun tas hensyn til løsningenes investeringskostnad, er det fortsatt en sentral utforming med resirkulerende kjøkkenheter som er rimeligst (alternativ 4.1).

Når det forutsettes en lavere kvadratmeterpris, vil det være en mindre kostnadsforskjell mellom løsninger hvor separat kjøkkenavtrekk krever mer plass i sjakt og løsninger hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat. Valg av en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres i en felles kanal over tak (alternativ 2) fremfor den vanligste løsningen medfører en økning på 489 432 kr i total nåverdi. Valg av en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter (alternativ 4.1) vil medføre en økning i total nåverdi på 359 334 kr. Dersom kjøkkenavtrekk i stedet føres separat fra hver leilighet til tak (alternativ 1), vil forskjellen i total nåverdi sammenlignet med den vanligste løsningen derimot være 1 261 802 kr.

Tabell 30: Resultat sensitivitetsanalyse per kostnadspost hovedalternativer

Resultat nåverdiberegning					
Alternativ	Nåverdi sjakt	Nåverdi investering	Nåverdi vedlikehold	Nåverdi utskiftning	Nåverdi energi
	kr	kr	kr	kr	kr
1	2 392 782	4 324 438	290 242	324 839	1 739 058
2	1 418 896	4 524 981	290 242	324 839	1 740 030
3.1.1	1 078 717	4 454 238	290 242	324 839	1 661 522
4.1	1 078 717	4 233 154	290 242	930 401	1 636 378
5	1 914 517	4 672 906	1 422 187	1 310 309	1 579 442
6	940 632	4 873 449	1 422 187	1 310 309	1 580 431
7.1.2	600 452	4 803 362	1 422 187	1 310 309	1 580 957
8.1	600 452	4 525 604	1 422 187	2 078 290	1 475 615

Dersom den vanligste desentrale løsningen velges fremfor den vanligste sentrale løsningen, vil det innebære en økning i total nåverdi på 1 907 709 kr. Valg av en desentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres i en felles kanal til tak (alternativ 6), eller en løsning med resirkulerende kjøkkenhetter (alternativ 8.1), vil medføre en økning i nåverdi på henholdsvis 409 741 kr og 384 882 kr sammenlignet med den vanligste desentrale løsningen. Dersom kjøkkenavtrekk i stedet føres separat fra hver leilighet til tak (alternativ 5), vil forskjellen i total nåverdi sammenlignet med den vanligste desentrale løsningen derimot være 1 182 095 kr. Dersom det kun tas hensyn til løsningenes kostnad for sjakter og investering, er det en desentral utforming med resirkulerende kjøkkenhetter som er rimeligst (alternativ 8.1).

Tabell 31: Resultat sensitivitetsanalyse hovedalternativer

Resultat nåverdiberegning						
Alternativ	Nåverdi sjakt + investering		Nåverdi drift		Total nåverdi	
	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>	kr	kr/m <sup>2</sup>
1	6 717 220	1 987	2 354 139	696	9 071 359	2 683
2	5 943 878	1 758	2 355 112	697	8 298 989	2 455
3.1.1	5 532 954	1 636	2 276 604	673	7 809 558	2 310
4.1	5 311 870	1 571	2 857 021	845	8 168 892	2 416
5	6 587 423	1 948	4 311 938	1 275	10 899 362	3 224
6	5 814 081	1 720	4 312 927	1 276	10 127 008	2 995
7.1.2	5 403 814	1 598	4 313 453	1 276	9 717 267	2 874
8.1	5 126 056	1 516	4 976 092	1 472	10 102 148	2 988



## 5 Konklusjoner

Hensikten med masteroppgaven er å undersøke hvilken ventilasjonsutforming som bør velges i leilighetsbygg. Hvilken ventilasjonsløsning som er best egnet, belyses ved å besvare de ni forskningsspørsmålene som er presentert i masteroppgavens introduksjonsavsnitt. Forskningsspørsmålene er i de etterfølgende underavsnittene inndelt etter hvilken metode som er benyttet for å besvare spørsmålene. Avslutningsvis gis det forslag til videre arbeid for emnet ventilasjon i leilighetsbygg.

Det er i masteroppgaven tatt utgangspunkt i en casebygning bestående av 49 leiligheter fordelt på 7 etasjer. Leilighetene har et bruksareal på 69 m<sup>2</sup>. Det forutsettes at casebygningen representerer et typisk eksempel på leilighetsprosjekter som bygges i Osloområdet i dag. Det gjøres oppmerksom på at masteroppgavens resultater dermed vil være begrenset til boligprosjekter i samme størrelsesorden. Tilsvarende vil resultatenes overførbarhet til boligprosjekter i andre deler av landet være begrenset, fordi det i analysene er forutsatt klima og kvadratmeterpriser for Oslo.

### 5.1 Kartlegging

For å besvare masteroppgavens forskningsspørsmål vedrørende hvilke ventilasjonsløsninger som typisk velges i leilighetsbygg og hvorfor, gjennomføres det intervjuer med representanter for boligutviklere, boligbyggelag, rådgivende ingeniører, entreprenører og aggregatleverandører.

#### 1. Hvilke faktorer bør prioriteres ved valg av ventilasjonsløsning i leilighetsbygg?

De forskjellige ventilasjonsutformingene som kan velges i leilighetsbygg er forbundet med ulike fordeler og ulemper. De ulike styrkene og svakhetene omfatter faktorer som investeringskostnader, driftskostnader, energieffektivitet, driftssikkerhet, luktproblematikk, støy, plassbehov, risiko for brannspredning samt mulighet for individuell regulering. Hvordan de ulike egenskapene vektlegges vil påvirke hvilken løsning som velges i et boligprosjekt.

Hvilke egenskaper knyttet til forskjellige ventilasjonsløsninger som prioriteres, varierer mellom de ulike boligutviklerne og boligbyggelagene som er intervjuet i forbindelse med masteroppgaven. Videre legger de ulike boligutviklerne forskjellige føringer for valg av ventilasjonsløsning i deres funksjonsbeskrivelser. Det vil dermed variere mellom boligutviklerne, hvilken frihet entreprenør eller rådgivende ingeniør har til å velge ventilasjonsløsning i et prosjekt. Valg av løsning kan være begrenset av plassering og størrelse av sjakter og boder. Videre kan krav om at tak eller kjeller skal benyttes til andre formål, gi mangel på spillerom for ventilasjonsløsningen. Dessuten er lønnsomheten av ulike løsninger påvirket av antall boenheter i bygningen. Det er dermed ikke én ventilasjonsløsning som anses klart bedre enn alle andre, og hvilke faktorer som bør prioriteres ved valg av løsning i et leilighetsbygg vil variere mellom ulike boligprosjekter.

## 2. Hvilke ventilasjonsløsninger velges typisk i leilighetsbygg?

I leilighetsbygg som bygges i Osloområdet i dag er det en sentral ventilasjonsløsning, hvor kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk i sjakt for varmegjenvinning i aggregat, som er den vanligste løsningen. Flertallet av intervjukandidatene anbefaler bruk av plategjenvinner ved denne løsningen. I andre deler av landet er desentrale løsninger utbredt. I den vanligste desentrale utformingen føres kjøkkenavtrekk via aggregat, men utenom varmegjenvinner. Samtlige intervjukandidater anbefaler valg av roterende varmegjenvinner i denne løsningen.

## 3. Hvilke argumenter ligger til grunn for valg av de vanligste løsningene?

Driftssikkerhet og kostnadseffektivitet er de to hovedargumentene som trekkes frem for valg av sentrale løsninger. Drift og vedlikehold anses enklere i sentrale løsninger fordi utformingen innebærer færre servicepunkter, og service ivaretas av profesjonelle fremfor beboerne selv. I henhold til intervjukandidatene vil sentrale løsninger medføre lavere installasjonskostnader ved mange boenheter, og rimeligere driftskostnader for service og energiforbruk for sluttbruker.

I den vanligste sentrale løsningen begrunnes valget om å føre kjøkkenavtrekk via aggregat med et ønske om å gjenvinne varme fra avtrekk fra kjøkken. I løsningen anbefales valg av motstrømsgjenvinner for å unngå overføring av lukt mellom leiligheter. Videre foretrekkes aggregatplassering på tak av hensyn til å redusere nødvendig sjaktareal, samt ønske om å bruke førsteetasjen til andre formål.

Mulighet for individuell regulering, luktproblematikk og reduserte sjaktarealer er tre hovedargumenter som trekkes frem for valg av desentrale løsninger. Mulighet for lokal styring av temperatur og luftmengder etter egne preferanser er forbundet med tilfredshet hos beboere. Videre unngås utfordringen med overføring av lukt mellom boenheter via ventilasjonsanlegget ved valg av desentrale løsninger. I henhold til intervjukandidatene er desentrale løsninger lønnsomt i bygg med få boenheter. Videre vil løsningen kreve mindre plass i sjakt, og sjakter vil dermed oppta mindre salgbart areal.

I den vanligste desentrale løsningen begrunnes valget om å føre kjøkkenavtrekk via aggregat med at man ved løsningen unngår behovet for plass til en ekstra avtrekkskanal i sjakt. I løsningen anbefales valg av roterende gjenvinner av hensyn til høyest mulig gjenvinningsgrad. I henhold til intervjukandidatene føres kjøkkenavtrekk vanligvis utenom gjenvinner på grunn av fett, lukt og partikler i matosen fra kjøkken. Det anbefales føring av avkastluft over tak av hensyn til tilstrekkelig avstand til inntak, for å unngå luktoverføring, samt for å unngå støy i oppholdsrom som soverom og stue. Videre foretrekkes plassering av aggregat i bod av hensyn til lydnivå mot oppholdsrom og enkel tilkomst for beboere.

## 5.2 Energisimuleringer

For å besvare masteroppgavens forskningsspørsmål vedrørende energi, estimeres virkelig energibehov for forskjellige ventilasjonsløsninger ved hjelp av simuleringsverktøyet IDA ICE.

### 4. Hvilken betydning har forsering av kjøkken og bad for virkelig energiforbruk? Er det akseptabelt at SN-NSPEK 3031 neglisjerer forsering på både bad og kjøkken?

For den vanligste sentrale ventilasjonsløsningen gjennomføres simuleringer med forsering på både kjøkken og bad, forsering kun på bad og helt uten forsering. Sammenligning av simuleringsresultatene viser at når forsering ikke inkluderes i energisimuleringer, ses det bort ifra et årlig energibehov på 3 578 kWh, hvorav kjøkkenavtrekk utgjør 2 529 kWh per år. Årlig energibehov for den vanligste sentrale løsning er til sammenligning 104 210 kWh. Det konkluderes derfor med at forsering av kjøkken og bad er av mindre betydning for bygningens energiforbruk til oppvarming og ventilasjon. Videre vurderes det akseptabelt at SN-NSPEK 3031 neglisjerer forsering på kjøkken og bad.

### 5. Hvilken betydning har gjenvinning av kjøkkenavtrekk for virkelig energiforbruk?

Det gjennomføres simuleringer for både en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning og en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk løses separat fra aggregatet. Sammenligning av resultatene fra disse modellene viser at gjenvinning av kjøkkenavtrekk medfører en årlig energibesparelse på 4 924 kWh. Tilsvarende for desentrale utforminger, gjennomføres simuleringer for løsninger hvor kjøkkenavtrekk kobles på før og etter gjenvinner. Sammenligning av resultatene fra disse modellene viser at gjenvinning av kjøkkenavtrekk gir en energibesparelse på 4 947 kWh per år. For den vanligste sentrale og desentrale løsningen er årlig energibehov henholdsvis 104 210 kWh og 99 157 kWh. Det vurderes dermed at gjenvinning av kjøkkenavtrekk er av mindre betydning for bygningens energiforbruk.

### 6. Kan adferd for forsering av kjøkken og bad forenkles i energiberegninger?

For den vanligste sentrale ventilasjonsløsningen gjennomføres simuleringer både med en forenklet og en detaljert tidsstyring for forsering av kjøkken og bad. Sammenligning av simuleringsresultatene viser at forskjellen i årlig energibehov kun er 388 kWh. Videre er det resulterende effektbehovet identisk for modellene. Det vurderes derfor at adferd for forsering av kjøkken og bad kan forenkles i energiberegninger.

### 7. Hvilken ventilasjonsløsning har lavest energiforbruk i et typisk leilighetsbygg?

Det gjennomføres simuleringer for alle de 8 ventilasjonsutformingene som undersøkes i oppgaven, for å vurdere hvilken løsning som medfører lavest energiforbruk. Sammenligning av simuleringsresultatene viser at det er en desentral løsning med resirkulerende kjøkkenhetter som vil ha lavest energibehov. Det påpekes dog at økningen i energiforbruket ved valg av andre løsninger er relativt liten når det sammenlignes med det estimerte energibehovet

for en enkelt løsning. For den desentrale utformingen med resirkulerende kjøkkenheter er årlig energibehov estimert til 92 550 kWh. Dersom det i stedet velges den vanligste desentrale løsningen, vil årlig energibehov økes med 6 607 kWh. Valg av den vanligste sentrale løsningen i stedet for den vanligste desentrale løsningen innebærer en ytterligere økning i energibehov på 5 053 kWh per år. Videre vil en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter fremfor den vanligste sentrale løsningen redusere energibehovet med 1 577 kWh per år.

### 5.3 Økonomisk analyse

For å besvare masteroppgavens forskningsspørsmål vedrørende økonomi, gjennomføres en lønnsomhetsvurdering av de forskjellige ventilasjonsløsningene ved bruk av nåverdimetoden.

#### 8. Hvilken ventilasjonsløsning har lavest investeringskostnad i et typisk leilighetsbygg?

Tas det kun hensyn til løsningenes investeringskostnad, er det en sentral utforming med resirkulerende kjøkkenheter som har lavest investeringskostnad. Dersom det må velges en desentral løsning, er det tilsvarende løsningen med resirkulerende kjøkkenheter som er rimeligst.

Hvis både kostnad for sjakter og investering hensyntas, er det motsatt den desentrale løsningen med resirkulerende kjøkkenheter som er rimeligst. Dersom det må velges en sentral utforming, vil løsningen med resirkulerende kjøkkenheter medføre lavest kostnad for sjakter og investering.

#### 9. Hvilken ventilasjonsløsning har lavest levetidskostnad i et typisk leilighetsbygg?

Den mest lønnsomme løsningen for casebygningen vil være en sentral løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat for varmegjenvinning. Dersom det må velges en desentral løsning, er det tilsvarende en løsning hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat som er mest lønnsom.

Dersom boligutvikler ikke har tilstrekkelig investeringskapital til den mest lønnsomme løsningen, bør løsningene prioriteres avhengig av tilgjengelig investeringskapital i følgende rekkefølge:

1. Sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter
2. Desentral løsning med kjøkkenavtrekk via aggregat
3. Desentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter

Ses det bort i fra kostnad for sjakter, bør en boligutvikler som ikke har investeringskapital til den mest lønnsomme løsningen, velge en sentral løsning med resirkulerende kjøkkenheter.

En sensitivitetsanalyse gjennomføres for å undersøke kvadratmeterprisens innflytelse for lønnsomheten av de ulike løsningene. I sensitivitetsanalysen brukes kvadratmeterprisen for Lillestrøm, som sammenlignet med Oslo er lavere. Sensitivitetsanalysen viser at også her vil en sentral utforming hvor kjøkkenavtrekk føres via aggregat være den mest lønnsomme løsningen.

#### 5.4 Forslag til videre arbeid

Intervjuene viser at det er interesse i bransjen for ventilasjonsløsninger med resirkulerende kjøkkenhetter. En foreløpig barriere for slike løsninger er, ifølge intervjukandidatene, behov for å undersøke hvor godt resirkulerende kjøkkenhetter fungerer. I denne forbindelse har SINTEF et pågående forskningsprosjekt, ”Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation”. I forskningsprosjektets andre arbeidspakke skal SINTEF undersøke effektiviteten av forskjellige typer kjøkkenventilasjon, inkludert resirkulerende kjøkkenhetter [117].

Det er under arbeidet med masteroppgaven ikke funnet studier som undersøker samtidigheten for forsering av kjøkken og bad i leilighetsbygg. Det har derfor vært nødvendig å ta utgangspunkt i et antatt scenario for andelen leiligheter med samtidig forsering i masteroppgaven. I denne forbindelse er et forslag til emne for en fremtidig bachelor- eller masteroppgave, å undersøke samtidigheten for ventilasjon i virkelige leilighetsbygg. Kunnskap om den reelle samtidighetsfaktoren er en forutsetning for å bestemme optimal kapasitet for et ventilasjonsanlegg, og har dessuten betydning for anleggets investeringskostnad.

## Referanser

- [1] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz og C. Pout, “A review on buildings energy consumption information,” *Energy and Buildings*, årg. 40, nr. 3, s. 394–398, 2008. DOI: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.
- [2] Statistisk sentralbyrå, *Voksende byer og aldrende bygder*. adresse: <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/voksende-byer-og-aldrende-bygder> (sjekket 05.06.2021).
- [3] A. Mardiana og S. B. Riffat, “Review on physical and performance parameters of heat recovery systems for building applications,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 28, s. 174–190, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2013.07.016.
- [4] H. R. Santos og V. M. Leal, “Energy vs. ventilation rate in buildings: A comprehensive scenario-based assessment in the European context,” *Energy and Buildings*, årg. 54, s. 111–121, 2012. DOI: 10.1016/j.enbuild.2012.07.040.
- [5] SINTEF, “Healthy Energy-efficient Urban Home Ventilation,” Sintef.no. adresse: <https://www.sintef.no/projectweb/healthy-energy-efficient-urban-home-ventilation/> (sjekket 04.05.2021).
- [6] SINTEF, “Evalueringer, anbefalinger og risikovurderinger,” Sintef.no. adresse: <https://www.sintef.no/projectweb/healthy-energy-efficient-urban-home-ventilation/arbeidspakke-4/> (sjekket 06.06.2021).
- [7] X. Cao, X. Dai og J. Liu, “Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade,” *Energy and Buildings*, årg. 128, s. 198–213, 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.06.089.
- [8] *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*, 2017. adresse: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- [9] *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger. Boligbygninger*, NS 3700, 2013.
- [10] C. Dimitroulopoulou, “Ventilation in European dwellings: A review,” *Building and Environment*, årg. 47, s. 109–125, 2012. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.07.016.
- [11] M. K. Kim og L. Baldini, “Energy analysis of a decentralized ventilation system compared with centralized ventilation systems in European climates: Based on review of analyses,” *Energy and Buildings*, årg. 111, s. 424–433, 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.11.044.
- [12] M. F. Silva, S. Maas, A. d. S. Henor og A. P. Gomes, “Post-occupancy evaluation of residential buildings in Luxembourg with centralized and decentralized ventilation systems, focusing on indoor air quality (IAQ). Assessment by questionnaires and physical measurements,” *Energy and Buildings*, årg. 148, s. 119–127, 2017. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.04.049.
- [13] M. S. Andargie, M. Touchie og W. O’Brien, “A review of factors affecting occupant comfort in multi-unit residential buildings,” *Building and Environment*, årg. 160, art no. 106182, 2019. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106182.
- [14] F. J. Kelly og J. C. Fussell, “Improving indoor air quality, health and performance within environments where people live, travel, learn and work,” *Atmospheric Environment*, årg. 200, s. 90–109, 2019. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2018.11.058.
- [15] A. Moreno-Rangel, T. Sharpe, G. McGill og F. Musau, “Indoor Air Quality in Passivhaus Dwellings: A Literature Review,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, årg. 17, nr. 13, art no. 4749, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17134749.
- [16] A. Zalejska-Jonsson og M. Wilhelmsson, “Impact of perceived indoor environment quality on overall satisfaction in Swedish dwellings,” *Building and Environment*, årg. 63, s. 134–144, 2013. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.02.005.

- [17] D. Vakalis, M. Touchie, E. Tzekova, H. MacLean og J. Siegel, "Indoor environmental quality perceptions of social housing residents," *Building and Environment*, årg. 150, s. 135–143, 2019. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.12.062.
- [18] T. Kin, B.-Y. Park og C. H. Cheogn, "Ventilation systems to prevent food odour spread in high-rise residential buildings," *Indoor and Build Environment*, årg. 21, nr. 2, s. 304–316, 2012. DOI: 10.1177/1420326X11409454.
- [19] G. Liu, M. Xiao, X. Zhang, C. Gal, X. Chen, L. Liu, S. Pan, J. Wu, L. Tang og D. Clements-Croome, "A review of air filtration technologies for sustainable and healthy building ventilation," *Sustainable Cities and Society*, årg. 32, s. 375–396, 2017. DOI: 10.1016/j.scs.2017.04.011.
- [20] R. Gupta og M. Kapsali, "Empirical assessment of indoor air quality and overheating in low-carbon social housing dwellings in England, UK," *Advances in Building Energy Research*, årg. 10, nr. 1, s. 46–68, 2016. DOI: 10.1080/17512549.2015.1014843.
- [21] J. Jokisolao, J. Kurnitska, M. Vuolle og A. Torkki, "Performance of balanced ventilation with heat recovery in residential buildings in a cold climate," *International Journal of Ventilation*, årg. 2, nr. 3, s. 223–235, 2003. DOI: 10.1080/14733315.2003.11683667.
- [22] H. Manz, H. Huber, A. Schälín, A. Weber, M. Ferrazzini og M. Studer, "Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery," *Energy and Buildings*, årg. 31, nr. 1, s. 37–47, 2000. DOI: 10.1016/S0378-7788(98)00077-2.
- [23] A. Merzkirch, S. Maas, F. Scholzen og D. Waldmann, "Field tests of centralized and decentralized ventilation units in residential buildings – Specific fan power, heat recovery efficiency, shortcuts and volume flow unbalances," *Energy and Buildings*, årg. 116, s. 376–383, 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.12.008.
- [24] A. Merzkirch, S. Maas, F. Scholzen og D. Waldmann, "Primary energy used in centralised and decentralised ventilation systems measured in field tests in residential buildings," *International Journal of Ventilation*, årg. 18, nr. 1, s. 19–27, 2019. DOI: 10.1080/14733315.2017.1300432.
- [25] P. G. Schild, Personlig kommunikasjon, 3. juni 2021.
- [26] A. Doodoo, "Primary energy and economic implications of ventilation heat recovery for a multi-family building in a Nordic climate," *Journal of Building Engineering*, årg. 31, art no. 101391, 2020. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101391.
- [27] H. Manz, H. Huber og D. Helfenfinger, "Impact of air leakages and short circuits in ventilation units with heat recovery on ventilation efficiency and energy requirements for heating," *Energy and Buildings*, årg. 33, nr. 2, s. 133–139, 2001. DOI: 10.1016/S0378-7788(00)00077-3.
- [28] C.-A. Roulet, F. D. Heidt, F. Foradini og M.-C. Pibiri, "Real heat recovery with air handling units," *Energy and Buildings*, årg. 33, nr. 5, s.495–502, 2001. DOI: 10.1016/S0378-7788(00)00104-3.
- [29] A. Mardiana-Idayu og S. Riffat, "Review on heat recovery technologies for building applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 16, nr. 2, s. 1241–1255, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2011.09.026.
- [30] J. Zemitis og A. Borodinecs, "Energy saving potential of ventilation systems with exhaust air heat recovery," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, årg. 660, nr. 1, art no. 012019, 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/660/1/012019.
- [31] C. Zeng, S. Liu og A. Shukla, "A review on the air-to-air heat and mass exchanger technologies for building applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 75, s. 753–774, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2016.11.052.
- [32] Q. Xu, S. Riffat og S. Zhang, "Review of Heat Recovery Technologies for Building Applications," *Energies*, årg. 12, art no. 1285, 2019. DOI: 10.3390/en12071285.

- [33] P. M. Cuce og S. Riffat, "A comprehensive review of heat recovery systems for building applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 47, s. 665–682, 2015. DOI: 10.1016/j.rser.2015.03.087.
- [34] M. J. Alonso, P. Liu, H. Mathisen, G. Ge og C. Simonson, "Review of heat/energy recovery exchangers for use in ZEBs in cold climate countries," *Building and Environment*, årg. 84, s. 228–237, 2015. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.11.014.
- [35] J. Fernández-Seara, R. Diz, F. J. Uhía, A. Dopazo og J. M. Ferro, "Experimental analysis of an air-to-air heat recovery unit for balanced ventilation systems in residential buildings," *Energy Conversion and Management*, årg. 52, nr. 1, s. 635–640, 2011. DOI: 10.1016/j.enconman.2010.07.040.
- [36] A. Dadoo, L. Gustavssona og R. Sathrea, "Primary energy implications of ventilation heat recovery in residential buildings," *Energy and Buildings*, årg. 43, nr. 7, s. 1566–1572, 2011. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.02.019.
- [37] Z. Liu, W. Li, Y. Chen, Y. Luo og L. Zhang, "Review of energy conservation technologies for fresh air supply in zero energy buildings," *Applied Thermal Engineering*, årg. 148, s. 544–556, 2019. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.11.085.
- [38] E. L. Hult, H. Willem og M. H. Sherman, "Formaldehyde transfer in residential energy recovery ventilators," *Building and Environment*, årg. 75, s. 92–97, 2014. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.01.004.
- [39] R. Shah og T. Skiepko, "Influence of leakage distribution on the thermal performance of a rotary regenerator," *Applied Thermal Engineering*, årg. 19, nr. 7, s. 685–705, 1999. DOI: 10.1016/S1359-4311(98)00087-8.
- [40] C.-A. Roulet, M.-C. Pibiri, R. Knutti, A. Pfeiffer og A. Weber, "Effect of chemical composition on VOC transfer through rotating heat exchangers," *Energy and Buildings*, årg. 34, nr. 8, s. 799–807, 2002. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00098-1.
- [41] T. R. Nielsen, J. Rose og J. Kragh, "Dynamic model of counter flow air to air heat exchanger for comfort ventilation with condensation and frost formation," *Applied Thermal Engineering*, årg. 29, nr. 2–3, s. 462–468, 2009. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2008.03.006.
- [42] Z. Chen, H. Li, Y. Gu og W. Zhu, "A novel flexible seal technology and its application in heat transfer of rotary air preheater," *Applied Thermal Engineering*, årg. 163, art no. 114414v, 2019. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2019.114414.
- [43] R. Huizing, H. Chen og F. Wong, "Contaminant transport in membrane based energy recovery ventilators," *Science and Technology for the Built Environment*, årg. 21, s. 54–66, 2015. DOI: 10.1080/10789669.2014.969171.
- [44] H. Patel, G. Ge, M. R. Abdel-Salam, A. H. Abdel-Salam, R. W. Besant og C. J. Simonson, "Contaminant transfer in run-around membrane energy exchangers," *Energy and Buildings*, årg. 70, s. 94–105, 2014. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.11.013.
- [45] L.-Z. Zhang, "Progress on heat and moisture recovery with membranes: From fundamentals to engineering applications," *Energy Conversion and Management*, årg. 63, s. 173–195, 2012. DOI: 10.1016/j.enconman.2011.11.033.
- [46] S. Bilodeau, P. Brousseau, M. Lacroix og Y. Mercadier, "Frost formation in rotary heat and moisture exchangers," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, årg. 42, nr. 14, s. 2605–2619, 1999. DOI: 10.1016/S0017-9310(98)00323-8.
- [47] C. Beattie, P. Fazio, R. Zmeureanu og J. Rao, "Experimental study of air-to-air heat exchangers for use in arctic housing," *Applied Thermal Engineering*, årg. 129, s. 1281–1291, 2018. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2017.10.112.



- [48] M. R. Nasr, M. Fauchoux, R. W. Besant og C. J. Simonson, "A review of frosting in air-to-air energy exchangers," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 30, s. 538–554, 2014. DOI: 10.1016/j.rser.2013.10.038.
- [49] M. Jaszczur, L. Kleszcz og M. Borowski, "Analysis of the anti-icing system used in air handling units with a counterflow heat exchanger," *E3S Web of Conferences*, årg. 108, art no. 1022, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/201910801022.
- [50] J. Kragh, J. Rose, T. Nielsen og S. Svendsen, "New counter flow heat exchanger designed for ventilation systems in cold climates," *Energy and Buildings*, årg. 39, nr. 11, s. 1151–1158, 2007. DOI: 10.1016/j.enbuild.2006.12.008.
- [51] M. J. Alonso, H. M. Mathisen, S. Aarnes og P. Liu, "Performance of a lab-scale membrane-based energy exchanger," *Applied Thermal Engineering*, årg. 111, s. 1244–1254, 2017. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2015.11.119.
- [52] P. G. Schild, "Nasjonal undersøkelse av boligventilasjon med varmegjenvinning," Prosjektrapport 341, 2002. adresse: [https://www.sintefbok.no/book/index/170/nasjonal\\_undersokelse\\_av\\_boligventilasjon\\_med\\_varmegjenvinning](https://www.sintefbok.no/book/index/170/nasjonal_undersokelse_av_boligventilasjon_med_varmegjenvinning).
- [53] Y. Aristov, I. Mezentsev og V. Mukhin, "A new approach to regenerating heat and moisture in ventilation systems," *Energy and Buildings*, årg. 40, nr. 3, s. 204–208, 2008. DOI: 10.1016/j.enbuild.2007.02.029.
- [54] Systemair AS, "Nye Topvex - setter standarden," systemair.com. adresse: <https://www.systemair.com/no/aggregater/nye-topvex/> (sjekket 06.06.2021).
- [55] Exhausto AS, "VEX350/VEX360/VEX370 Kompaktaggregater," exhausto.dk. adresse: <https://www.exhausto.dk/produkter/Counterflow/VEX350%5C%20360%5C%20370%5C%20series> (sjekket 06.06.2021).
- [56] I. S. Walker, G. Rojas og B. Singer, "Comparing extracting and recirculating residential kitchen range hoods for the use in high energy efficient housing," Lawrence Berkeley National Laboratory, 2018. adresse: <https://escholarship.org/uc/item/07b9d9p1>.
- [57] J. M. Logue og B. C. Singer, "Energy impacts of effective range hood use for all U.S. residential cooking," *HVAC&R Research*, årg. 20, nr. 2, s. 264–275, 2014. DOI: 10.1080/10789669.2013.869104.
- [58] M. Mysen og I. L. Segtnan, "552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper," *Byggforskserien*, 2017. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/527/ventilasjon\\_av\\_boliger\\_prinsipper](https://www.byggforsk.no/dokument/527/ventilasjon_av_boliger_prinsipper) (sjekket 31.05.2021).
- [59] J. Kurnitski, M. Thalfeldt, H. v. Weele, M. Toksoy, T. Carlsson, P. V. Bednarova og O. Seppänen, *Residential Heat Recovery Ventilation*, REVHA, 2018. adresse: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpRHRV0003/residential-heat-recovery/residential-heat-recovery>.
- [60] K. Thunshelle og I. L. Segtnan, "552.303 Balansert ventilasjon i småhus," *Byggforskserien*, 2015. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert\\_ventilasjon\\_i\\_smaahus](https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert_ventilasjon_i_smaahus) (sjekket 31.05.2021).
- [61] SINTEF, "BVN 44.110 Ventilasjon av våtrom i boliger. Krav, anbefalinger og prinsipper," *Byggesjansjens våtromsnorm*, 2016. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/2732/ventilasjon\\_av\\_vaatom\\_i\\_boliger\\_krav\\_anbefalinger\\_og\\_prinsipper](https://www.byggforsk.no/dokument/2732/ventilasjon_av_vaatom_i_boliger_krav_anbefalinger_og_prinsipper) (sjekket 31.05.2021).
- [62] M. Mysen og I. L. Segtnan, "552.305 Balansert ventilasjon av leiligheter," *Byggforskserien*, 2017. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/530/balansert\\_ventilasjon\\_av\\_leiligheter](https://www.byggforsk.no/dokument/530/balansert_ventilasjon_av_leiligheter) (sjekket 31.05.2021).

- [63] *2019 ASHRAE Handbook Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications (S-I Edition)*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), 2019. adresse: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASHRAEVC/ashrae-handbook-heating/ashrae-handbook-heating>.
- [64] M. Mysen, K. Thunshelle og I. L. Segtnan, "752.601 Forbedring av ventilasjon i boliger," *Byggforskserien*, 2015. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/725/forbedring\\_av\\_ventilasjon\\_i\\_boliger](https://www.byggforsk.no/dokument/725/forbedring_av_ventilasjon_i_boliger) (sjekket 31.05.2021).
- [65] J. Kurnitski, M. Thalfeldt, H. v. Weele, M. Toksoy, T. Carlsson, P. V. Bednarova og O. Seppänen, "Evidence based residential ventilation: sizing procedure and system solutions addressed by REHVA Residential Ventilation Task Force," *E3S Web of Conferences*, årg. 111, art no. 01016, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911101016>.
- [66] S. Andersson, J. C. Krohn, A. Kirkhus og S. Bakken, "520.352 Brannsikring og røyksikring av balanserte ventilasjonsanlegg," *Byggforskserien*, 2018. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/5184/brannsikring\\_og\\_roeyksikring\\_av\\_balanserte\\_ventilasjonsanlegg](https://www.byggforsk.no/dokument/5184/brannsikring_og_roeyksikring_av_balanserte_ventilasjonsanlegg) (sjekket 31.05.2021).
- [67] Y. Xiao og M. Watson, "Guidance on Conducting a Systematic Literature Review," *Journal of Planning Education and Research*, årg. 39, nr. 1, s. 93–112, 2019. DOI: 10.1177/0739456X17723971.
- [68] Aarhus University Library, "Systematic literature searches," [Library.au.dk](https://library.au.dk/en/researchers/systematicliteraturesearches/). adresse: <https://library.au.dk/en/researchers/systematicliteraturesearches/> (sjekket 31.05.2021).
- [69] S. Jalali og C. Wohlin, "Systematic literature studies: Database searches vs. backward snowballing," i *Proceedings of the 2012 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 2012, s. 29–38. DOI: 10.1145/2372251.2372257.
- [70] A. Sayers, "Tips and tricks in performing a systematic review," *The British Journal of General Practice*, årg. 57, nr. 542, art no. 759, 2007. adresse: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2151802/>.
- [71] PhD on Track, "Types of reviews," [Phdontrack.net](https://www.phdontrack.net/search-and-review/types-of-reviews/). adresse: <https://www.phdontrack.net/search-and-review/types-of-reviews/> (sjekket 04.12.2020).
- [72] C. Wohlin, "Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering," i *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 2014, s. 1–10. DOI: 10.1145/2601248.2601268.
- [73] Statistisk sentralbyrå, *06515: Boliger, etter region, antall rom, statistikkvariabel, år og bygningstype*, 2020. adresse: <https://www.ssb.no/statbank/table/06515/tableViewLayout1/>.
- [74] Statistisk sentralbyrå, *06513: Boliger, etter region, bruksareal, statistikkvariabel, år og bygningstype*, 2020. adresse: <https://www.ssb.no/statbank/table/06513/tableViewLayout1/>.
- [75] Statistisk sentralbyrå, *08455: Boliger, etter antall etasjer i bygningen, statistikkvariabel, år og region*, 2020. adresse: <https://www.ssb.no/statbank/table/08455/tableViewLayout1/>.
- [76] Oslo kommune - Plan og bygningsetaten, "Peter Møllers vei 8-14 - Oppføring av 2 boligblokker - B1 og B2," [pbe.oslo.kommune.no](https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?caseno=202014659%5C&wfl=N%5C&Dateparam=03/11/2021%5C&sti=). adresse: <https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?caseno=202014659%5C&wfl=N%5C&Dateparam=03/11/2021%5C&sti=> (sjekket 15.03.2021).
- [77] EQUA Simulation AB. (30.01.2018). "IDA Indoor Climate and Energy." (Version 4.8), adresse: <https://www.equa.se/en/ida-ice>.
- [78] *Bygningers energiytelse. Beregning av energibehov og energiforsyning*, SN-NSPEK 3031, 2020.
- [79] TROX Auranor Norge AS, "DSO Avtrekksventil," [Trox.no](https://www.trox.no/avtrekksventiler/dso-40f06aedc79886a4). adresse: <https://www.trox.no/avtrekksventiler/dso-40f06aedc79886a4> (sjekket 11.05.2021).

- [80] SINTEF, "BVN 44.120 Ventilasjon av våtrom i boliger. Dimensjoner på og utførelse av kanaler og ventiler," *Byggebransjens våtromsnorm*, 2016. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/2733/ventilasjon\\_av\\_vaatrom\\_i\\_boliger\\_dimensjoner\\_paa\\_og\\_utfoerelse\\_av\\_kanaler\\_og\\_ventiler](https://www.byggforsk.no/dokument/2733/ventilasjon_av_vaatrom_i_boliger_dimensjoner_paa_og_utfoerelse_av_kanaler_og_ventiler) (sjekket 31.05.2021).
- [81] H. Zhao, W. R. Chan, W. W. Delp, H. Tang, I. S. Walker og B. C. Singer, "Factors Impacting Range Hood Use in California Houses and Low-Income Apartments," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, årg. 17, nr. 23, art no. 8870, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17238870>.
- [82] B. C. Singer, W. R. Chan, Y.-S. Kim, F. J. Offerman og I. S. Walker, "Indoor air quality in California homes with code-required mechanical ventilation," *Indoor Air*, årg. 30, s. 885–899, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ina.12676>.
- [83] L. Sun og L. A. Wallace, "Residential cooking and use of kitchen ventilation: the impact on exposure," *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1823525>.
- [84] V. L. Klug, A. B. Lobscheid og B. C. Singer, "Cooking appliance use in California homes - data collected from a web-based survey," LBNL Report Number LBNL-5028E, 2011. adresse: <https://indoor.lbl.gov/publications/cooking-appliance-use-california>.
- [85] V. M. Barthelmes, R. Li, R. K. Andersen, W. Bahnfleth, S. P. Corgnati og C. Rode, "Profiling occupant behaviour in Danish dwellings using time use survey data," *Energy & Buildings*, årg. 177, s. 329–340, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.044>.
- [86] BUILD - Institut for byggeri, by og miljø, "Rettelsesblad til SBI-anvisning 213, Bygningers energibehov. 6 udgave 2018," 2021. adresse: <https://sbi.dk/anvisninger/Pages/213-Bygningers-energiebehov-6.aspx>.
- [87] Statistisk sentralbyrå, *Tid brukt til ulike typer husarbeid blant personer 16-74 år. 1971-2010. Gjennomsnitt per dag, timer og minutter*. adresse: <https://www.ssb.no/a/samfunnsspeilet/utg/201204/08/tab-2012-10-09-03.html> (sjekket 11.05.2021).
- [88] C. R. Wilkes, A. D. Mason og S. C. Hern, "Probability Distributions for Showering and Bathing Water-Use Behavior for Various U.S. Subpopulations," *Risk Analysis*, årg. 25, nr. 2, s. 317–337, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00592.x>.
- [89] R. A. Stewart, R. M. Willis, K. Panuwatwanich og O. Sahin, "Showering behavioural response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study," *Behaviour & Information Technology*, årg. 32, nr. 7, s. 695–711, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2011.577195>.
- [90] Unilever, "UK sustainable shower study," Unilever.co.uk. adresse: <https://www.unilever.co.uk/news/press-releases/2011/uk-sustainable-shower-study.html> (sjekket 11.05.2021).
- [91] Ditt-bad, "Nordmenn ønsker ikke å endre sine vaner for å redusere vannforbruket," Ditt-bad.no. adresse: <https://ditt-bad.no/2020/nordmenn-onsker-ikke-endre-sine-vaner-reducere-vannforbruket/> (sjekket 11.05.2021).
- [92] M. Kotol, "Current ventilation strategies in Greenlandic dwellings," *Journal of Building Engineering*, årg. 39, art no. 102283, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102283>.
- [93] A. S. Pedersen, "Moisture production in buildings," Master of Energy and Environmental Engineering, Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, 2018.
- [94] P. G. Schild, E. E. Hempel, R. Løfblad og A. Boon-Grønseth, "Forsert avtrekk på bad kan sløyfes ved 20 l/s grunnventilasjon," *Norsk VVS*, årg. 60, nr. 07, s. 24–27, 2017.

- [95] Statistisk sentralbyrå, *Kommunefakta Oslo*. adresse: <https://www.ssb.no/kommunefakta/oslo> (sjekket 11.05.2021).
- [96] Statistisk sentralbyrå, *Folke- og boligtellingsen, boliger (opphørt), 19. november 2011*, 2013. adresse: <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/fobolig/hvert-10-aar/2013-02-26>.
- [97] Statistisk sentralbyrå, *Tidsbruk 1971-2010. Døgnrytmen er blitt mer variert*, 2012. adresse: <https://www.ssb.no/kultur-og-fritid/artikler-og-publikasjoner/dognrytmen-er-bli-mer-vari-ert>.
- [98] Statistisk sentralbyrå, "Tidsbruk. Døgnet rundt," *Dette er Norge 2016*, s. 27, 2016. adresse: <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/dette-er-norge-2016>.
- [99] P. Pomorski, D. Le, F. Gurbuz og D. Haidari, "Parallele, desentraliserte og sentraliserte luftbe-handlingsaggregater - teknisk og økonomisk analyse," Bachelor energi og miljø i bygg, Institutt for Bygg- og energiteknikk, OsloMet – Storbyuniversitet, 2018.
- [100] SIEMENS, "iQ300 Uttrekkbar ventilator," Siemens-home.bsh-group.com. adresse: <https://www.siemens-home.bsh-group.com/no/produktliste/ovner-platetopper-og-ventilatorer/ventilatorer/ventilatorer-for-innbygging/uttrekkbare-ventilatorer/LI67RB531#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1378817471/Togglebox=-170576753/Togglebox=2032562564/> (sjekket 11.05.2021).
- [101] S. Ingebritsen, *Ventilasjonsteknikk Del II*, 1. utg. VVS-foreningen/Nemitek, 2019.
- [102] *Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*, NS 3031, 2014.
- [103] P. G. Schild. (8.06.2020). "SNPEK-3031-TilleggK." (Version v200608), adresse: <https://github.com/SchildCode/NSPEK-3031-TilleggK/releases>.
- [104] T. Kvande, K. R. Lisø, H. O. Hygen, H. Høiland-Kaupang og A. Kirkhus, "451.021 Klima-data for termisk dimensjonering og frostsikring," *Byggforskserien*, 2018. adresse: [https://www.byggforsk.no/dokument/204/klimadata\\_for\\_termisk\\_dimensjonering\\_og\\_frostsikring](https://www.byggforsk.no/dokument/204/klimadata_for_termisk_dimensjonering_og_frostsikring) (sjekket 31.05.2021).
- [105] Divisjon for offentlige anskaffelser, "Forskjellen mellom TCO, LCC og LCA," Anskaffelser.no. adresse: <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg/avklare-behov-og-forberede-konkurransen/lage-kontraktstrategi/livssyklus-kostnader-lcc/forskjellen-mellom-tco-lcc-og-lca> (sjekket 31.05.2021).
- [106] Byggordboka, "Levetidskostnad," Byggordboka.no. adresse: <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/levetidskostnad> (sjekket 31.05.2021).
- [107] F. Horjen og K. I. Edvardsen, "624.010 Livssyklus-kostnader for byggverk. Beregningseksempler," *Byggforskserien*, 2002. adresse: <https://www.byggforsk.no/dokument/3100/livssyklus-kostnader-for-byggverk-beregningseksempler> (sjekket 31.05.2021).
- [108] *Livssyklus-kostnader for byggverk Prinsipper og klassifisering*, NS 3454, 2013.
- [109] Altinn, "Merverdiavgift," Altinn.no. adresse: <https://www.altinn.no/starte-og-drive/skatt-og-avgift/avgift/merverdiavgift/> (sjekket 31.05.2021).
- [110] *Bygningers energiytelse - Økonomisk evalueringsprosedyre for energisystemer i bygninger*, NS-EN 15459, 2007.
- [111] Statistisk sentralbyrå, *Konsumprisindeksen*. adresse: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kpi/maaned> (sjekket 05.05.2021).
- [112] Statistisk sentralbyrå, *Elektrisitetspriser*. adresse: <https://www.ssb.no/elkraftpris> (sjekket 05.05.2021).
- [113] Eiendom Norge, *Eiendom Norges boligprisstatistikk. Januar 2021*. adresse: <https://eiendommorge.no/boligprisstatistikk/statistikkbank/rapporter/manedsrapporter/#filesDownloadElement> (sjekket 09.02.2021).

- [114] Eiendom Norge, *Eiendom Norges boligtyperapport 2020*. adresse: <https://eiendommorge.no/boligprisstatistikk/statistikkbank/rapporter/boligtyperapporter/#filesDownloadElement> (sjekket 09.02.2021).
- [115] *Inneklimateparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk*, NS-EN 15251:2007+NA:2014, 2014.
- [116] Exhausto, “Prosjekteringsguide boligventilasjon,” Exhausto.no. adresse: <http://publications.exhausto.com/Norge/Living/Prosjekteringsguide/?page=12> (sjekket 07.05.2021).
- [117] SINTEF, “Kjøkkenventilasjon og eksponering,” Sintef.no. adresse: <https://www.sintef.no/projectweb/healthy-energy-efficient-urban-home-ventilation/arbeidspakke-2/> (sjekket 04.05.2021).
- [118] M. R. Abdel-Salam, G. Ge, M. Fauchoux, R. W. Besant og C. J. Simonson, “State-of-the-art in liquid-to-air membrane energy exchangers (LAMEEs): A comprehensive review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 39, s. 700–728, 2014. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.022.
- [119] H. N. Chaudhry, B. R. Hughes og S. A. Ghani, “A review of heat pipe systems for heat recovery and renewable energy applications,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, årg. 16, nr. 4, s. 2249–2259, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.038.
- [120] M. Orme, “Estimates of the energy impact of ventilation and associated financial expenditures,” *Energy and Buildings*, årg. 33, nr. 3, s. 199–205, 2001. DOI: 10.1016/S0378-7788(00)00082-7.
- [121] H. J. Chung, J. S. Lee, C. Baek, H. Kang og Y. Kim, “Numerical analysis of the performance characteristics and optimal design of a plastic rotary regenerator considering leakage and adsorption,” *Applied Thermal Engineering*, årg. 109, nr. A, s. 227–237, 2016. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.08.074.
- [122] Statistisk sentralbyrå, “Mer fritid - på bekostning av husarbeid,” *Samfunnsspeilet*, årg. 26, nr. 4, s. 13, 2012. adresse: <https://www.ssb.no/sosiale-forhold-og-kriminalitet/ssp/2012-4>.
- [123] P. G. Schild og M. Mysen, “Recommendations on Specific Fan Power and Fan System Efficiency,” AIVC Technical Note 65, 2009. adresse: <https://www.aivc.org/resource/tn-65-recommendations-specific-fan-power-and-fan-system-efficiency>.
- [124] Exhausto, “Standard kjøkkenhetter,” Exhausto.no. adresse: <https://www.exhausto.no/produkter/ESL/ESL100> (sjekket 12.05.2021).
- [125] Røros Metall AS, “622-12 Innsats for alle balansert ventilasjon eller fellesavtrekk,” Roroshetta.no. adresse: <https://roroshetta.no/produkter/i-overskap/balansert-ventilasjon-2/fettfilter-622-12/> (sjekket 12.05.2021).
- [126] Rockwool, “Den lille VVS,” Rockwool.no. adresse: [https://www.rockwool.no/teknisk-service/dokumentasjon/brosjyrer/?selectedCat=brosjyrer\\*teknisk%5C%20isolasjon](https://www.rockwool.no/teknisk-service/dokumentasjon/brosjyrer/?selectedCat=brosjyrer*teknisk%5C%20isolasjon) (sjekket 20.05.2021).
- [127] Rockwool, “ROCKTEC beregner,” Rockwool.no. adresse: <https://rw-rocktec.inforce.dk/Scandinavian/Index/Norge/indexno.aspx> (sjekket 20.05.2021).

## Vedlegg

### A Vedlegg litteraturstudie

#### A.1 Nøkkelkonsepter/sentrale begreper

Nøkkelbegreper som er identifisert ved hjelp av forskningsspørsmålet er oppført i tabell 32 under.

Tabell 32: Nøkkelbegreper

Concept	Main search term	Synonyms/related terms
1	Ventilation	Ventilation system. HVAC. Ventilation design. Air handling unit (AHU)
2	Centralized ventilation	
3	Decentralized ventilation	
4	Apartment (building/complex)	Dwellings. Residential (buildings). Housing. Multi-unit residential (buildings).
5	Odor recirculation	Food/kitchen odor. Odor leakage. Odor migration. Odor transmission. Air leakage. Cross contamination. Carry over. Olfactory discomfort. Indoor air quality. Indoor air pollution.
6	Energy use	Energy usage. Energy efficiency. Energy cost. Energy consumption.
7	Installation cost	Installation price. Maintenance cost. Total cost.
8	Carbon filter	Activated carbon. Combination filter.
9	Rotary heat exchanger	Heat recovery wheel. Energy wheel. Thermal wheel. Enthalpy wheel. Desiccant wheel. Rotary regenerator.
10	Flat plate heat exchanger	Recuperator. (Fixed) plate heat exchanger. Cross/counter flow.
11	Liquid coupled heat exchanger	Pump-around coil heat exchanger. Run-around loop heat exchanger. Run-around coil heat exchanger.

## A.2 Inklusjonskriterier

Valgte inklusjonskriterier som benyttes til å vurdere hvilke artikler som er relevante for litteraturstudiet er oppført sammen med en kort begrunnelse i tabell 33 under. Inklusjonskriteriene anses som strenge regler i forbindelse med valg av hovedartikler. I den etterfølgende "snowballing" prosessen blir inklusjonskriteriene brukt som anbefalte retningslinjer, idet utvalg av artikler gjøres mer fleksibelt med hensyn til type publikasjon, publiseringsdato og antall siteringer. "Backward snowballing" vil til enhver tid lede til eldre artikler, og dermed er artikler som er nyere enn 10 år vanskelig å finne dersom en hovedartikkel for eksempel er 8 år gammel. Tilsvarende vil nylig publiserte artikler sannsynligvis ha færre siteringer ved bruk av "forward snowballing".

Tabell 33: Inklusjonskriterier

Category	Inclusion criteria	Reasoning
Type of publication	Research articles	Are peer reviewed.
	Article reviews	Can be a good source for other relevant articles. Gives an overview of a topic.
Sources	Databases (Science direct, Scopus, Engineering village, Web of science)	Better precision. Easy to limit search. Mostly peer reviewed content.
	Google scholar	
Citations	As many citations as possible	Can indicate quality.
Themes	Must include key concepts	To ensure relevance.
Location/climate	Preferably similar to Norway	Climate can affect which properties are prioritized.
Date	Less than 10 years old	To focus on updated solutions
Language	English	
Access	Open access or access through OsloMet University Library	Access to full text

### A.3 Søkehistorikk

Søkehistorikken inneholder de valgte kombinasjonene av søkeord, samt søkebegrensninger for dato og dokumenttype, som er brukt for å finne hovedartiklene og kan ses i tabell 34, 35 og 36 under. Søket ble gjennomført i tre steg, og under hvert steg, ble artikler som vurderes relevant for nøkkelbegrepene notert i tabell 37. Det første søkesteget ble i hovedsak utført med henblikk på å få en oversikt over hvilke typer artikler som finnes, hvilke resultater de forskjellige databasene gir sammenlignet med hverandre og hvor mange treff forskjellige kombinasjoner av stikkord resulterer i. Det ble observert i det første steget at de forskjellige databasene i de fleste tilfeller resulterte i lignende artikkelresultater. For å effektivisere søkeprosessen ble det valgt å fortsette neste trinn med å bruke kun én av databasene. Dersom en kombinasjon av søkeord i de neste trinnene ga svært få eller ingen treff, ble én eller flere databaser også testet, delvis for å kontrollere søkeordene for stavefeil. Ettersom første steg resulterte i relevante artikler om sentralisert og desentralisert ventilasjon, ble fokuset i de neste stegene flyttet til andre nøkkelbegreper.

Tabell 34: Søkehistorikk - steg 1

Search	Database	Date	Search string	Results	Date	Document type
1	Science direct	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building"	972	2010-2020	Research article
2	Scopus	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building"	832	2012-2021	Article
3	Engineering village	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building"	349	2010-2020	Journal article
4	Web of science	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building"	243	2010-2020	Article
5	Science direct	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building" AND odor	61	2010-2020	Research article
6	Scopus	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building" AND odor	21	2012-2021	Article
7	Engineering village	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building" AND odor	1	2010-2020	Journal article
8	Web of science	03.12.2020	Ventilation AND "apartment building" AND odor	3	2010-2020	Article
9	Science direct	03.12.2020	Centralized AND decentralized AND ventilation AND "residential building"	214	2010-2020	Research article
10	Scopus	03.12.2020	Centralized AND decentralized AND ventilation AND "residential building"	86	2012-2020	Article
11	Engineering village	03.12.2020	Centralized AND decentralized AND ventilation AND "residential building"	5		
12	Web of science	03.12.2020	Centralized AND decentralized AND ventilation AND "residential building"	1	2010-2020	Article
13	Science direct	03.12.2020	"Centralized ventilation" AND "heat recovery"	27		
14	Scopus	03.12.2020	Centralized AND ventilation AND "heat recovery"	23		
15	Engineering village	03.12.2020	"Centralized ventilation" AND "heat recovery"	7		
16	Web of science	03.12.2020	"Centralized ventilation" AND "heat recovery"	2		

Andre steg i søkeprosessen ble utført med den hensikt å identifisere flere relevante synonymer for søkeord og avdekke hvordan nøkkelbegreper eller synonymer bør kombineres for å oppnå de mest relevante resultatene. Etter dette steget ble nye alternative synonymer for nøkkelbegrepene lagt til tabellen i vedlegg A.1.



Tabell 35: Søkehistorikk - steg 2

Search	Database	Date	Search string	Results	Date	Document type
1	Scopus	04.12.2020	Centralized AND ventilation AND recirculation	10	2010-2020	Article/review
2	Scopus	04.12.2020	Centralized AND ventilation AND odor	19		Article/review
3	Scopus	04.12.2020	Centralized AND ventilation AND "odor recirculation"	0		
4	Scopus	04.12.2020	Rotary AND "heat exchanger" AND "odor recirculation"	0		
5	Scopus	04.12.2020	Rotary AND "heat exchanger" AND (odor OR recirculation)	97	2012-2020	Article
6	Scopus	04.12.2020	Rotary AND "heat exchanger" AND odor	26		
7	Scopus	04.12.2020	Rotary AND "heat exchanger" AND odor AND recirculation	6		
8	Scopus	04.12.2020	"Rotary heat exchanger" AND odor	1		

I det siste steget i søkeprosessen ble flere alternative synonymer inkludert i søkestrengen for å oppnå flere relevante resultater for nøkkelbegrepene. Søkeresultatene ble sortert ved hjelp av søkefunksjonen "most relevant", slik at artikler som inkluderte flest antall nøkkelbegreper kom øverst i listen.

Tabell 36: Søkehistorikk - steg 3

Search	Database	Date	Search string	Results	Date	Document type
1	Scopus	05.12.2020	("rotary heat exchanger" OR "rotary regenerator" OR "heat recovery wheel" OR "energy wheel" OR "thermal wheel" OR "enthalpy wheel" OR "desiccant wheel") AND odor	12		Article
2	Scopus	05.12.2020	("rotary heat exchanger" OR "rotary regenerator" OR "heat recovery wheel" OR "thermal wheel" AND ("leakage" OR "carry over" OR "condensation"))	49	2012-2020	Article
3	Scopus	05.12.2020	("rotary heat exchanger" OR "rotary regenerator" OR "heat recovery wheel" OR "thermal wheel") AND ("leakage" OR "carry over" OR "condensation") AND odor	22	2012-2020	Article
4	Scopus	05.12.2020	odor AND (transport OR leakage) AND (energy OR heat) AND recovery	14		
5	Scopus	05.12.2020	(apartment OR residential) AND ventilation AND ("carbon filter" OR "activated carbon" OR "combination filter")	154	2012-2020	Article
6	Scopus	05.12.2020	(apartment OR residential) AND ventilation AND odor AND ("carbon filter" OR "activated carbon" OR "combination filter")	34	2012-2020	Article
7	Scopus	05.12.2020	("activated carbon" OR "carbon filter" OR "combination filter") AND (residential OR apartment OR dwelling OR housing) AND odor	44	2012-2020	Article
8	Google scholar	05.12.2020	"rotary heat exchanger" AND "apartment building" AND "carbon"	7	2010-2020	

Fra artiklene i tabell 37 ble hovedartiklene valgt ved å lese titler og artikkelsammendrag. De artiklene som inneholdt flest mulig nøkkelbegreper og hadde flest mulig siteringer ble valgt som hovedartikler. Gjenværende artikler blir fortsatt inkludert i litteraturstudiet, men brukes ikke videre til å finne flere relevante artikler.

Tabell 37: Litteraturoversikt - del 1

Research step	Search number	Article number	Article title	Citations	Reference
First	10	1	Post-occupancy evaluation of residential buildings in Luxembourg with centralized and decentralized ventilation systems, focusing on indoor air quality (IAQ). Assessment by questionnaires and physical measurements.	21	[12]
First	10	2	Field tests of centralized and decentralized ventilation units in residential buildings – Specific fan power, heat recovery efficiency, shortcuts and volume flow unbalances.	26	[23]
Final	1	3	Review of heat/energy recovery exchangers for use in ZEBs in cold climate countries.	66	[34]
Final	8	4	Review on heat recovery technologies for building applications.	237	[29]
First	10	5	Primary energy used in centralised and decentralised ventilation systems measured in field tests in residential buildings.	2	[24]
First	14	6	Primary energy and economic implications of ventilation heat recovery for a multi-family building in a Nordic climate.	1	[26]
First	6	7	Indoor environmental quality perceptions of social housing residents.	8	[17]
First	6	8	A review of air filtration technologies for sustainable and healthy building ventilation.	72	[19]
First	6	9	Ventilation systems to prevent food odour spread in high-rise residential buildings	6	[18]
Second	8	10	Performance of a lab-scale membrane-based energy exchanger	6	[51]
Final	4	11	Contaminant transport in membrane based energy recovery ventilators	7	[43]

#### A.4 Hovedartikler

De valgte hovedartiklene er oppført i tabell 38 under.

Tabell 38: Hovedartikler

Article number	Article title	Citations	Reference
1	Post-occupancy evaluation of residential buildings in Luxembourg with centralized and decentralized ventilation systems, focusing on indoor air quality (IAQ). Assessment by questionnaires and physical measurements.	21	[12]
2	Field tests of centralized and decentralized ventilation units in residential buildings – Specific fan power, heat recovery efficiency, shortcuts and volume flow unbalances.	26	[23]
3	Review of heat/energy recovery exchangers for use in ZEBs in cold climate countries	66	[34]
4	Review on heat recovery technologies for building applications	237	[29]

## A.5 Litteraturoversikt

Artiklene som ble funnet ved bruk av ”snowballing” metoden er samlet i en litteraturoversikt som ses i tabell 39, 40 og 41 under. Artikkelnumrene i tabellene er fargekodet etter antatt relevans for nøkkelbegrepene, hvor fargen grønn betyr artikler som skal leses, mens fargen rød betyr artikler som kan leses. Artikler med grønt artikkelnummer ble lest først. Dersom det ble funnet at oppsummering eller konklusjonskapittelet i en artikkel ikke dekker et av nøkkelbegrepene, ble artikkelen ikke lest i sin helhet. Disse artiklene er merket med en stjerne i tabellene, og ble ikke inkludert i litteraturstudiet.

Tabell 39: Litteraturoversikt - del 2

Article number	Reference	Snowballing method	Origin article	Times cited	Article title
12	[36]	Backward	1	92	Primary energy implications of ventilation heat recovery in residential buildings.
13	[30]	Forward	1	0	Energy saving potential of ventilation systems with exhaust air heat recovery.
14	[13]	Forward	1	20	A review of factors affecting occupant comfort in multi-unit residential buildings.
15	[28]	Backward	2	123	Real heat recovery with air handling units.
16	[31]	Forward	2	35	A review on the air-to-air heat and mass exchanger technologies for building applications.
17	[53]	Backward	3	19	A new approach to regenerating heat and moisture in ventilation systems.
18*	[118]	Backward	3	62	State-of-the-art in liquid-to-air membrane energy exchangers (LAMEEs): A comprehensive review.
19	[45]	Backward	3	102	Progress on heat and moisture recovery with membranes: From fundamentals to engineering applications.
20*	[119]	Backward	3	131	A review of heat pipe systems for heat recovery and renewable energy applications.
21	[50]	Backward	3	65	New counter flow heat exchanger designed for ventilation systems in cold climates.
22	[46]	Backward	3	15	Frost formation in rotary heat and moisture exchangers.
23	[41]	Backward	3	28	Dynamic model of counter flow air to air heat exchanger for comfort ventilation with condensation and frost formation.
24	[39]	Backward	3	42	Influence of leakage distribution on the thermal performance of a rotary regenerator.

Tabell 40: Litteraturoversikt - del 3

Article number	Reference	Snowballing method	Origin article	Times cited	Article title
25	[38]	Backward	3	9	Formaldehyde transfer in residential energy recovery ventilators.
26	[40]	Backward	3	14	Effect of chemical composition on VOC transfer through rotating heat exchangers.
27	[37]	Forward	3	47	Review of energy conservation technologies for fresh air supply in zero energy buildings.
28	[1]	Backward	4	3288	A review on buildings energy consumption information.
29	[27]	Backward	4	22	Impact of air leakages and short circuits in ventilation units with heat recovery on ventilation efficiency and energy requirements for heating.
30	[35]	Backward	4	63	Experimental analysis of an air-to-air heat recovery unit for balanced ventilation systems in residential buildings.
31	[15]	Forward	4	2	Indoor Air Quality in Passivhaus Dwellings: A Literature Review.
32	[32]	Forward	4	3	Review of Heat Recovery Technologies for Building Applications.
33	[7]	Forward	4	280	Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade.
34	[20]	Forward	4	14	Empirical assessment of indoor air quality and overheating in low-carbon social housing dwellings in England, UK.
35	[44]	Backward	25	16	Contaminant transfer in run-around membrane energy exchangers.
36	[16]	Backward	14	37	Impact of perceived indoor environment quality on overall satisfaction in Swedish dwellings.
37	[10]	Backward	18	176	Ventilation in European dwellings: A review.
38*	[120]	Backward	12	105	Estimates of the energy impact of ventilation and associated financial expenditures.
39	[21]	Backward	12	n.a.	Performance of balanced ventilation with heat recovery in residential buildings in a cold climate.
40	[11]	Backward	16	18	Energy analysis of a decentralized ventilation system compared with centralized ventilation systems in European climates: Based on review of analyses.
41	[48]	Backward	16	87	A review of frosting in air-to-air energy exchangers.

Tabell 41: Litteraturoversikt - del 4

Article number	Reference	Snowballing method	Origin article	Times cited	Article title
42	[3]	Forward	12	40	Review on physical and performance parameters of heat recovery systems for building applications.
43	[4]	Forward	12	39	Energy vs. ventilation rate in buildings: A comprehensive scenario-based assessment in the European context.
44	[47]	Forward	16	11	Experimental study of air-to-air heat exchangers for use in arctic housing.
45	[49]	Forward	21	0	Analysis of the anti-icing system used in air handling units with a counter flow heat exchanger.
46	[33]	Forward	21	75	A comprehensive review of heat recovery systems for building applications.
47	[42]	Forward	24	1	A novel flexible seal technology and its application in heat transfer of rotary air preheater.
48	[121]	Forward	24	6	Numerical analysis of the performance characteristics and optimal design of a plastic rotary regenerator considering leakage and adsorption.
49	[14]	Forward	37	34	Improving indoor air quality, health and performance within environments where people live, travel, learn and work.
50	[22]	Backward	40	42	Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery.

## A.6 Matrise for litteraturstudie

Matrisen for litteraturstudiet kan ses i tabell 42, 43, 44, 45 og 46 under.

Tabell 42: Matrise for litteraturstudie - del 1

Article number	Author keywords	Method	Findings	Recommended further research	Focus
1	IAQ, centralized/ decentralized, mechanical ventilation, heat recovery	Survey, measurement	Comparison of measured CO2 (odor), temperature and relative humidity and occupant experienced indoor air quality.	Further research to obtain quantitative data on pollutants found in buildings that can influence the well-being	Indoor air quality, residential
2	Mechanical ventilation, SFP, heat recovery, recirculation	Field test	Measured heat recovery efficiency is significantly lower than values provided by manufacturers	Research on avoiding or reducing air shortcuts in ventilation systems.	Centralized/ decentralized, SFP, heat recovery
3	Sensible/latent heat, nZEBs, cold climate, energy recovery, effectiveness	Review	Energy exchangers recover latent and sensible heat. Plate heat exchangers no odor transfer but risk of freezing. Rotary energy exchangers have high efficiency, but risk of leakage.	n.a.	Energy/heat recovery, central air handling units, cold climates, apartment buildings
4	Heat/energy recovery, building ventilation, energy-efficient	Review	Technologies on the market - efficiency and advantages	n.a.	Heat/energy recovery, building application
5	Primary energy, residential, decentralized/ centralised	Field test	Measured values are well below nominal values provided by manufacturers.	Long-term measurements of the effect of unbalances on decrease in heat recovery efficiency.	Primary energy use, centralized (single family)/ decentralized (multi-unit), residential buildings
6	Heat recovery, primary energy, cost-effectiveness, centralised/ semi-centralised air handling units	Energy simulation, economic calculation	Heat recovery can give significant energy saving in Swedish multi-family buildings. Cost effectiveness depends on building energy efficiency, heat supply, frost conditions, energy price, centralized/semi-centralized and heat recovery technology.	Further studies to reduce uncertainties linked to parameters such as heat exchanger efficiencies.	Energy/economic implication, ventilation heat recovery, multi-family building, Nordic climate, retrofit, centralized/decentralized.
7	Building performance, comfort, multi-unit/family residential, energy efficiency, retrofit	Occupant survey	Olfactory discomfort is the most frequent issue, followed by health symptoms and thermal comfort. Olfactory comfort has received less attention than thermal comfort. Strategies to reduce odors from cooking and inter-suite tobacco smoke, will improve IAQ, but not reduce energy use.	Further studies on whether families have different expectations than singletons or other occupancy types could improve current industry practice.	Indoor air quality, multi-unit residential buildings
8	Air filtration, standard, building, environment, ventilation	Review	A large variety of air filter technologies are available for removing indoor air pollutants. Different technologies have different advantages/ disadvantages (removal efficiency, initial/maintenance cost, pressure drop)	Energy rating system	Air filtration technologies, filtering performance, energy/ economic behaviour, thermal comfort, acoustic impact
9	IAQ, ventilation system, food odour, CFD, kitchen, high-rise buildings	CFD, measurement	Although ventilation design has taken odor transfer into account, food odor were rated strong during cooking and mealtimes. By increasing the volume of air exhausted, the food odor level can be reduced.	n.a.	Ventilation system, spread of food odor, apartment building
10	Sensible/latent heat, cold climate, thermal comfort, energy recovery	Laboratory measurement	Test of different types of heat/energy exchangers. The permeable membrane is superior to the two plastic materials regarding water condensation and frost formation.	Further research of lower supply air temperatures/ other humidity levels. Full scale tests. Tests for durability and pollution transfer.	Prototype membrane heat exchanger, plate materials, condensation, frost risk

Tabell 43: Matrise for litteraturstudie - del 2

Article number	Author keywords	Method	Findings	Recommended further research	Focus
11	Contaminant transport, membrane based energy recovery	Laboratory experiment	Energy recovery membranes can demonstrate a wide range of gas, VOC and water vapor permeance rates, and can demonstrate high selectivity for water vapor over other contaminants. Moderate cross over rates have minimal impact on IAQ.	Future studies should address in greater detail trade-offs between crossover, performance and necessary air change rates.	Membrane materials, contaminant/ gas/vapor permeance, cross over rates, air leakage,
14	Occupant comfort, multi-unit residence, indoor environment quality, occupant satisfaction	Review	Occupant comfort is affected by various indoor environmental conditions, outdoor characteristics, building characteristic and occupant characteristics. Thermal conditions and IAQ are the most important factors for overall comfort.	Experiments with residential setups of visual/acoustic comfort and satisfaction with IAQ. Exploration of the interrelationships between environmental conditions.	Occupant comfort, multi-unit residential building
15	Heat recovery, air handling units, efficiency	Measurement	Global efficiency of heat recovery depend on infiltration/exfiltration. Internal and external recirculation decrease the heat recovery efficiency. Specification of units should be improved to ensure design air flow rates are achieved.	Similar measurements should be performed to get similar information in other countries.	Real heat recovery efficiency
21	Counter flow heat exchanger, defrosting, energy consumption, cold climates	Experiment	The work of designing a high effective heat exchanger capable of continuously defrosting itself seems to be successful. The design criteria of simple construction and cheap materials were fulfilled.	The volume of the exchanger could be a barrier. Further development/ optimization is necessary.	Counter flow heat exchanger, cold climates
24	Rotary regenerator, seal leakage, heat transfer, pressure drop	Mathematical model	The influence of leakages individually through radial, peripheral and axial seals on regenerator performance are investigated.	Extend the study for other regenerator applications and operating conditions. Further studies on simultaneous leakages.	Leakage, carry over, efficiency, rotary heat exchanger
25	Energy recovery, formaldehyde, IAQ, residential	Field/chamber experiment	Formaldehyde transfer is primarily through air transfer. Transfer depends on air flow rate, temperature and flow unbalances.	n.a.	Formaldehyde transfer, residential energy recovery
26	VOC, rotating heat exchanger, adsorption/desorption	Experiment	Some VOCs in extract air may be recycled to supply air in significant quantities, even with a well installed purging sector. High transfer rate is likely due to adsorption/desorption of the chemical compounds on the surface of the wheel.	n.a.	Transfer of VOCs, rotary heat exchangers
27	Fresh air, energy conservation, ZEB, economy, climate adaptability	Review	Review of recent developments of energy conservation technologies. Economy, efficiency, advantages and disadvantages for the systems.	Systems capable of filtering outdoor PM2.5. Developing system of higher efficiency, lower cost and more compact for existing residential buildings.	Energy conservation technologies, ZEB
29	Mechanical ventilation, single room unit, air leakage, ventilation efficiency, heat recovery	Mathematical model, measurement	External and internal air leakages can reduce the performance of a single room ventilation unit considerably. Properly installed and manufactured systems to avoid leaks, efficient contaminant removal and more energy saved by heat recovery.	n.a.	Air leakage, ventilation efficiency, heat recovery efficiency, single-room unit
32	Heat recovery, energy-efficient system, residential building applications	Review	Limitations of the current studies on different heat recovery technologies for residential buildings.	Further investigations into real-life evaluations with economic analysis should be developed.	Current development, heat recovery technologies residential building



Tabell 44: Matrise for litteraturstudie - del 3

Article number	Author keywords	Method	Findings	Recommended further research	Focus
35	Run-around membrane energy exchanger, VOCs, exhaust air transfer ratio, liquid desiccant	Experiment	There is negligible air leakage in the prototypes. Transfer of formaldehyde and toluene are smaller than measured in energy wheels. Transfer of toluene is lower than formaldehyde because of low water solubility.	n.a.	Contaminant transfer, run-around membrane energy exchangers
36	n.a.	Survey	Satisfaction with thermal comfort, sound and air quality, was has an impact on overall satisfaction. Satisfaction with indoor air has the highest impact. The relative importance of problems with IEQ may differ depending on location, building construction year, occupant gender and lifestyle.	Relationships between factors impacting occupant satisfaction.	Perceived IEQ, overall satisfaction, Swedish dwellings
37	Ventilation, rates, regulations, health	Review	Ventilation is increasingly becoming recognised as an important component of a healthy dwelling, and is the ultimate strategy to control IAQ. Standards focus on ventilation rates.	n.a.	Ventilation, European dwelling
39	Balanced ventilation, dynamic simulation, centralised/ decentralised system, heat recovery	Simulation	The energy saving of VAV system was less than expected. The decentralized system did not show clearly improved energy performance. Centralized CAV will probably represent the most cost efficient and competitive solution. Decentralized with VAV may also be competitive.	n.a.	Centralized/ decentralized ventilation, Finnish apartment buildings
40	Decentralized natural/ hybrid ventilation, energy analysis, European climates	Review	Decentralized system had lowest energy demand because of short distribution passages, and could be operated as fan-assisted natural ventilation in periods in which it is possible to supply outdoor air without thermal energy loads added.	n.a.	Decentralized/ centralized systems, European climates, energy analysis
41	Frost, air-to-air, heat exchanger, energy exchanger, energy wheel, defrost	Review	Blockage of the air channels by frost decreases the exchangers effectiveness considerably. Moisture transfer decrease the frosting limit. Defrosting techniques decrease the recovered energy or increase capital cost.	Frosting in membrane-based energy exchangers. The effect of frost accumulation on the air flow rate in energy wheels and plate heat exchangers.	Frosting, heat/energy exchangers
44	Air-to-air heat/energy exchangers, frost management, experiment, laboratory, ventilation, arctic housing	Experimental study	Frost formation causes reduction of exhaust mass flow rate. Vapor-permeable cores can be a proactive management of core frosting. Factory-set defrost time is a conservative approach, can adequately manage frost formation, but reduces the average supply air flow. A system of two HEE in parallel provided a continuous supply of outdoor air, which improves the indoor air conditions.	n.a.	air-to-air heat exchangers, arctic housing, different cores, unit with alternating defrost
45	n.a.	Experiment	The system does not work well at low-temperature conditions, and should not be applied without additional support in the form of another protection method. The recuperator did not fulfill its primary role - proper ventilation of the building.	n.a.	Anti-icing method
12	Mechanical ventilation, heat recovery, heat supply system, primary energy	Simulation	CHR systems can give substantial final energy reduction. The primary energy benefit depends strongly on type of heat supply, electricity used for VHR and air tightness of buildings.	n.a.	Primary energy implication, ventilation heat recovery, residential buildings
13	n.a.	Data collection, simulation	The average heat recovery efficiency of modern commonly used rotary heat exchangers is around 83% while for counter-flow exchangers around 86%.	Simulations of heat recovery potential under various circumstances. How VAV affect the energy consumption.	Data collection, average heat recovery efficiency, exchangers on the market

Tabell 45: Matrise for litteraturstudie - del 4

Article number	Author keywords	Method	Findings	Recommended further research	Focus
16	Heat and mass recovery, energy efficient, applications issues	Review	Applications, advantages, disadvantages and key performance criteria for passive systems, mechanical ventilation systems, defrosting methods and dehumidification systems.	n.a.	air-to-air heat/mass exchanger technologies, building applications
17	Heat regeneration, ventilation, thermal comfort, cold climate, moisture exchange, efficiency, COP	Experiment	A prototype system allows resolution to problems of large heat losses in ventilation system, moisture freezing and reduction of indoor humidity for countries with cold climates	Magnification of the unit from laboratory to larger scale implications.	regenerating heat/moisture, ventilation systems, VENTIREG
19	Heat/moisture recovery, membranes, air-to-air heat exchanger, heat/mass transfer, humidity control	Review, experiment	The membranes can prevent VOCs leaking.	Developing more cost-effective membranes for commercial applications.	Heat/moisture recovery, membranes
22	n.a.	Experiment, mathematical model	Rotary heat and mass exchangers often present very slow frost formation. Absolute humidity is the prevailing parameter for characterizing the frosting phenomenon.	Traditional control strategies for operating RHE in cold climates are inadequate.	Frost formation, rotary heat/moisture exchangers
23	Ventilation, heat exchanger, condensation, frost, simulink	Dynamic model	A dynamic model of heat transfer in counter flow air-to-air heat exchangers with condensation and frost formation. Modelled results fit well with measurements during the period where ice is building up, but there are deviations for the defrosting period.	Further and more precise measurements to validate the model	Frost formation, counter flow air-to-air heat exchanger
28	Building energy use, HVAC consumption, air conditioning consumption	Review	Energy consumption of buildings in developed countries comprises 20-40% of the total energy use and is above industry and transport figures in EU and USA.	Available information is insufficient and not proportional to its importance.	Buildings energy consumption
30	Air-to-air plate heat exchanger, heat recovery unit, ventilation, HVAC systems	Experiment	Under the reference operating conditions the outlet exhaust air temperature was lower than its dew-point temperature and water condensation took place. Heat transfer depend on inlet fresh air temperature and air flow rate. The efficiency decreases with increasing air flow rate.	n.a.	Sensible polymer plate heat exchanger, balanced ventilation, residential buildings
31	IAQ, passivhaus, indoor environment, thermal comfort, healthy homes, literature review	Review	Passivhaus design strategies have the potential to achieve substantial energy reductions and good levels of IAQ, but only if building professionals and occupants seek to adhere to the best IAQ practices. Occupant education.	A need to standardise IAQ assessment, frequency/range of pollutants, CO <sub>2</sub> is a proxy for ventilation rather than an IAQ indicator.	IAQ, passive house dwellings
33	Building energy, ZEB, energy savings, renewable energy, climate change	Review	Buildings consume approximately 40% of the total primary energy use in the EU. Space heating and water heating dominates the total building energy end-uses.	There still remain barriers to the development of ZEBs in developing countries.	Building energy consumption, ZEBs
34	Low-carbon houses, overheating, IAQ, social housing, unintended consequences	Building performance monitoring	IAQ is not just determined by the performance of the fabric, services and systems, but also by the interaction of occupants with them.	Different methods to asses the risk of overheating yield different results, and should be further researched.	IAQ, overheating, low-carbon dwellings UK

Tabell 46: Matrise for litteraturstudie - del 5

Article number	Author keywords	Method	Findings	Recommended further research	Focus
42	Heat/energy recovery, building applications, performance parameter, efficiency	Review	Main parameters that influence heat recovery efficiency are: size, structure and material of core, size of ducts and fans, flow arrangement, heat and mass transfer, flow and pressure drop in ducts, temperature and humidity, and airflow rates.	More efficient heat transfer materials, structures and more efficient fans must be explored.	Physical/performance parameters, heat recovery systems, building applications
43	Ventilation vs. energy, demand control, free-cooling, heat recovery, air tightness, residential	Simulation	Increased energy use with higher ventilation rates. Advanced system compared vs. today's current practice systems. Potential for mitigating the increases in energy demand resulting from a hypothetical decision to increase ventilation rates due to health reasons.	The cost-effectiveness of such mitigation measures should be subject to further study.	Energy vs ventilation rate, buildings, sensitivity analysis
46	Heat recovery, building applications, HVAC, thermodynamic assessment	Review	Heat recovery technologies have a notable potential to reduce the energy demand of buildings especially in colder climates. Fixed plate, run-around and rotary wheel heat exchangers are the most common types. Rotary wheel still have the highest efficiency levels.	Current cost of heat recovery systems is still high, but future predictions indicate that the manufacturing costs will decrease.	Heat recovery systems, building applications
47	Flexible seal technology, heat recovery, heat transfer efficiency, energy saving, leakage ratio	Theoretical analysis, experiment	The leakage ratio can be reduced to less than 6% when using a novel flexible herringbone seal technology. Energy saved by reducing the leakage is more than that consumed by overcoming the friction power.	Further study of the herringbone contact flexible seal for increasing heat transfer efficiency and saving energy	Novel flexible seal technology, rotary
48	Rotary regenerator, heat transfer/ water vapor transfer effectiveness, leakage, adsorption	Numerical model, experiments	The optimum rotating speed and purge section angle was determined considering leakage and adsorption, and the maximum heat transfer effectiveness is found.	n.a.	Optimal design, plastic rotary regenerator, leakage, adsorption
49	Indoor air pollution, air cleaning technologies, homes	Review	Three basic strategies to improve IAQ are source control, ventilation, air cleaning	Further research and development of air cleaning technologies	IAQ
50	Residential ventilation, single room unit, heat recovery	Experiment, simulation	Rooms can be efficiently ventilated with single room units. Most critical for successful application are the acoustic properties. Indoor sound pressure levels are too high for many applications.	Improvement of acoustic properties	Single room ventilation units

## A.7 Omorganisert matrise for litteraturstudie

En forkortet versjon av den omorganiserte matrisen for litteraturstudiet kan ses i tabell 47 under.

Tabell 47: Omorganisert matrise for litteraturstudie

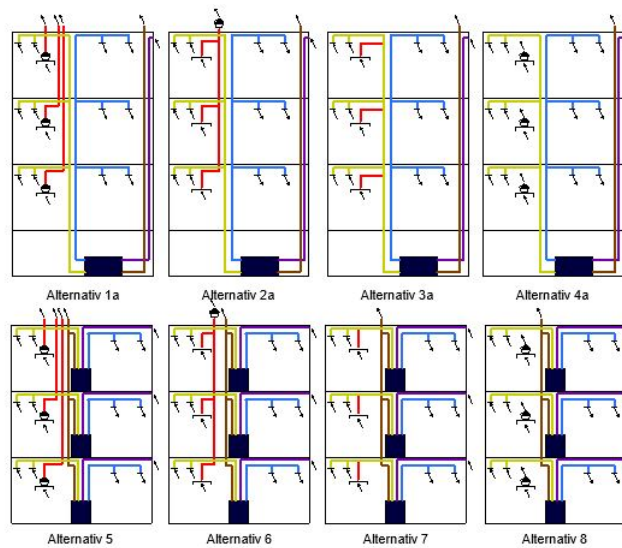
Topic	Article number [reference]
Energy use in buildings	28 [1], 33 [7]
Ventilation in residential buildings	37 [10]
Indoor air quality	1 [12], 7 [17], 8 [19], 14 [13], 36 [16], 31 [15], 34 [20], 43 [4], 49 [14]
Ventilation design	2 [23], 5 [24], 6 [26], 39 [21], 40 [11], 50 [22]
Heat recovery technologies	3 [34], 4 [29], 15 [28], 27 [37], 32 [32], 12 [36], 13 [30], 16 [31], 19 [45], 30 [35], 42 [3], 46 [33]
Measures to avoid air leakage	9 [18], 11 [43], 24 [39], 25 [38], 26 [40], 29 [27], 35 [44], 47 [42], 48 [121]
Measures to avoid frost formation	10 [51], 21 [50], 41 [48], 44 [47], 45 [49], 17 [53], 22 [46], 23 [41]

## B Vedlegg kartlegging

### B.1 Spørreskjema boligbyggelag

#### Introduksjon til spørreundersøkelse

*Denne spørreundersøkelsen er del av en masteroppgave på studieprogrammet Energi og miljø i bygg ved OsloMet. Formålet med spørreundersøkelsen er å kartlegge i hvilket omfang ulike ventilasjonsløsninger benyttes i virkelige boligprosjekter, samt hvilke fordeler/ulempere som forbindes med de forskjellige løsningene.*



#### Kontaktinformasjon

*Det kan hende at jeg har oppfølgingsspørsmål til din besvarelse av spørreskjemaet. Jeg setter derfor pris på om du vil oppgi din kontaktinformasjon. Dette er selvfølgelig helt frivillig. Dine personlige data vil bli slettet senest ved masterprosjektets slutt (juni 2021).*

Navn

Firma

E-postadresse og/eller telefonnummer

Overordnet spørsmål

1) Stiller dere krav til ventilasjonsløsninger i nye leilighetsbygg utover det som står i TEK17?

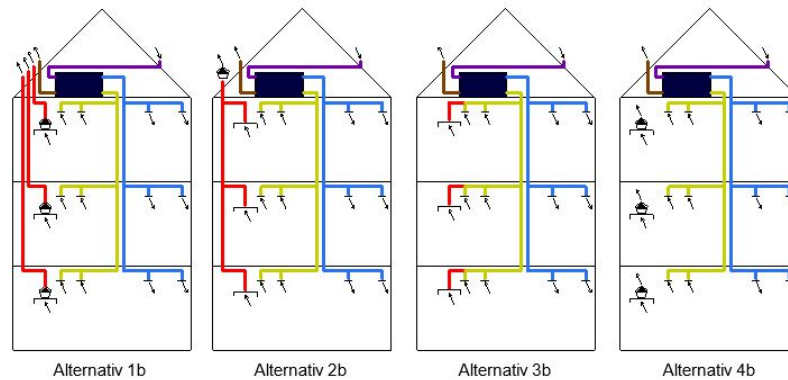
- *F.eks. plassering inntak/avkast eller særlige krav til luftmengder for baderomsavtrekk eller kjøkkenavtrekk.*

Alternativer for ventilasjonsløsning

*Ifm. spørreundersøkelsen er det satt opp 8 alternative ventilasjonsløsninger for et leilighetsbygg. Forskjellen mellom de 8 alternativene er hvilken løsning som benyttes for kjøkkenavtrekk, samt om løsningen er sentral eller desentral.*

**Sentrale løsninger**

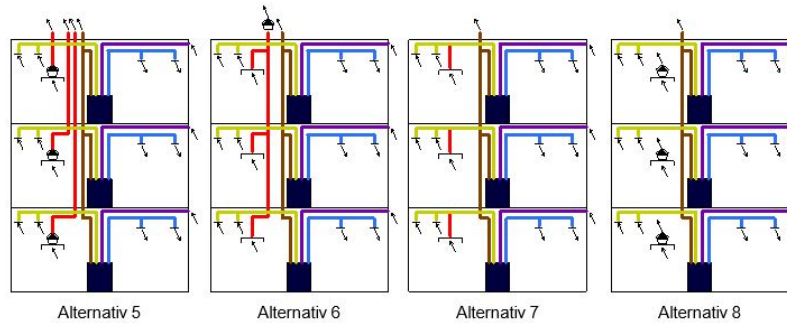
*I en sentral løsning er det et felles ventilasjonsaggregat som dekker flere leiligheter.*



- *Alternativ 1*
  - *Det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet.*
- *Alternativ 2*
  - *Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak.*
- *Alternativ 3*
  - *Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene og går via aggregat.*
- *Alternativ 4*
  - *Det benyttes resirkulerende kjøkkenhetter med kullfilter.*

## Desentrale løsninger

I en desentral løsning er det individuelle ventilasjonsaggregater i hver enkelt leilighet.



- *Alternativ 5*
  - Det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet.
- *Alternativ 6*
  - Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak.
- *Alternativ 7*
  - Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene og går via aggregat.
- *Alternativ 8*
  - Det benyttes resirkulerende kjøkkenhetter med kullfilter.

2) Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?

- *Det er her lov til å svare mer enn ett alternativ*

### Spørsmål om foretrukket alternativ

3) I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

4) Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

5) Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

Spørsmål dersom det foretrukne alternativet er en sentral løsning

6) Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller i nybygg?

- Evt. omfang av hhv. plassering på tak og i kjeller.

7) Har dere fått klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs?

Spørsmål dersom det foretrukne alternativet er en desentral løsning

8) Hvem står typisk for service av ventilasjonsanlegget i bygningene dere forvalter?

- *F.eks. rengjøring/skift av filter i aggregat og kjøkkenhette.*
1. I hvor stor andel av boligprosjektene er service helt opp til husstanden selv?
  2. I hvor stor andel av boligprosjektene utføres service av vaktmester e.l.?

9) Spørsmål dersom vaktmester e.l. står for service:

1. Hvilke tjenester inngår i opplegget dersom vaktmester e.l. står for service?
  - *F.eks. bestilling/levering av nye filtre eller utskiftning filter*



### Generelle prioriteringer for ventilasjon i boligblokker

10) Hvilke egenskaper/fordeler/ulempes er viktige for dere ifm. ventilasjon i leilighetsbygg?

- I spørsmålet forutsettes det en typisk leilighet på 69 m<sup>2</sup>, med 2 soverom og felles kjøkken/stue.

	Ikke viktig	Mindre viktig	Nøytral	Litt viktig	Viktig
Investeringskostnad					
Drift og vedlikeholdskostnad					
Risiko for luktoverføring mellom leiligheter					
Risiko for støy i leilighet					
Risiko for feil bruk/drift av anlegget					
Aggregat krever plass i bod i leilighet					
Mulighet for individuell styring					
Risiko for brannspredning mellom leiligheter					

### Spørreundersøkelse ferdig

Tusen takk for at du ville delta på denne spørreundersøkelsen!

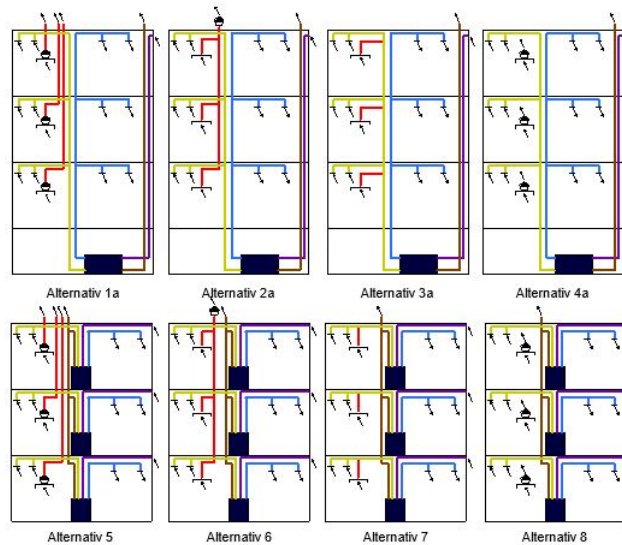
Her er en mulighet til å komme med evt. kommentarer til spørreundersøkelsen.

- F.eks. om det er noen viktige faktorer ifm. valg av ventilasjonsløsning som ikke er dekket av denne spørreundersøkelsen.

## B.2 Spørreskjema aggregatleverandør/prosjekterende/entreprenør

### Introduksjon til spørreundersøkelse

*Denne spørreundersøkelsen er del av en masteroppgave på studieprogrammet Energi og miljø i bygg ved OsloMet. Formålet med spørreundersøkelsen er å kartlegge i hvilket omfang ulike ventilasjonsløsninger benyttes i virkelige boligprosjekter, samt hvilke fordeler/ulemper som forbindes med de forskjellige løsningene.*



### Kontaktinformasjon

*Det kan hende at jeg har oppfølgingsspørsmål til din besvarelse av spørreskjemaet. Jeg setter derfor pris på om du vil oppgi din kontaktinformasjon. Dette er selvfølgelig helt frivillig. Dine personlige data vil bli slettet senest ved masterprosjektets slutt (juni 2021).*

Navn

Firma

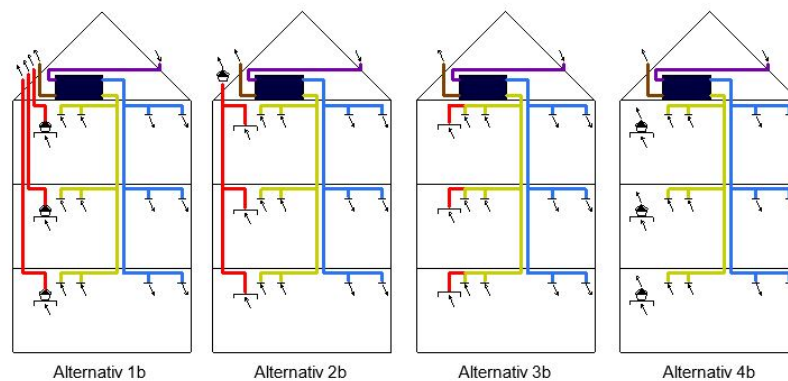
E-postadresse og/eller telefonnummer

### Alternativer for ventilasjonsløsning

Ifm. spørreundersøkelsen er det satt opp 8 alternative ventilasjonsløsninger for et leilighetsbygg. Forskjellen mellom de 8 alternativene er hvilken løsning som benyttes for kjøkkenavtrekk, samt om løsningen er sentral eller desentral.

#### Sentrale løsninger

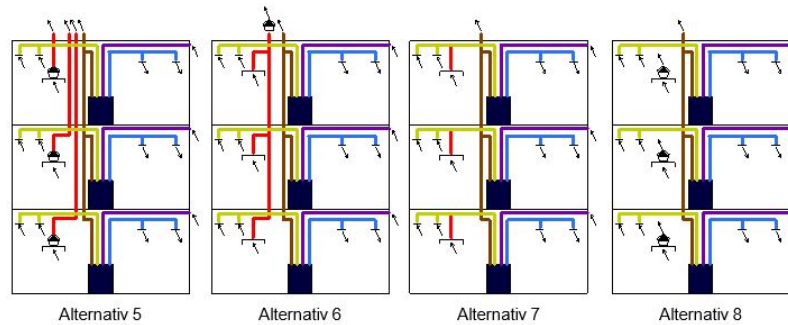
I en sentral løsning er det et felles ventilasjonsaggregat som dekker flere leiligheter.



- *Alternativ 1*
  - Det benyttes kjøkkenheter med integrert vifte og det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet.
- *Alternativ 2*
  - Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak og det benyttes en felles trykkstyrt vifte.
- *Alternativ 3*
  - Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene og går via aggregat.
- *Alternativ 4*
  - Det benyttes resirkulerende kjøkkenheter med kullfilter.

## Desentrale løsninger

I en desentral løsning er det individuelle ventilasjonsaggregater i hver enkelt leilighet.



- *Alternativ 5*
  - Det benyttes kjøkkenhetter med integrert vifte og det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk til tak fra hver enkelt leilighet.
- *Alternativ 6*
  - Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak og det benyttes en felles trykkstyrt vifte.
- *Alternativ 7*
  - Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene og går via aggregat.
- *Alternativ 8*
  - Det benyttes resirkulerende kjøkkenhetter med kullfilter.

1) Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?

- *Det er her lov til å svare mer enn ett alternativ*

Spørsmål om foretrukket alternativ

2) I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

3) Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

4) Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

5) Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?

- *F.eks. Plassering av inntak eller avkast i fasadevegg, felles inntak til tak, eller separat kanal fra kjøkkenavtrekk til aggregat for bypass av gjenvinner.*

6) Hvilken type varmegjenvinner brukes?

- Evt. omfang av hhv. roterende varmegjenvinner og motstrøms varmegjenvinner.

7) Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?

- Hvis ja: hvordan tas det hensyn til forsering?
  - *F.eks. antall enheter som antas i samtidig bruk*

8) Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?

- *F.eks. bruk av VAV-spjeld, trykkstyring av vifter i aggregat, åpning av vinduer, klaffventil.*

Spørsmål dersom det foretrukne alternativet er en sentral løsning

9) Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller?

- Evt. omfang av hhv. plassering på tak og i kjeller.

10) Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?

- *F.eks. valg av motstrømsgjenvinner fremfor roterende gjenvinner eller kombinasjonsfilter på avtrekk.*

Spørsmål dersom det foretrukne alternativet er en desentral løsning

11) Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?

- Evt. omfang av plassering i hhv. bod og i himling

12) Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?

- (utover erstatningsluft)

Spørreundersøkelse ferdig

Tusen takk for at du ville delta på denne spørreundersøkelsen!

Her er en mulighet til å komme med evt. kommentarer til spørreundersøkelsen.

- *F.eks. om det er noen viktige faktorer ifm. valg av ventilasjonsløsning som ikke er dekket av denne spørreundersøkelsen.*

## B.3 Intervjubesvarer

### Besvarelse kandidat 1

#### Spørsmål om foretrukket alternativ

##### Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?

Jeg foretrekker en modifisert versjon av alternativ 2. (Modifisering: kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter og føres deretter til aggregat og gjenvinner).

Alternativ 3 er vanligst.

##### Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Alternativ 3 brukes i ca. 70% av tilfellene.

Hvilket alternativ som brukes er avhengig av størrelsen på blokkene (antall leiligheter). Ved få leiligheter blir det typisk desentralisert.

Ved desentral løsning brukes en modifisert versjon av alternativ 7. (Modifisering: desentraliserte aggregater kommer typisk med egen stuss for kjøkkenavtrekket. Kjøkkenavtrekk kobles på etter varmegjenvinner).

##### Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

##### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

Alternativ 3 brukes av energimessige årsaker. Kjøkkenavtrekket går via veksler for varmegjenvinning.

Løsningen har noen utfordringer. Utfordringene er spesielt ifm. innregulering. Ved forsering av kjøkkenhette vil man i praksis forsere hele leiligheten.

Jeg foretrekker en modifisert versjon av alternativ 2. Separat kanal for kjøkkenavtrekket gjør innregulering lettere. Men vi må sørge for at vi har styring på tilluften, for ikke å få undertrykk i leiligheten når kjøkkenhetta går.

##### Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?

Alternativ 2 modifiseres ved at avkast fra kjøkken først samles fra flere leiligheter og deretter går via aggregat og gjenvinner. Dette fordi innreguleringen blir enklere når det går i en egen kanal. Utfordringen ved denne løsningen er at den krever mer sjaktareal.

Ved alternativ 7 har aggregatene typisk en egen stuss for kjøkkenavtrekket og kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner.

##### Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?

Ved sentrale løsninger i leilighetsbygg bør aggregatet ikke ha roterende gjenvinner, uansett utforming av kjøkkenavtrekk (om det løses separat eller kobles til aggregat). Dette fordi matos også vil trekkes av ved andre avtrekkspunkter i leiligheten enn kjøkkenavtrekk, som medfører at det blir luktsmitte.

Ved desentrale løsninger kobles kjøkkenavtrekk på etter gjenvinner, så der bør man bruke roterende.

##### Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?

Ja, bruker kurve fra Exhausto.

##### Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?

Sentrale anlegg:

Forsering og erstatningsluft bør løses ved trykkstyring av viftene, vha. trykkføler i kanal. Trykkføleren bør plasseres i avgrensning av kanal, ikke i luftstrøm. anbefaler å bruke ON/OFF-spjeld på 1 tilluftsventil, som forserer tilluften ved forsering av kjøkkenavtrekk. Ved forsering av bad er det trykkstyring av viftene som skal sikre erstatningsluft. anbefaler å bruke fuktstyrt ventil på bad.

Desentrale anlegg:

Er enklere ift. erstatningsluft. Den ene viften justerer seg så den blir lik den andre. En utfordring med denne løsningen er preakseptert luftmengde på bad hvis du har 2 bad. Du har ikke kontroll på hvilket avtrekk som forserer. Dette løses ved at det må være fuktstyrt avtrekk på bad. Da girer avtrekket opp inntil fukten i luften har gått ned.

**Spørsmål om sentrale løsninger****Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Hvis regulerings høyden tillater det, plasseres aggregatet på tak. Ofte klarer man dette. Aggregatet bør plasseres i et rom på tak og ikke i friluft aht. vedlikehold og aht. vannbårne varmebatterier, for å unngå at man må bruke glykol. Arbeidstilsynets har krav til tilkomst for vedlikehold. Det skal være trygt å bevege seg til og fra teknisk rom på tak.

I sentrale strøk har man krav om areal til uteplass. Er denne begrenset bruker man gjerne takterrasser. Da kan det bli vanskelig med teknisk rom på tak.

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Valg av plategjenvinner brukes som tiltak. anbefaler alltid motstrømsgjenvinner eller kryssveksler (finnes både enkle og doble) i sentrale anlegg.

Motstrømsgjenvinner har begrensning på kapasitet. Bruker sjeldent tiltakslista ift. krav til varmegjenvinner effektivitet (i stedet dokumenteres det vha. energisimuleringer). Usikker på om man klarer kravet i tiltakslista på 80% ved bruk av en motstrømsveksler.

Plassering av inntak og avkast er også et viktig punkt. Å se på vindrose for området hva som er fremherskende vindretning er enkelt og viktig tiltak.

**Spørsmål om desentrale løsninger****Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**

Plassering av aggregat i bod er mest vanlig.

Det finnes også en tredje variant: plassering over kjøkkenhetta. Denne løsningen har blitt brukt i hybler og 1-romsleiligheter.

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**

VAV er overhodet ikke vanlig. Dette fordi det er kostbart, det er et stort vedlikeholdspunkt og det er plasskrevende. VAV anses like dyrt, både for sentrale og desentrale løsninger. Det er lite å vinne i desentrale løsninger. Der klarer man balansere ganske bra allerede.

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

Brann er viktig å ta hensyn til. Det er brannkrav ifm. Kjøkkenavtrekk (i TEK kap. 11-10).

Man er også litt avhengig av brannrådgiveren.

TEK stiller krav til at kanaler fra kjøkken må utføres med brannmotstand EI15. Dette tolkes forskjellig av ulike brannrådgivere.



## Besvarelse kandidat 2

### Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**

Alternativ 8:

Det meste vi leverer er desentraliserte løsninger med resirkulerende hetter. Er ca. 70% av det vi leverer.

Vi har forsøkt alle variantene av desentraliserte. Det kommer an på hva kunden ønsker.

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

Alternativ 8 er ca. 70% av våre leveranser.

Det er kjøkkenhetteleverandør som leverer de resirkulerende hettene. Har ikke så mye erfaring med disse.

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

Man trenger ikke sjakter til avkastkanal. Det handler om plass.

Det er mer og mer begrenset plass, særlig med TEK17 hvor det ikke lenger er krav til bod.

Alternativet til alternativ nummer 8 hadde vært å benytte seg av kjøkkenhette via aggregat (alternativ 7). Det oppfyller TEK, men du har begrensninger til hvilke kjøkkenhetter man kan velge, da trykk og luftmengde er begrenset fra aggregatet.

Kjøkkenavtrekk over tak er kostbart. Løsningen krever sjakter og isolering. Antatt kostnad er 6000-8000 per leilighet for dette.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**

Det er ikke avkast over tak, men kombiboks i yttervegg.

**Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?**

Roterende varmegjenvinner brukes nesten utelukkende i Norge.

**Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?**

Man dimensjonerer avtrekk til bad med forsert luftmengde hele tiden (man unngår forsering).

Er det flere bad vil man ofte ikke klare å oppnå kravet til forsert luftmengde.

Forsering av kjøkken ikke relevant, da det benyttes resirkulerende kjøkkenhetter.

**Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?**

Tilsvarende tilluftsmengde fra aggregatet (balanserte luftmengder).

Hvis man har kjøkkenavtrekk via aggregat benytter man trykkvakt for å gire opp viftene når kjøkkenheten forserer.

### Spørsmål om sentrale løsninger

**Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Ikke relevant

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Ikke relevant

### Spørsmål om desentrale løsninger

**Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**

Plasseres nesten alltid i tak i gang. Gjør det enkelt for entreprenør å montere aggregat og kanaler samtidig.

At man ikke trenger å vente på malerarbeid før man monterer aggregat. Montasjetid går ned.

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**

Aldri sett.

### Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen

Markedet man opererer i har innflytelse. Markedet er forskjellig avhengig av hvor i Norge man opererer.

Det er litt mer press på markedet i Oslo. I andre byer har man litt større frihet og kan ta seg litt mer betalt.

F.eks. ifm. garasjeventilasjon kan marked påvirke om man bruker CO<sub>2</sub>-styrte impulsvisfetter eller impulsvisfetter med konstante luftmengder.

Håper i fremtiden at man kan ha mer sentraliserte løsninger med behovsstyring. Trenger ikke være på romnivå, men på leilighetsnivå.

## Besvarelse kandidat 3

### Overordnet spørsmål

#### Spørsmål 1: Stiller dere krav til ventilasjonsløsninger i nye leilighetsbygg utover det som står i TEK17?

Nei, i prinsippet ikke. Kortslutning mellom inntak/avkast skal unngås. For inntak skal uønsket oppvarming begrenses. Dette gjelder nok mange boligutviklere som ikke har egen entreprenør. Vi utarbeider en funksjonsbeskrivelse. Denne henviser til forskriften og bustadsoppføringslova. Bustadsoppføringslova har bla. til hensikt å sikre at kunden skal ivaretas ifm. valg og at kunden kan forvente at det leveres god håndtverkskikk. Denne er veldig funksjonsbasert, dvs. det stilles krav til funksjonalitet og ikke konkrete krav til f.eks. luftmengder eller at kanaler må føres over tak.

Utfordringene vi forsøker å speile i funksjonsbeskrivelsen er bla.:

- Unngå uønsket oppvarming av inntaksluft
- Unngå kortslutning mellom inntak og avkast.

### Spørsmål om foretrukket alternativ

#### Spørsmål 2: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?

For tiden benyttes tilnærmet kun alternativ 3.

Vi har tidligere benyttet alternativ 7 i blokk og rekkehus. For alternativ 7 er det vanlig at inntak plasseres i fasade, mens avkast føres over tak.

I rekkehus og eneboliger velges ofte alternativ 5.

#### Spørsmål 3: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Alternativ 3 brukes i ca. 100% av prosjektene.

#### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

Løsningen er kostnads- og arealeffektiv. Løsningen er driftssikker for sluttkunde.

Løsningen gir minst sjaktareal. Dette er en viktig utviklingsparameter. Det brukes tid på å planlegge størrelse og plassering av sjakt ifm. rammesøknad i samarbeid med rådgiver.

Fellesaggregater blir profesjonelt driftet. Det anses som en fordel at kunden slipper å tenke på drift.

Opplever at den positive kundeopplevelsen/oppsiden av å selv kunne regulere ved desentrale aggregater trekkes ned av det nødvendige vedlikeholdsarbeidet ifm. skift av filter eller service hvis f.eks. en vifte slutter å fungere. Det kan bli kostbart for kunden å skulle utbedre hvis komponenter går i stykker.

Ift. hvilke tilbakemeldinger vi har erfaring med er de vanligste klagen vi opplever:

1. Støy

2. For svakt avtrekk på kjøkken (Typisk beboere som har flyttet fra enebolig til leilighet)

Man fanger opp dersom det er gjort noe feil.

For alternativ 3:

Opplever lite kundeklager ved denne løsningen. Ved eventuelle klager om støy er høye hastigheter f.eks. ifm. bend årsak.

For alternativ 7:

Støy fra ventilasjon er et tema som kan komme opp. Det kan være vanskeligere å komme innenfor kravet fordi aggregatet er plassert nærme ventilene.

#### Spørsmål 5: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

Alle prosjekter de siste 3-4 år.

### Spørsmål om sentrale løsninger

#### Spørsmål 6: Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller i nybygg?

Primært på tak.

Aggregatene plasseres på tak dersom reguleringen tillater det/det er mulig å overholde krav til bygget volum.

Plassering i kjeller har ulempen at man da må ha dobbelt opp med sjakt, pga. føring av inntak og avkast til tak.

**Spørsmål 7: Har dere fått klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs?**

Det har hendt, men skjer sjeldent.

Det er sjeldent at klager om luktoverføring skyldes overføring ifm. roterende veksler.

Generelt ønsker man undertrykk i boligene ift. fellesarealer. Dersom dette er i ubalanse, kan lukt overføres (men dette har ikke noe å gjøre med gjenvinneren).

Man har en innreguleringsutfordring i leilighetsbygg, som man må ta hensyn til. Man ønsker undertrykk i leilighet ift. trapp og fellesarealer. Dessuten ønsker man undertrykk i garasje ift. både trapp, fellesarealer og leiligheter. Undertrykk i garasje ønskes aht. fukt og radon.

**Spørsmål om desentrale løsninger**

**Spørsmål 8: Hvem står typisk for service av ventilasjonsanlegget i bygningene dere forvalter?**

Etter at boligen er overlevert sluttkunde overtar de ansvaret for driften av anlegget.

Kunden har ansvaret for vedlikehold. Det kan tilrettelegges for at boligsameiet kan inngå avtale for service, men dette er opp til dem selv.

**Spørsmål 9: Hvilke tjenester inngår i opplegget dersom vaktmester e.l. står for service?**

Ikke relevant.

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

Vår erfaring er at sentrale anlegg gir mindre henvendelser fra kundene fordi drift og vedlikehold ivaretas av profesjonelle.

Så lenge det er en viss forsering på bad og kjøkken så fungerer det for de fleste.

Vi leverer stort sett en kjøkkenhette med ganske god osopptfangning.

**Generelle kommentarer til løsningene**

Jeg har jobbet mange år med boligbygg, og det er særlig to av løsningene som har vært mest brukt.

Det er løsning 3 og 7.

Alternativ 7

Enhetsaggregatet med kjøkkenavtrekk inn på aggregat. Har sett både løsninger med og uten by-pass av kjøkkenavtrekk ifm. varmegjenvinner. Løsningen blir valgt aht. individuell styring. Ulempen med løsningen er at man får mye kanaler dersom de må føres over tak. Dersom det er mange etasjer og inntaket skal hentes over tak er en utfordring med løsningen behov for store sjakter. Videre er det risiko for kondens på inntakskanalen, selv om den isoleres mot dette. En annen utfordring ifm. løsningen er at inntak plassert i fasade må skjermes fra oppvarming/ bør plasseres mot nord/øst og ikke sør/vest. En annen ulempe med løsningen er at man har erfart problemer med luktsmitte ifm. balkonger hvis man plasserer inntak i fasade.

Alternativ 5

Er mye brukt i rekkehus og småhus/eneboliger hvis man kan ha avkast fra kjøkken i yttervegg.

Alternativ 6

Denne har jeg til gode å se i et prosjekt. Løsningen vil kreve ekstra kanaler. Lydsmitteproblematikk kan være en utfordring ifm. denne løsningen. For å unngå lydsmitte mellom leiligheter må man ha lydfeller. Lydfeller og kjøkkenavtrekk er en dårlig kombinasjon.

Alternativ 8

Bruk av resirkulerende kjøkkenhetter skal undersøkes i SINTEF prosjekt.

Alternativ 1

Bli litt som alternativ 5. Løsningen har blitt brukt i noen grad.

Alternativ 2

Sjelden løsning

Alternativ 3

Er den mest vanlige løsningen i leilighetsbygg.

Alternativ 4

Kanskje denne løsningen vil bli mer brukt i fremtiden. Behov for å sjekke ut hvor godt resirkulerende kjøkkenhetter fungerer. Løsningen er interessant energimessig. Kan være løsningen vil kreve en høy luftmengde for å oppnå ønsket effektivitet.

**Kommentarer til spørsmål 10**

Investeringskostnad rager høyt for boligutviklere og entreprenører. Men det skal allikevel ikke være en uforholdsmessig høy vedlikeholdskostnad. Dersom denne er for høy risikerer man klager og krav om utbedring (det er 5 års reklamasjonstid).

Ift. luktoverføring har vi god erfaring med roterende vekslere. Det er dette man stort sett bruker.

Er det støy, får man greie på det. Dette anses derfor som viktig.

Ift. drift prøver vi å levere en ordentlig driftsinstruks. Det er viktig at anleggene fungerer som forutsatt, da det er klønete og kostbart å utbedre.

Ift. areal i bod er det bedre å samle anlegget et annet sted og ikke oppta plass i bod.

Ift. individuell styring er forsering av kjøkken og fuktstyring på bad (ikke avansert) vanlig. Fungerer dette er folk fornøyd, og det er det man forventer.

Ift. brann forventes det at anlegget tilfredsstillers forskriften. Løses bla. med isolering.

**Kjøkkenhette**

Vi bruker en hette med karm. Karmen dannet er volum som kan fange opp os. Utformingen påvirker hvor godt osoppfangingen fungerer. Dette er viktig.

**Kjøling**

Vi har opplevd enkelte henvendelser om kjøling. I boliger er luftmengdene små sammenlignet med andre bygninger, så der har man mindre potensiale for kjøling, men det vil kunne gi litt. Å unngå oppvarming av inntak er viktig. Vannbårne systemer til kjøling er kanskje mer aktuelt i denne forbindelse (Dette blir kanskje litt utenfor oppgaven).

**Valg av løsning**

I utgangspunktet er leveransen i våre prosjekter basert på en funksjonsbeskrivelse. I praksis innebærer det at entreprenøren velger ventilasjonsløsningen. I prosjektutviklingen tegner arkitekt imidlertid ut prosjektet sammen med rådgivere frem til tegninger for rammesøknad og anbudsinnhenting. På disse tegningene vil det være avsatt og plassert sjakter som legger føringer for ventilasjonsløsningen.

**Spørsmål 10: Hvilke egenskaper/fordeler/ulempes er viktige for dere ifm. ventilasjon i leilighetsbygg**

	Ikke viktig	Mindre viktig	Nøytral	Litt viktig	Viktig
Investeringskostnad					X
Drift og vedlikeholdskostnad			X		
Risiko for luktoverføring mellom leiligheter				X	
Risiko for støy i leilighet					X
Risiko for feil bruk/drift av anlegget			X		
Aggregat krever plass i bod i leilighet				X	
Mulighet for individuell styring		X			
Risiko for brannspredning mellom leiligheter			X		

## Besvarelse kandidat 4

## Spørsmål om foretrukket alternativ

<b>Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?</b> Alternativ 3
<b>Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?</b> Tilnærmet 100% i Osloområdet. I andre deler av landet er alternativ 6 og alternativ 7 mye i bruk.
<b>Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?</b>
<b>Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?</b> En enkel og pålitelig løsning som minimerer kanalføringer og installasjonskostnader.
<b>Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?</b> Synes illustrasjonen ser riktig ut, med unntak av at de fleste boligblokker har flatt tak og det ventilasjonstekniske rommet bygges som en "frittstående boks" på toppen av blokka.
<b>Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?</b> Roterende gjenvinner for høyest mulig gjenvinningsgrad.
<b>Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?</b> Ja, både kanaler og aggregat dimensjoneres for en forsering. Aggregat beregnes med en %-andel samtidighet, dette bestemmes stort sett av RIV i hvert enkelt prosjekt.
<b>Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?</b> Trykkstyring av vifter i aggregat.

## Spørsmål om sentrale løsninger

<b>Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?</b> Tak
<b>Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?</b> Nei, men dette virker heller ikke å være et stort problem, da det er få saker som meldes inn til vår serviceavdeling.

## Spørsmål om desentrale løsninger

<b>Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?</b> I 3-roms og større: På bod. I 2-roms og mindre: I himling i gang.
<b>Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?</b> Ikke vanlig

## Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen

--

## Besvarelse kandidat 5

### Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**

Foretrekker alternativ 7

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

Av det vi leverer er ca. 50% sentrale og 50% desentrale.

For desentrale leveres typisk alternativ 7.

For sentrale leveres typisk alternativ 2 eller alternativ 3.

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

Når vi kommer inn i prosjektet er det allerede bestemt av ARK og utbygger.

Fordeler med alternativ 7:

Enkelt system sammenlignet med en sentral løsning.

Rask å bygge.

Lett å igangkjøre og innregulere.

Er ikke avhengig av at et helt system blir ferdig, derfor mer effektivt.

Gir god avtrekksmengde på kjøkkenheten. Dette er typisk reklamasjon/ting som klages på - lite luft på kjøkken. Dette klages ikke på ved denne løsningen.

Beboerne har valgmuligheter aht. temperatur og luftmengde. De kan innstille til min eller max, hvis de reiser bort, skal dusje eller får besøk.

Folk virker mer fornøyde.

Eventuelle feil begrenses til 1 leilighet. Driftsstans påvirker kun 1 leilighet.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**

Aggregatene har 5 tilkoblinger. Kjøkkenhette går direkte til aggregat, utenom gjenvinner.

Ved høye bygg må man kanskje ha hjelpevifte på tak.

I lave bygg løses det noen ganger med separate avkast over tak (krever kanskje litt mer sjaktareal)

Inntak alltid i fasade, separat for hver leilighet.

**Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?**

Alltid roterende i desentral løsning.

Motstrømsvekslere velges ved sentrale løsninger aht. luktoverføring (har erfart klager ved valg av roterende).

**Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?**

Sentrale løsninger:

For aggregater, sjakter, inntak/avkast tar vi hensyn til forsering. Vi pleier å ta utgangspunkt i at 70% av kjøkkenhettene skal kunne forseres samtidig.

**Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?**

Sentrale løsninger:

Trykkstyring av anleggene. Hvis kun 1 hette forserer, vil det ikke registreres endring av trykk i kanalen, så da vil hetten låne luft fra andre steder. Ved flere hetter i bruk registrerer sensor at trykket i kanalen endres og girer aggregatet opp. Både tilluft og avtrekk går opp. Det er ikke noe spjeld som åpner på tilluftssiden, så tilluften vil fordele seg jevnt utover. Dette fungerer stort sett greit.

Desentrale løsninger:

Aggregatene har styrepanel. Beboerne må selv trykke på forseringsknappen på styrepanelet for å forserer på bad. På kjøkkenheten trykker man på knappen for å starte forseringen. Vi leverer sjeldent fuktsensorer som sikrer at aggregatet selv forserer. Aht. lyd tenker vi det er bedre at man styrer selv når den forserer enn at aggregatet gjør det automatisk. Fordi det er mye støy på bad blir sensorene fort dårlige. Ved forsering vil avtrekksviften gire opp og tilluftsviften følge etter.

**Spørsmål om sentrale løsninger**

**Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Ser begge deler, flest i kjeller.

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Motstrømsgjenvinner.

Det hender kunder etterspør kombinasjonsfilter med kull. Dette medfører en større kostnad til drift og vedlikehold. Kombinasjonsfilter koster mer enn et vanlig F7 filter. Det hender at vi leverer det med aggregat, men det er ikke sikkert at boligsameiet forsetter å kjøpe det pga. kostnad.

**Spørsmål om desentrale løsninger**

**Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**

Tradisjonelt har plassering typisk vært i bod. Plassering i bod foretrekkes aht. lyd. Det er ikke lenger krav til bod i TEK. Sett ganske mange tilfeller med aggregat i himling i gang eller himling i bod.

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**

Aldri vært borti.

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

--

## Besvarelse kandidat 6

### Overordnet spørsmål

#### Spørsmål 1: Stiller dere krav til ventilasjonsløsninger i nye leilighetsbygg utover det som står i TEK17?

Vi stiller spesifikke krav til luftmengder, spesielt på kjøkkenavtrekk, hvor vi krever høyere avtrekksluftmengde. Kravet er en forsert luftmengde på  $165 \text{ m}^3/\text{h}$ . Minimumsluftmengde for tilluft på  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  i stue (stue er ofte kombinert med kjøkken).

Ifm. krav til forsering i TEK: ved en sentral løsning skal det tilføres mer tilluft ved forsering av kjøkkenavtrekk. Vi har spjeld på tilluft som åpner ved forsering av kjøkkenhette for å kompensere.

Vi har ikke spesifikke krav til plassering av inntak/avkast.

### Spørsmål om foretrukket alternativ

#### Spørsmål 2: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?

Alternativ 3 og alternativ 7.

#### Spørsmål 3: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Alternativ 3 utgjør ca. 3/4 av prosjektene. Alternativ 7 utgjør ca. 1/4 av prosjektene.

#### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

Alternativ 3:

Pga. energikrav har det vært ønske å hente ut energi av kjøkkenavtrekksluften.

En fordel med denne løsningen er sjaktareal. Positivt at det ikke er en egen kanal for kjøkkenavtrekk.

Løsningen innebærer færre servicepunkter.

Ved denne løsningen er støykilden ute av leilighetene.

Ved løsningen brukes kun kryss eller motstrømsveksler aht. luktsmitte.

Ved uheldige vindretninger kan kortslutninger mellom inntak og avkast forekomme.

Ift. valg av løsning:

Det er gjennomført en kostnytte vurdering for når det er hensiktsmessig å gå over fra desentralt til sentralt aggregat. Vi tar utgangspunkt i at ved ca. 20 enheter eller mer er det sentralt aggregat som er foretrukket løsning.

Alternativ 7:

Fordel med denne løsningen er at kunden selv kan styre. Kunden har mer kontroll på sitt anlegg.

Ved løsningen er det lettere å argumentere for at man ikke får luktsmitte. Det skal mye til for å få luktsmitte.

Fordelen er at man kan råde over eget anlegg.

#### Spørsmål 5: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

### Spørsmål om sentrale løsninger

#### Spørsmål 6: Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller i nybygg?

Vi ønsker å ha aggregatet på tak. Dette er den billigste løsningen.

Aggregat i kjeller ønskes ikke fordi areal i kjeller kan selges/brukes til andre funksjoner. Hvis inntak og avkast må hentes/føres til tak, vil føringer kreve plass i kjeller og større sjaktareal.

#### Spørsmål 7: Har dere fått klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs?

Ja. Klager handler om kortslutning utvendig mellom inntak og avkast.

Har tidligere hatt et prosjekt med sentralt anlegg og roterende veksler. Opplevde kortslutning i rotor. Nå velges kryssveksler eller motstrømsveksler i sentrale anlegg.

### Spørsmål om desentrale løsninger

#### Spørsmål 8: Hvem står typisk for service av ventilasjonsanlegget i bygningene dere forvalter?

Husstandene selv i ca. 100% av prosjektene. Eventuelle serviceavtaler er til den enkelte beboer.

#### Spørsmål 9: Hvilke tjenester inngår i opplegget dersom vaktmester e.l. står for service?

Ikke relevant

### Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen

Å få erfaringer med resirkulerende kjøkkenhetter er interessant.

I tillegg til å overholde TEK, svanemerker vi byggene våre.



<b>Spørsmål 10: Hvilke egenskaper/fordeler/ulempes er viktige for dere ifm. ventilasjon i leilighetsbygg</b>					
	Ikke viktig	Mindre viktig	Nøytral	Litt viktig	Viktig
Investeringskostnad					X
Drift og vedlikeholdskostnad				X	
Risiko for luktoverføring mellom leiligheter				X	
Risiko for støy i leilighet				X	
Risiko for feil bruk/drift av anlegget			X		
Aggregat krever plass i bod i leilighet					X
Mulighet for individuell styring			X		
Risiko for brannspredning mellom leiligheter					X

## Besvarelse kandidat 7

### Overordnet spørsmål

#### Spørsmål 1: Stiller dere krav til ventilasjonsløsninger i nye leilighetsbygg utover det som står i TEK17?

Vi har en funksjonsbeskrivelse med tekniske krav, for å sikre at TEK følges.

Det som er viktig er å unngå reklamasjoner i ettertid.

Det er ikke kjempefokus på energieffektivitet.

Det dreier seg mye om lukt. Å sikre tilstrekkelig avstand mellom inntak og avkast aht. lukt.

### Spørsmål om foretrukket alternativ

#### Spørsmål 2: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?

Sentrale løsninger er vanligst og det som foretrekkes. Alternativ 3 er vanligst.

Har brukt desentraliserte anlegg f.eks. i toppleilighet.

Næringslokaler har eget anlegg.

Avkast må føres over tak.

#### Spørsmål 3: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Sentral løsning i så og si 100% av prosjektene.

Sentrale løsninger velges normalt, men det til være noen avvik fra dette.

#### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

Sentral løsning velges aht.:

- Plass i sjakt

- Drift av anlegget. Man unngår at beboere må stå for filterskift o.l.

Fordel med sentrale løsninger:

Sjakter er planlagt og plassert tidlig slik at man unngår uønskede innkassinger i leiligheten.

Svakhet med desentrale løsninger:

Ved desentrale løsninger blir man avhengig av at hver enkelt beboer har serviceavtale.

Spiser salgbart areal. Aggregatet settes oftest i boden. Aggregatet spiser av bodplassen.

Aggregatet er vanskelig å vise på salgstegninger.

En annen utfordring er plassering av bod for å unngå uønskede innkassinger for kanalføringer i leiligheten.

#### Spørsmål 5: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

### Spørsmål om sentrale løsninger

#### Spørsmål 6: Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller i nybygg?

Foretrekker plassering på tak. Plassering på tak foretrekkes aht. sjaktareal. Plassering på tak foretrekkes aht.

å unngå å spise av 1. etasjen. Ønsker at arealer i 1. etasje i stedet skal brukes til næring.

#### Spørsmål 7: Har dere fått klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs?

Ja. Klager på lukt er bakkdelen ved sentrale anlegg. Det kan være vanskelig å avdekke årsaken. Har opplevd klager på lukt på tross av god avstand mellom inntak og avkast (i prosjekter hvor det ikke er brukt roterende gjenvinner). Lukt er vanskelig problematikk.

Man kan oppleve det samme i desentrale anlegg.

### Spørsmål om desentrale løsninger

#### Spørsmål 8: Hvem står typisk for service av ventilasjonsanlegget i bygningene dere forvalter?

Vi har praksis å tilby serviceavtale til sameie via vår entreprenør. Serviceavtalene som vi tilbyr kan oppleves dyrere enn andre serviceavtaler. Sameiene har i hovedsak egne serviceavtaler. Vi fremmer at de inngår avtale med dem som har bygget bygningen for å ivareta garantien.

#### Spørsmål 9: Hvilke tjenester inngår i opplegget dersom vaktmester e.l. står for service?

Husker ikke helt nøyaktig hva som inngår i serviceavtalen vi tilbyr, i hvertfall bytte av filter.

Service er en svakhet med desentrale løsninger. Man er avhengig av at hver enkelt beboer gjennomfører skift av filter. Dette kan være kilde til reklamasjoner.

### Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen

Kommentar til spørsmål 10:

Fordeler og ulemper knyttet til lukt, støy og brann anses ikke relevant for valg av løsning. Det forutsettes at løsningene oppfyller kravene.

Ift. kostnad er det ikke vi som betaler for løsningen, det er kunden.

**Valg av løsning**

Vi er en byggherreorganisasjon som kontraherer totalentrepriser. Så vi har nok begrenset kunnskap om det tekniske rundt ventilasjonsanleggene - men litt kan vi jo selvsagt.

<b>Spørsmål 10: Hvilke egenskaper/fordeler/ulemper er viktige for dere ifm. ventilasjon i leilighetsbygg</b>					
	Ikke viktig	Mindre viktig	Nøytral	Litt viktig	Viktig
Investeringskostnad		X			
Drift og vedlikeholdskostnad				X	
Risiko for luktoverføring mellom leiligheter	X				
Risiko for støy i leilighet	X				
Risiko for feil bruk/drift av anlegget				X	
Aggregat krever plass i bod i leilighet				X	
Mulighet for individuell styring			X		
Risiko for brannspredning mellom leiligheter	X				

## Besvarelse kandidat 8

### Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**  
Alternativ 5 og alternativ 7 er vanligst.

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**  
I prosjektene jeg har vært med på de siste 12 årene har det vært ett prosjekt med en sentral løsning og resten har hatt desentrale løsninger. Jeg vil anslå at ca. 97% er desentrale løsninger.  
I ca. 60% av prosjektene er det brukt alternativ 7.  
I ca. 40% av prosjektene er det brukt alternativ 5.

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**  
Den viktigste grunnen til at det velges en desentral løsning er at det er snakk om bolig og private sfærer, og at man ikke skal blande lukt mellom boliger. Man kan bruke kryssveksler i en sentral løsning aht. lukt, men da gjenvinnes mindre energi.  
En annen grunn er aht. føringsveier på kryss og tvers av boliger. Boliger er alltid brannceller og medfører branntiltak på ventilasjonsanleggene.  
Oppsummert er viktige faktorer som gjør at desentral velges:  
- Energi  
- Luktsmitte  
Energimessig foretrekkes alternativ 7. Ved dette alternativet slipper man egne vifter som blåser kjøkkenavtrekk over tak, idet man bruker vifte i aggregat.  
Kvalitetsmessig foretrekkes alternativ 5. Ved denne løsningen er man sikker på at man får kjøkkenavtrekk ut og bort.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**  
Det er alltid separate avkast på desentrale løsninger.  
I alternativ 5 brukes kombirist for inntak og avkast i fasade.  
I alternativ 7 har du typisk separat kanal for kjøkkenavtrekk til aggregat.

**Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?**  
Det brukes alltid roterende i desentrale løsninger.

**Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?**  
Ja, det tas hensyn til forsering.  
Det tas kun hensyn til at det ene tilfellet er forsert. Det antas altså ikke samtidig forsering av flere rom.

**Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?**  
Desentrale aggregater har ofte en integrert funksjon ift. forsering. Det er en trykkstyring i aggregatet som regulerer opp viftene ved forsering.  
VAV blir alt for kostbart.

### Spørsmål om sentrale løsninger

**Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**  
Ikke relevant

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**  
Ikke relevant

### Spørsmål om desentrale løsninger

**Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**  
Aggregatet plasseres som regel i bod.

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**  
Nei, har ikke sett dette. VAV blir alt for kostbart.

### Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen

Det er for lav ventilasjonsmengde i bolighus, fordi det er beskrevet minimumskrav i TEK, som jeg synes er for lave. Det er synd. Vi oppholder oss mye hjemme. Luftmengden i boliger er 1/10 av hva man har i kontorer. Fordi kunden typisk er totalentreprenør er det ikke mulighet til å tilby noe utover minimumskravene. Hvis dette skal forbedres må det gjøres på nasjonalt nivå/må kravene endres.

## Besvarelse kandidat 9

### Overordnet spørsmål

**Spørsmål 1: Stiller dere krav til ventilasjonsløsninger i nye leilighetsbygg utover det som står i TEK17?**

Det varierer hvor mye vi bygger egne prosjekter og hvor mye vi jobber med drift.

Akkurat nå har vi et prosjekt hvor det skal være nøktern økonomi. Da stilles det ikke krav utover TEK.

### Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 2: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?**

For tiden har vi mest rehab prosjekter. I disse prosjektene er individuelle løsninger blitt mer og mer vanlig. I rehab prosjektene blir ofte avtrekk fra kjøkken kjørt på eget anlegg. Vi har også noen steder brukt romventilatorer. Men det er stor overvekt av individuelle aggregater i disse prosjektene.

Vi har hatt noen sentrale anlegg hvor det er høyblokker. I disse prosjektene har vi hatt aggregatet på tak. Fra tak er det samlestokker nedover til hver leilighet. I disse prosjektene er det 2 mulige løsninger for kjøkkenavtrekk. Den ene er resirkulering og kullfilter. Den andre er eget avkast (ikke via aggregat).

I nybygg har vi gått mer over til desentrale løsninger. Jeg har ikke sett sentrale løsninger i nybygg i det siste. I nybygg som bygges nå er det individuelle anlegg. I de individuelle løsningene blir kjøkkenavtrekket koblet på aggregatet.

**Spørsmål 3: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

For både rehab og nybygg er det kun desentraliserte anlegg som brukes i dag. Vi har gått bort fra sentrale løsninger.

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

Hvorfor desentral:

Et sentralt anlegg må innstilles for alle. Noen kan føle at det blir for mye ventilasjon. Generelt er det sånn at man vil få mindre luft jo lenger fra aggregatet man er. Noen ønsker lite luft, andre mye, andre passe. Ved sentrale anlegg må man bestemme luftmengde og temperatur som er passe for alle.

Ved desentrale løsninger har man mulighet for å regulere temperatur og luftmengde i hver enkelt leilighet innenfor et visst område. De individuelle aggregatene har typisk en lav/normal/høy innstilling for hastighet/luftmengde. En hovedfordel med individuelle anlegg er at beboerne selv har mulighet til å styre.

**Spørsmål 5: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

### Spørsmål om sentrale løsninger

**Spørsmål 6: Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller i nybygg?**

Ikke relevant

**Spørsmål 7: Har dere fått klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs?**

Ikke relevant

### Spørsmål om desentrale løsninger

**Spørsmål 8: Hvem står typisk for service av ventilasjonsanlegget i bygningene dere forvalter?**

I nybygg har man 2 mulige måter å løse drift.

Den første er at man kan inngå en avtale med ventilasjonsfirma som har bygget anlegget, slik at de kommer og skifter filter 1 gang i året.

Den andre er at man kan ha noen i styret som tar på seg oppgaven å kjøpe filter av leverandør og at en vaktmester skifter filtrene.

Fordelen med å ha en felles løsning for drift er at det går på fellesutgiftene. Det blir rimeligere enn om hver enkelt skulle bestille. Dessuten sikres det at nødvendig vedlikehold gjennomføres.

Hvis beboerne selv skal stå for vedlikehold:

Man kan ikke stole på at beboerne skjønner at man må skifte filter eller vet hvordan man gjør det. Da blir det ren tilfeldighet hvordan det går/om nødvendig vedlikehold gjennomføres.

**Spørsmål 9: Hvilke tjenester inngår i opplegget dersom vaktmester e.l. står for service?**

Bestilling og utskifting av filter

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

Oppsummering av viktige punkter:

- Et anlegg skal fungere
- Beboerne skal trives med det

Andre faktorer som ikke allerede er diskutert:

Det er viktig hvor man setter ventilene. Ventiler for luft inn og ut bør plasseres så det ikke skapes trekk og ulemper for beboerne. Vi ønsker f.eks. ikke ventil rett over hodet i senga eller rett bak sofa. Dette har det kommet noen tilbakemeldinger på. Disse kommentarene har vært hovedsakelig hvor det har vært sentrale anlegg, hvor det er litt mye luft til noen og hvor ventilene kunne vært plassert litt mer med omhu.

Spennende og viktig tema du skriver om.

<b>Spørsmål 10: Hvilke egenskaper/fordeler/ulempes er viktige for dere ifm. ventilasjon i leilighetsbygg</b>					
	Ikke viktig	Mindre viktig	Nøytral	Litt viktig	Viktig
Investeringskostnad				X	
Drift og vedlikeholdskostnad					X
Risiko for luktoverføring mellom leiligheter					X
Risiko for støy i leilighet					X
Risiko for feil bruk/drift av anlegget					X
Aggregat krever plass i bod i leilighet		X			
Mulighet for individuell styring					X
Risiko for brannspredning mellom leiligheter					X

## Besvarelse kandidat 10

## Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**

Alternativ 5, alternativ 6 og alternativ 7 er vanlig.

Foretrekker alternativ 8.

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

Alternativ 5, 6 og 7 er vanlig. Alternativ 7 er nok vanligst.

Tror alternativ 8 er lite brukt.

Har ikke vært bort i sentrale løsninger.

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

Kostnad er viktig.

**For desentrale løsninger:**

Alternativ 5 og alternativ 6:

Hvis det er felles vifte for kjøkkenavtrekk kan de som bor i leiligheten nærmest viften oppleve lyd/støy.

Hvis det er separate kanaler for kjøkkenavtrekk, kan det bli snakk om lange kanalføringer dersom bygningen er høy. Jeg vil nok ikke anbefale at disse kanalene går mer enn 3 etasjer opp. Men det gjøres.

Ift. brann så går kanalene ofte i en felles sjakt, uavhengig av om det er en løsning hvor kjøkkenavtrekk går separat eller samles i en felles kanal. Mulig at kanalene må brannisoleres. Det kan være risiko for brannsmitte mellom kanaler.

Alternativ 7 (vanligste løsning):

Den vanligste løsningen er nok at kjøkkenavtrekket føres inn på leilighetsaggregatet. Dette synes jeg ikke er en god løsning. Dette fordi det er dårlig kapasitet på aggregatene. Jeg mener også at kravet i TEK17 til forsert luftmengde av kjøkkenhetter på 108 m<sup>3</sup>/h er lite. Dessverre styrer kostnad mye valget av løsning.

Alternativ 8, modifisert (foretrukket løsning):

Jeg er opptatt av brann sikkerhet/tenker mye på brann ifm. leiligheter. Aht. brann sikkerhet ville jeg valgt å ha 1 aggregat i hver leilighet og med kombiboks i vegg fra hver leilighet. Som løsning for kjøkkenhette ville jeg valgt omluftsventilatorer, men da må du opp i pris. Denne løsningen tror jeg ikke at er brukt, at man tenker den blir for kostbar. Men jeg tror at hvis man ser på det helhetlig (at man unngår føringsveier i sjakt osv.) så er det ikke sikkert at den blir så kostbar allikevel.

**For sentrale løsninger:**

Jeg stiller spørsmål til brann ifm. sentrale løsninger. Ved sentrale løsninger bør man ha brannspjeld inn til hver leilighet. Disse brannspjeldene blir et servicepunkt som krever jevnlig kontroll og vedlikehold.

Brannrådgiveres meninger og krav i brannrapporter kan variere.

Fordelen med sentrale løsninger er at de er lettere å drifte.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**

Alternativ 5:

Avtrekkskanaler for kjøkken bør ikke føres mer enn 3 etasjer.

Alternativ 8:

Avkast føres sammen med inntak til kombiboks i vegg.

**Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?**

**Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?**

**Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?**

**Spørsmål om sentrale løsninger**

**Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Ikke relevant

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Ikke relevant

**Spørsmål om desentrale løsninger**

**Spørsmål 11:** Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?

**Spørsmål 12:** Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

At det forutsettes mulighet for vinduslufting er grunnen til at man kan ha så lite luft i en leilighet/at kravene til luftmengder er så lave i boliger. I denne forbindelse burde man kanskje skilt mellom boliger i tettbygde og landlige strøk. Man burde kanskje ta hensyn til leilighetens lokasjon ift. valg av luftmengde.



## Besvarelse kandidat 11

### Spørsmål om foretrukket alternativ

#### Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?

Det er ikke noen alternativer som er klart bedre enn andre.  
Jeg ville ikke valgt en løsning med kullfilter. Kullfilter gir ikke tilstrekkelig rensing.  
Usikker på hvilken løsning som er vanligst.  
I forrige prosjekt jeg var med på, var det alternativ 7.

#### Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Har for få oppdrag til å ha formening om hvilke alternativer som er vanligst.

#### Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

#### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

I det forrige prosjektet jeg var med på (alternativ 7) var det nødvendig å velge en desentral løsning.  
Man kunne ikke ha en sentral løsning. Det var ikke ønsket med vertikale sjakter i stort omfang. Man ønsket ikke plassering av aggregat i kjeller aht. næringsareal. På taket var plassen avsatt til solceller.  
Det var altså ikke plass til å plassere et sentralaggregat.  
Ofte er det en grunn til at en løsning velges fremfor andre. F.eks. logistikk i bygg eller om noen har tegnet ut og solgt leilighetene først, slik at det blir mangel på spillerom.

#### Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?

I det forrige prosjektet jeg var med på (alternativ 7) var det avkast fra hver enkelt leilighet til tak. Inntak i fasade. Var krav til kjøkkenavtrekk utenom gjenvinner.

#### Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?

I prosjektet jeg var med på med alternativ 7 var det roterende varmegjenvinner.

#### Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?

I prosjektet med alternativ 7 var det i kravspekken krav til luftmengder ifm. aggregater slik at forsering skulle være ivaretatt.

#### Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?

Aggregatet gir mer tilluft ved forsering.

### Spørsmål om sentrale løsninger

#### Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?

Ikke relevant

#### Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?

Ikke relevant

### Spørsmål om desentrale løsninger

#### Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?

I prosjektet med alternativ 7 ble aggregatene i hovedsak plassert i bod. Noen steder ble aggregatene plassert over himling i gang.

#### Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?

Ikke noen formening om

### Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen

Luftmengder:  
Minimumsluftmengder i TEK, særlig avtrekk kjøkken, gir ofte klager. Pleier å øke denne luftmengden når vi lager kravspesifikasjoner.

Desentrale løsninger:  
Utfordringen med desentrale aggregater er driftssiden. Man er avhengig av at noen skifter filterne. Det er viktig at man får gode løsninger for hvordan det kan håndteres. Rutiner for at man kan sjekke at aggregatene fungerer. Kan i verstefall gi fuktproblemer, hvis aggregatene ikke fungerer. Sameiet kan knytte til seg en serviceavtale. Årlig kontroll av aggregater. Blir en kostnad for sameiet. Er opp til sameiet om de velger å ha en serviceavtale.

Valg av løsning:  
I de fleste byggene vi har, er løsningen allerede valgt når vi kommer inn i prosjektet, og vi prosjekterer det som det er stilt krav om i "kravspesifikasjonen" som gjelder for prosjektet. Men - vi bruker også å sitte på byggherresiden og da er det vi som utarbeider slike "kravspesifikasjoner". Da er det vi som anbefaler løsningen.

## Besvarelse kandidat 12

### Overordnet spørsmål

#### Spørsmål 1: Stiller dere krav til ventilasjonsløsninger i nye leilighetsbygg utover det som står i TEK17?

Vi har en egen kravspesifikasjon som går utover TEK. Denne har en del krav som spesifiserer hvordan TEK skal oppfylles.

Kravspesifikasjonen inneholder bla.:

- Minst mulig boligareal skal brukes til innkassinger og sjakter
- Unngå horisontale innkassinger i stue
- Horisontal innkassing langs maks 1 vegg i soverom
- Nedforet himling i stedet for innkassinger i våtrom og entre
- Må ta hensyn til hensiktsmessig innredning ved plassering av tekniske installasjoner i innvendige boder
- Ventilasjonsanlegg skal være balansert med varmegjenvinning

Sentral løsning:

- I blokker i tett bystruktur
- Teknisk rom fortrinnsvis på tak
- Trykkstyring av tillufts- og fraluftsventiler

Desentral løsning:

- Hvor det er hensiktsmessig
- Aggregat plasseres i bod/loft/rom som ikke er beregnet for varig opphold
- Støvsvakt aggregat med tilstrekkelig avstand/lyddemping til soverom og oppholdsrom

Andre krav til ventilasjon:

- Plassering av inntak for å unngå/minimere soloppvarming
- Avkast over tak
- Varmegjenvinning hvor det ikke er risiko for spredning av lukt (Fellesareal og bodareal kan ha roterende gjenvinner)
- Kjøkkenhette skal kunne forsere luftmengden til minimum  $165 \text{ m}^3/\text{h}$
- Kjøkkenhette skal ha oppfangingsgrad på minimum 75 %
- Ved forsering av kjøkkenhette skal luftmengden til oppholdsrom økes automatisk med tilsvarende luftmengde
- Grunnventilasjon kjøkken via egen kontrollventil
- Tilluftskanaler skal isoleres i nødvendig omfang for å unngå temperaturendring mellom aggregat og leilighet
- Inntak og avkast isoleres termisk med minimum 50 mm lamellmatte.

### Spørsmål om foretrukket alternativ

#### Spørsmål 2: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere?

Typisk alternativ 3.

Kjøkkenavtrekk kobles ikke direkte på resten av avtrekket i samme leilighet, men kobles direkte inn på hovedføring i sjakt.

#### Spørsmål 3: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Ca. 75%

#### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

Enklest og billigst.

#### Spørsmål 5: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

### Spørsmål om sentrale løsninger

#### Spørsmål 6: Plasseres aggregatet typisk på tak eller i kjeller i nybygg?

Oftest på tak.

#### Spørsmål 7: Har dere fått klager fra beboere om at de kan lukte når naboer lager mat eller røyker innendørs?

Ja. I varierende grad. Klager på ventilasjon oppstår uansett hvilken løsning man velger.

### Spørsmål om desentrale løsninger

#### Spørsmål 8: Hvem står typisk for service av ventilasjonsanlegget i bygningene dere forvalter?

Ikke relevant

#### Spørsmål 9: Hvilke tjenester inngår i opplegget dersom vaktmester e.l. står for service?

Ikke relevant

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

Sentrale løsninger vil nok også i fremtiden være beskrevet løsning i våre prosjekter. Men man ser en dreining mot desentrale løsninger. Beboere er mer bevisst på å kunne styre og bestemme selv.

Det er et interessant og aktuelt tema, og du har laget en god undersøkelse med riktig fokus.

<b>Spørsmål 10: Hvilke egenskaper/fordeler/ulempes er viktige for dere ifm. ventilasjon i leilighetsbygg</b>					
	Ikke viktig	Mindre viktig	Nøytral	Litt viktig	Viktig
Investeringskostnad					X
Drift og vedlikeholdskostnad				X	
Risiko for luktoverføring mellom leiligheter					X
Risiko for støy i leilighet				X	
Risiko for feil bruk/drift av anlegget					X
Aggregat krever plass i bod i leilighet			X		
Mulighet for individuell styring			X		
Risiko for brannspredning mellom leiligheter					X

## Besvarelse kandidat 13

## Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**

Alternativ 2 og alternativ 3 er vanligst for sentrale løsninger.

For sentrale løsninger foretrekker jeg alternativ 2.

Alternativ 7 er vanligst for desentrale løsninger.

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

Tør nesten påstå at ca. 60% desentralt og 40% sentralt på landsbasis.

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

**Alternativ 2 (foretrukket alternativ):**

Jeg har tro på alternativ 2 for sentrale løsninger.

Jeg foretrekker alternativ 2 fordi:

- Enklere

- Energi (roterende vekslere)

Løsningen er teknisk enklere/enklere å løse teknisk.

Viften på toppen er trykkstyrt. Man har grunnavtrekket for kjøkkenet via kjøkkenhette, så viften har noe å jobbe mot når det ikke er forsering av kjøkkenet.

Man brannisolerer kanaler kun fra kjøkkenhette og inn til sjakten, siden sjakten har brannklasse.

I løsningen har man roterende vekslere. Det er en energimessig fordel sammenlignet med alternativ 3 (som må ha motstrømsgjenvinner), at den har best gjenvinning.

Fordeler med sentral løsning:

Det er kun 1 punkt for vedlikehold og drift. Aht. energi er drift og vedlikehold viktig - det er viktig at det fungerer. Valg av sentral løsning sikrer at det blir gjort.

Sentral løsning er rimeligere (hvis man ser bort fra kvadratmeterprisen/plass til sjakter og teknisk rom).

**Alternativ 3:**

I alternativ 3 må det aht. fett, lukt og partikler i kjøkkenavtrekk velges motstrømsveksler.

**Alternativ 1:**

Alternativ 1 er svært sjelden. Kan ha sett det 1 gang. Forbeholdt mindre blokker, maks. 2-3 etasjer. Dette aht. at kjøkkenhette må over tak. Kanalen fra kjøkkenhette må brannisoleres hele veien. Kan ha sett det i lavblokk. Løsningen er plasskrevende. Ønsker å unngå plasskrevende løsninger aht. kvadratmeterpriser. Ser ikke denne løsningen i bygg med mange etasjer. En annen grunn til at løsningen ikke ses i bygg med mange etasjer er at en kjøkkenhette med vifte ikke er trykksterk/ har begrenset kapasitet.

**Alternativ 4:**

Alternativ 4 er en elegant løsning. Er preakseptert i leiligheter mindre enn 45 m<sup>2</sup>, dvs. ses i studentboliger.

Benyttes ikke i dag i leiligheter større enn 45 m<sup>2</sup>, da den ikke er preakseptert. SINTEF har et pågående prosjekt som undersøker resirkulerende kjøkkenhetter.

**Alternativ 7:**

I alternativ 7 går som oftest kjøkkenavtrekket i en egen avtrekkskanal til aggregatet og det brukes roterende gjenvinner.

En ulempe ved desentrale løsninger er at man forventer at bruker står for drift.

**Valg av løsning:**

Kan være eierstyrt (avhengig av eier ift. drift. F.eks. boligbyggelag har ofte sentrale løsninger).

Kan avhenge av lokasjon.

Kan avhenge av type/størrelse på leilighet.

Det er mange ting som spiller inn. Ingen fasit ved valg av løsning.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**

Desentral løsning:

Inntak er i fasade. Avkast er stort sett over tak. Dette aht. regelverk for avstand mellom inntak og avkast.

Alternativ 7:

Separat kanal for kjøkkenavtrekk for by-pass av gjenvinner stort sett ved dette alternativet. Aggregatet har egen påkobling til kjøkkenavtrekk.

<p><b>Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?</b>          Motstrøms når man kjører kjøkkenavtrekk i aggregat. Roterende ellers.          - Alternativ 2 har roterende veksler          - Alternativ 3 har motstrømsveksler          - Alternativ 7 har roterende veksler</p>
<p><b>Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?</b>          Sentralt aggregat:          Man må ta hensyn til det. Aggregatet må ha tilstrekkelig kapasitet til forsering. Hele leiligheten forserer, ikke kun kjøkkenhette/avtrekk bad. Man kompenserer gjerne med tilluft ved forsering. Man kan ikke dimensjonere for 100% forsering.          Alternativ 3 (Motstrømsløsning):          Har vært borti at man antar 40-60% av leilighetene forserer samtidig. Tilluft blir slave av avtrekket.          Alternativ 2 (Roterende løsning):          Man forserer kun tilluften i aggregatet (i teorien). I praksis tillater man ofte at man har undertrykk i 30 minutter (forserer ikke tilluften). Kjøkkenavtrekk er separat. For avtrekksviften antar man typisk at 100% av kjøkkenhettene forserer samtidig (108 m<sup>3</sup>/h * antall leiligheter).</p>
<p><b>Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?</b>          Forserer tilluften</p>
<p><b>Spørsmål om sentrale løsninger</b></p>
<p><b>Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?</b>          Begge deler. Ingen fasit.</p>
<p><b>Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?</b>          Motstrømsgjenvinner brukes i alternativ 3.          Plassering av inntak og avkast er en klassiker/typisk årsak til spredning av lukt.          Andre faktorer utover ventilasjonen kan også være årsak. Utettheter i bygget kan også føre til spredning av lukt.</p>
<p><b>Spørsmål om desentrale løsninger</b></p>
<p><b>Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?</b>          Anbefaler plassering av aggregat i bod. Mange ønsker aggregatet plassert på vegg i boden ved desentral løsning. Aht. bortfall av krav til bod, plasseres aggregatet også i himling.</p>
<p><b>Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?</b>          Er ønskelig, men ingen som vil betale for det.          Krever ettersyn, drift og vedlikehold.          Det har blitt gjort/det finnes prosjekter.          Det vanligste er erstatningsluft ved forsering.          Totalentrepriser blir iht. funksjonskravet. Kan ikke prise seg for høyt, da får man ikke jobben.</p>
<p><b>Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen</b></p> <p>Interessant masteroppgave.</p> <p>Har sett alle løsningene, men noen er mer vanlige enn andre.          Markedet i dag: flest mulig leiligheter, minst mulig og høyest mulig - gjør at noen av alternativene faller bort.</p> <p>Luftmengder må jobbes med - må få opp luftmengder og luftskifter. Så man har noe å regulere på. Ikke store nok luftmengder til å få til kjøling i boliger. Ved større luftmengde er det lettere å få til kjøling, uten å få problemer med trekk (begrenset hvor lav tilluftstemperaturen kan være). Vil kreve mer plass. Må inn i TEK for at det skal forbedres.</p> <p>Enkelte stiller krav til større luftmengder ved forsering kjøkken, men man har fortsatt begrensninger ift. grunnventilasjonen for å kunne balansere.</p> <p>Vi er med i boligprosjekter med både sentral- og desentralisert løsning. Valg av løsning foretas før vi kommer inn i prosjektet.</p>

## Besvarelse kandidat 14

### Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**

Primært: sentrale løsninger, alternativ 3

Sekundært: sentrale løsninger, alternativ 2

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

100%

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?**

**Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

Driftssikkerhet og lave kostnader tilknyttet installasjon, drift og vedlikehold. Med sentrale anlegg vil det være billigere å sette inn ett større aggregat enn flere desentrale anlegg når det blir mer enn ca. 10-15 leiligheter. I tillegg blir det oftest billigere for sluttbruker i driftstiden når man tar med servicekostnader og strømkostnader. Som oftest vil sentrale løsninger gi reduserte sjaktarealer, som igjen frigjør BRA for salg, i tillegg til at boder/himling ikke utstyres med egne små aggregater.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**

Aggregatet plasseres ofte i teknisk rom i kjeller eller på tak.

**Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?**

Vi anbefaler ikke å benytte roterende gjenvinner i sentrale leilighetsanlegg. Dette fordi det vil alltid komme litt luftsmitte og dermed vil det forekomme luktoverføring.

Vi foretrekker doble kryssvekslere og motstrømsvekslere. Ved bruk av motstrømsvekslere kan det være fornuftig med forvarming av luften pga. fare for tilising.

Vi anbefaler kryssveksler, dobbel kryssveksler og motstrømsveksler avhengig av prosjektets størrelse og størrelse på teknisk rom.

**Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?**

Ja. Aggregatene dimensjoneres for en forsert luftmengde, men de vil oftest driftes på en vesentlig mindre nominell luftmengde. Det ligger alltid en samtidighetsberegning til grunn for hvor mye luft som skal kunne forseres samtidig.

En rådgiver ber oftest om beregninger for de forskjellige luftmengdene. Dette for å få et godt øyeblikksbilde av ventilasjonsaggregatet i det aktuelle driftsområdet.

**Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?**

Trykkstyring (evt. trykkstyring med tilluft som slave) av vifter benyttes nesten alltid ved boligprosjekter. Dette er man også avhengig av hvis man ønsker å benytte VAV-spjeld. Vi har også mindre og enklere måter å håndtere forsering av luft som også avhenger av trykkstyring.

F.eks. finnes mekaniske fuktstyrte ventiler som vil åpne opp for mer forsert luft på baderom/dusj.

Til kjøkken benytter vi elektriske spjeld i kjøkkenhettene. (Trykkstyringen vil merke at det blir trykkforskjell og girer opp viftene i aggregatet når de merker at spjeldet åpnes).

### Spørsmål om sentrale løsninger

**Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Dette varierer stort. Det kan være estetiske begrunnelser som ligger til grunn for å plassere aggregatet i kjeller, men det krever mye plass for å plassere det innendørs. Dette er alltid et spørsmål om estetikk, plass og økonomiske konsekvenser.

Vi har levert både i teknisk rom i kjeller og på loft. Vi leverer også aggregater i utendørsutførelse til plassering på tak.

Rent økonomisk vil man spare litt kanalføringer i avkast og inntak dersom man plasserer det på taket.

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Ja, dette ligger til grunn for at vi tilnærmet aldri leverer roterende gjenvinner til leilighetsbygg.

### Spørsmål om desentrale løsninger

**Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**

Ikke relevant.

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**

Vi erfarer foreløpig lite avansert DCV-styring i boligbygg. Oftest er det kun løsninger som tilpasser seg etter fuktinnvåer på bad, bruk av kjøkkenhetter og temperaturstyringer.

Vi anbefaler generelt enkle løsninger for styring av ventilasjon, men vi har alle muligheter til å regulere etter sonestyring eller målte verdier som CO<sub>2</sub>, VOC, fuktighet, temperatur, trykk og luftmengder.

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

Vi synes dette er et spennende og viktig tema.

Vi savner den doble kryssveksleren som et alternativ på spørsmål 6.

I tillegg så er det kanskje flere fordeler og ulemper mellom sentralisert og desentralisert anlegg som ikke kommer ordentlig frem. Se tabell under for noen av dem.

**Sentrale anlegg**

Fordeler:

- Billigst ved større anlegg (mange boenheter)
- Enkelt med tanke på service, både arbeidstid og materialer
- Ingen behov for brukerbetjening
- Enkel overvåkning av ventilasjonsanlegg
- Sentral betaling for energi
- Bransjen har stor erfaring
- Redusert sjaktareal - flere m<sup>2</sup> primærrom for salg

Barrierer:

- Teknisk rom, plass på tak eller i kjeller
- Kanskje større energiforbruk
- Aggregatet på taket, loftsrom, takhus
- VAV-løsning kan medføre omkostninger
- Alle får samme innblåsningstemperatur
- Brann og røyksikring er fordyrende

**Desentrale anlegg**

Fordeler:

- Billigst ved små anlegg (få boenheter)
- Brukerinnflytelse = tilfredshet
- Desentral betaling av energi
- Intet aggregat på tak, kjeller, eller loft
- Enkel teknologi

Barrierer:

- Service - hyppig adgang til leiligheten (filterskift)
- Opptar boligareal/primærrom
- Avising og for-/ettervarmeplate i bolig
- Dyr/vanskelig overvåkning
- Stor risiko for støy fra aggregatet
- Individuelt tilluft og avkast over tak
- Brannisolering av avkastkanal
- Store sjakter som stjeler primærrom oppover i etasjene. (Husk at kvadratmeterprisen øker oppover i bygget).

## Besvarelse kandidat 15

### Spørsmål om foretrukket alternativ

#### Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?

For 5-6 år siden gikk vi bort fra den sentraliserte løsningen i stort sett alle prosjekter. Årsaken var at det gikk på areal. Sentrale løsninger tar mer areal både til sjakter og teknisk rom.

Man ønsker mer lokal styring.

I våre egne boligprosjekter foretrekkes desentralisert.

For et par år siden gikk vi over til alternativ 8.

Vi bruker kjøkkenhetter og kullfilterløsninger som er testet og godkjent og har dokumentasjon sammen. Krav til at kjøkkenhettene tar bort lukt mer enn 90-92%.

Sentrale løsninger de siste årene har vært brukt i prosjekter for andre byggherrer. Da er det deres ønsker som styrer valg av løsning.

(Vi kan ha ulik rolle i ulike prosjekter. I noen prosjekter er vi entreprenør og i andre er vi byggherre.)

Svarene under gjelder for prosjekter hvor vi er i rollen som byggherre.

#### Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?

Desentralt med resirkulerende kjøkkenhette i ca. 100% av egne prosjekter (alternativ 8)

#### Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?

Har ingen boligprosjekter som er innflyttet i dag med løsningen. Men alle prosjekter vi har i dag planlegges slik. Har ikke egen kundehistorie enda.

Løsningen brukes også mye i Sverige. Vi har vært på befaringer og hørt om kundetilbakemeldinger derfra.

Tilbakemeldingene er gode.

Første prosjektet vi har er i gang med overlevering. Vi er spent på tilbakemeldinger.

#### Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?

Fleksibilitet ift. løsninger med fritthengende kjøkkenhetter. Slipper å føre kanal frem til kjøkkenheten. Friere plassering av platetopp. Plassering av kjøkkenøyer er fleksibelt.

(Ved de tidligere brukte sentrale løsningene ble det mye innkassinger ifm. kjøkkenøyer.)

Energiavdelingen har omfavnet løsningen. Hvorfor blåse varmen fra kjøkkenheten rett over tak.

Vi har ikke turt å gjenvinne varmen fra kjøkkenavtrekk via aggregatet (i tidligere prosjekter med andre kjøkkenhetteløsninger, pga. roterende gjenvinner).

Denne energien tas ikke med i noen beregninger. Dette er litt dumt. Har ikke fått energiavdelingen til å gi tall på hvor mye energi det er snakk om.

Desentral sparer plass i sjakt.

#### Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?

Hovedprinsipp er avkast over tak. Noen ganger samles avkast i sjakt. Noen ganger føres separate kanaler for avkast over tak.

Noen prosjekter med kombirist i fasade.

Krav i BREEAM er 10 m mellom inntak og avkast. Har man avkast i fasade må man gjøre simulering for å sjekke om luft man kortslutte mellom leiligheter. Denne simuleringen er kostbar. Evt. droppe dette poenget.

Rådgiverne sier at det skal mye til for at luften blandes mellom leiligheter.

#### Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?

Roterende

#### Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?

Ja. Dette blir dimensjonerende for luftmengden. Usikker på om det er summen av kjøkken og bad eller en av dem vi dimensjonerer for.

#### Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?

Har avtrekksventil på kjøkkenet, selv om det er resirkulerende hette, for å ta fukten.

Mulig løsning 1:

Aggregatet kan leveres med fuktføler. Registreres fukt i aggregatet (fra bad eller kjøkken) økes luftmengde på tilluft og avtrekk. Energiavdelingen mener ikke denne er god nok, usikker på hvorfor. Kanskje at den slår ut for ofte/ aht. energi.

Mulig løsning 2:

Manuelt. Forseringsbryter på panelet, som skrues på når man skal dusje. Stort sett denne løsningen som brukes.

Forseres både på bad og kjøkken.



**Spørsmål om sentrale løsninger****Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Ikke relevant

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Ikke relevant

**Spørsmål om desentrale løsninger****Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**

Typisk i bod.

Tenker/ønsker alltid vegghengt - lettere tilkomst ifm. bytte av filter. At det er lagt til rette for at det er lett for beboerne å gjøre er viktig.

Vi har ikke mye prosjekter med himlingsløsning.

Utfordring med nye forskrifter at ikke alle leiligheter har bod. Da lager man ofte nisje/kott i endre, så aggregatet blir vegghengt.

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**

Nei, det er ikke vanlig.

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

Det er ikke tradisjonelt kullfilter som brukes!

At kjøkken og kullfilter er testet og dokumentert sammen, og oppfyller krav til oppfangning av lukt. Det er hovedpremiss for løsningen at dette følges.

Vi krever test sertifikat som underlag for omluftshettene. Testen skal utføres med angitt produkt og filter. "Good" strekker seg fra 80%-94,9% effektivitet (litt stor margin, så vi ber gjerne om underlag på sertifikatet også for riktig effekt).

Veldig spennende oppgave du skriver, midt i blinken for oss å følge, sammen med Urban Ventilation prosjektet til SINTEF.

## Besvarelse kandidat 16

## Spørsmål om foretrukket alternativ

**Spørsmål 1: Hvilken av de 8 alternative løsningene foretrekker dere/hvilken løsning er vanligst?**

Anbefaler desentraliserte løsninger.

Anbefaler alternativ 5, 6 eller 7, avhengig av prosjektet.

(Vi leverer både sentrale og desentrale løsninger, men løsningene vi selv prosjekterer er desentrale).

**Spørsmål 2: I ca. hvor stor andel av deres boligprosjekter brukes denne løsningen?**

Løsningene vi selv prosjekterer er desentrale.

Om det er alternativ 5, 6 eller 7 avhenger av bygningen og kundens ønsker.

**Spørsmål 3: Har dere noen eksempler på ferdige boligprosjekter med denne løsningen?****Spørsmål 4: Hva er hovedfordelene som gjør at denne løsningen velges?**

Anbefaler desentraliserte løsninger.

Årsak: da har man større mulighet for å regulere og forsere hver enkelt leilighet mht. luftmengde og temperatur. Man har ikke samme frihet i sentral løsning. Unngår utfordringer med lyd og luktoverføring mellom boenheter. Enklere å ivareta brannkrav aht. føringer gjennom bygningskonstruksjoner.

Alternativ 5:

I 2-3 etasjes bygg er alternativ 5 vanlig. Fortrinnsvis føres kjøkkenavtrekk over tak. Evt. ut i fasade.

Alternativ 6:

Er fordel i høye bygg.

Alternativ 7:

Vi leverer kun aggregat med roterende veksler. Aggregatet har egen by-pass kobling, kjøkkenavtrekk føres utenom gjenvinner.

Fordelen ved dette alternativet er at det kun er 1 avkastkanal.

Mest brukte løsningen i prosjektene vi prosjekterer.

Alternativ 8 (anbefales ikke):

Fordel aht. energi. Uenighet i bransjen om løsningen ivaretar TEK. Vi mener forskriften sier at avtrekk skal føres ut av bygningen. Vi har forståelse for at det er rom for tolkning av TEK. Vil ikke si det er i strid med forskriftene, men vil ikke anbefale en sånn løsning.

**Spørsmål 5: Er det noen forskjell mellom illustrasjonen og måten dere typisk planlegger en slik løsning?**

Kjøkkenavtrekk fortrinnsvis over tak i alternativ 6.

Generelt anbefales avkast over tak (alternativ 5, 6 og 7) for å redusere fare for støy (lydnivå på balkonger eller oppholdsrom/soverom i nærheten).

I alternativ 7 er det separat føring for kjøkkenavtrekk frem til aggregat for by-pass av gjenvinner.

**Spørsmål 6: Hvilken type varmegjenvinner brukes?**

Roterende

**Spørsmål 7: Tas det hensyn til forsering av kjøkken/bad ved prosjektering av kapasitet for kanaler/aggregat?**

Kjøkken:

Forsering forutsettes tatt via kjøkkenventilator. Avtrekksventil i kjøkken tar kun grunnventilasjon.

Aggregat tas ut for grunnventilasjon og 20% ekstra kapasitet til forsering av bad. Vurderer den forserte luftmengden aht. størrelse på badet og fuktbelastning.

Er badet stort (f.eks. 20 m<sup>2</sup>) oppnås 108 m<sup>3</sup>/h iht. VTEK.

Er badet lite (f.eks. 5 m<sup>2</sup>) ser vi ikke behov for 108 m<sup>3</sup>/h forsering.

Antar ikke samtidig forsering av kjøkken og bad.

**Spørsmål 8: Hvilken løsning for erstatningsluft brukes ifm. forsering av kjøkken/bad?**

Litt opp til kunden og avhengig av løsningen de ønsker.

Ved kjøkkenhette i by-pass (alternativ 7):

Aggregatet ivaretar balansen.

Ved kjøkkenventilator med motor (alternativ 5 og 6):

Det må tilføres friskluft. En mulig løsning er trykkvakt som gir signal til aggregatet om at avtrekksvifte skal reduseres og tilluftsvifte skal økes. Ikke alltid aggregat har tilstrekkelig kapasitet, f.eks. ved designhetter med kapasitet på 700-800 m<sup>3</sup>/h. anbefaler heller hetter med bedre oppfangingssevne, som er effektive selv ved lave luftmengder. Ønsker kunden designhetter må de informeres om at de må tilføre friskluft med f.eks. vindu/ventil. Dette har ulemper med trekk, lydnivå og kvalitet på uteluft (ufiltrert). Opp til kunden om de ønsker løsning med trykkvakt. Fravalg av dette går på bekostning av energibruk.

**Spørsmål om sentrale løsninger****Spørsmål 9: Plasseres aggregat typisk på tak eller i kjeller?**

Ikke relevant

**Spørsmål 10: Bruker dere tiltak for å unngå at matlukt eller tobakksrøyk kan spres mellom leiligheter via ventilasjonsanlegget?**

Ikke relevant

**Spørsmål om desentrale løsninger****Spørsmål 11: Plasseres aggregat typisk i bod eller monteres aggregat typisk i himling?**

Klar anbefaling:

Aggregat i bod eller teknisk rom. Aht. lydnivå mot oppholdsrom.

Noen leiligheter har ikke bod:

Himlingsaggregater eller kjøkkenaggregater (aggregater med integrert kjøkkenhette plasseres i kjøkkeninnredningen). Begrensning på luftmengden ift. lydnivå (ofte felles kjøkken og stue).

**Spørsmål 12: Hvor vanlig er DCV/VAV i boligprosjekter med denne ventilasjonsløsningen?**

Nei, det er ikke noe vi prosjekterer. Derfor vi anbefaler desentralisert løsning. For å slippe å ha dette.

Slippe service og vedlikehold av spjeld.

Spjeld i boenhet er vedlikeholdspunkt i sentrale løsninger.

**Evt. kommentarer/tillegg til spørreundersøkelsen**

## B.4 Samtale med brannrådgiver

### Beskrivelse av løsninger til brannrådgiver

#### Introduksjon

I prosjektet undersøkes 8 alternative ventilasjonsløsninger i et leilighetsbygg. Forskjellen mellom løsningene er om de er med fellesaggregat eller individuelle leilighetsaggregater, samt hvordan kjøkkenavtrekk løses (4 alternativer).

#### Overordnet spørsmål til brannrådgiver

Hvilke brannsikringstiltak synes du er fornuftig å anta for de forskjellige ventilasjonsløsningene?

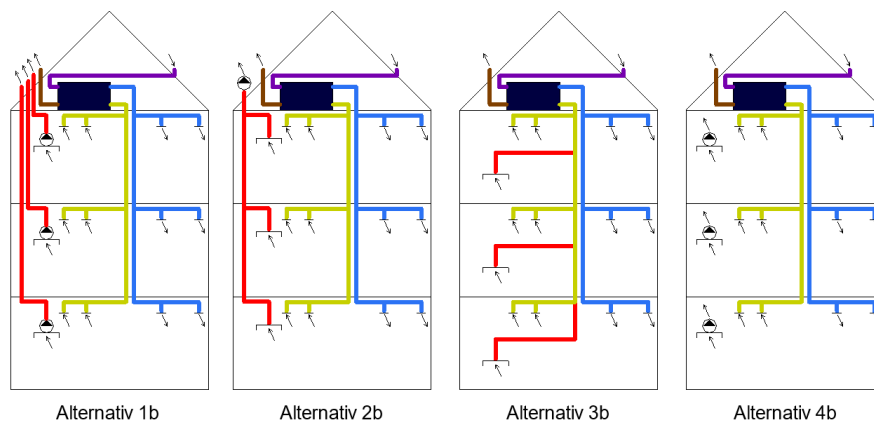
#### Forutsetninger for løsninger

Både preaksepterte løsninger og fraviksløsninger kan være aktuelt å diskutere. For alle løsninger antas det i oppgaven felles sjakt for alle kanaler til tak (også felles med rør for vann og avløp).

#### Fargekoder for figurer

**Rød**=Kjøkkenavtrekk, **Gul**=Generelt avtrekk, **Blå**=Tilluft, **Lilla**=Inntak, **Brun**=Avkast.

#### Sentrale løsninger



#### Alternativ 1

- Kanaler fra kjøkkenavtrekk føres separat fra hver enkelt leilighet til tak
- Tilluft og avtrekk dekker flere leiligheter

#### Alternativ 2

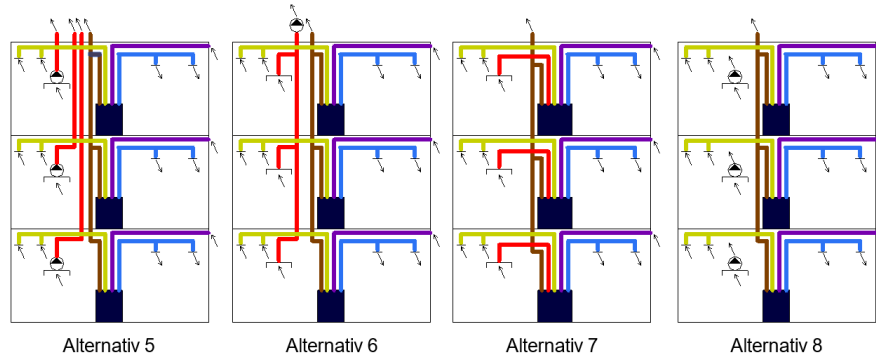
- Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak
- Tilluft og avtrekk dekker flere leiligheter

#### Alternativ 3

- Kjøkkenavtrekk kobles til øvrig avtrekk fra leilighetene i sjakt og går via aggregat
- Tilluft og avtrekk dekker flere leiligheter

## Alternativ 4

- Det brukes resirkulerende kjøkkenhetter
- Tilluft og avtrekk dekker flere leiligheter

Desentrale løsninger

## Alternativ 5

- Kanaler fra kjøkkenavtrekk føres separat fra hver enkelt leilighet til tak
- Avkast samles fra flere leiligheter og føres over tak

## Alternativ 6

- Kjøkkenavtrekk fra flere leiligheter samles i en felles kanal til tak
- Avkast samles fra flere leiligheter og føres over tak

## Alternativ 7

- Kjøkkenavtrekk føres i egen kanal frem til aggregat
- Avkast samles fra flere leiligheter og føres over tak

## Alternativ 8

- Det brukes resirkulerende kjøkkenhetter
- Avkast samles fra flere leiligheter og føres over tak

## Brannrådgivers kommentarer til løsninger før samtale

### Generelt

Med felles sjakt så forutsetter jeg at dette er en lukket sjakt med brannmotstand på sjaktvegger.

### Alternativ 1

#### Kjøkkenavtrekk

- Avtrekkskanal fra kjøkken utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A 15] helt frem til sjakt. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.

#### Tilluft og avtrekk

- TEK/VTEK angir ikke ytelser for detaljprosjektering av ventilasjonsanlegg. Ansvaret for utførelse legges dermed på RIV. RIV må utføre ventilasjonsanlegget slik at:
  1. Det ikke bidrar til brann- eller røykspredning i byggverket via kanalnett,et,
  2. på grunn av utettheter ved gjennomføringer i brannskillende bygningsdeler, eller
  3. på grunn av varmeledning i kanalgodset.
- Punkt 1 ivaretas normalt ved trekk-ut strategi (medfører som regel by-pass eller vurdering rundt dette) eller steng-inne strategi.
- Punkt 2 ivaretas normalt av branntetting rundt gjennomføring.
- Punkt 3 ivaretas normalt av brannisolering iht. NS-EN 1366 (avtrekkskanal fullisoleres, mens tilluftskanal brannisoleres i kortere lengder på hver side av brannskillet). Unnlattelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

### Alternativ 2

#### Kjøkkenavtrekk

- Avtrekkskanal fra kjøkken utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A 15] helt frem til sjakt. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.

#### Tilluft og avtrekk

- TEK/VTEK angir ikke ytelser for detaljprosjektering av ventilasjonsanlegg. Ansvaret for utførelse legges dermed på RIV. RIV må utføre ventilasjonsanlegget slik at:
  1. Det ikke bidrar til brann- eller røykspredning i byggverket via kanalnett,et,
  2. på grunn av utettheter ved gjennomføringer i brannskillende bygningsdeler, eller
  3. på grunn av varmeledning i kanalgodset.
- Punkt 1 ivaretas normalt ved trekk-ut strategi (medfører som regel by-pass eller vurdering rundt dette) eller steng-inne strategi.
- Punkt 2 ivaretas normalt av branntetting rundt gjennomføring.

- Punkt 3 ivaretas normalt av brannisolering iht. NS-EN 1366 (avtrekkskanal fullisoleres, mens tilluftskanal brannisoleres i kortere lengder på hver side av brannskillet). Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

### Alternativ 3

#### Kjøkkenavtrekk

- Avtrekkskanal fra kjøkken utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A 15] helt frem til sjakt. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.
- TEK17/VTEK17 krever nå at avtrekkskanal fra kjøkken føres i egen kanal på grunn av fettavsetning fra matos. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.

#### Tilluft og avtrekk

- TEK/VTEK angir ikke ytelser for detaljprosjektering av ventilasjonsanlegg. Ansvaret for utførelse legges dermed på RIV. RIV må utføre ventilasjonsanlegget slik at:
  1. Det ikke bidrar til brann- eller røykspredning i byggverket via kanalnettets,
  2. på grunn av utettheter ved gjennomføringer i brannskillende bygningsdeler, eller
  3. på grunn av varmeledning i kanalgodset.
- Punkt 1 ivaretas normalt ved trekk-ut strategi (medfører som regel by-pass eller vurdering rundt dette) eller steng-inne strategi.
- Punkt 2 ivaretas normalt av branntetting rundt gjennomføring.
- Punkt 3 ivaretas normalt av brannisolering iht. NS-EN 1366 (avtrekkskanal fullisoleres, mens tilluftskanal brannisoleres i kortere lengder på hver side av brannskillet). Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

### Alternativ 4

#### Kjøkkenavtrekk

- Litt usikker på hva som legges i dette?

#### Tilluft og avtrekk

- TEK/VTEK angir ikke ytelser for detaljprosjektering av ventilasjonsanlegg. Ansvaret for utførelse legges dermed på RIV. RIV må utføre ventilasjonsanlegget slik at:
  1. Det ikke bidrar til brann- eller røykspredning i byggverket via kanalnettets,
  2. på grunn av utettheter ved gjennomføringer i brannskillende bygningsdeler, eller
  3. på grunn av varmeledning i kanalgodset.
- Punkt 1 ivaretas normalt ved trekk-ut strategi (medfører som regel by-pass eller vurdering rundt dette) eller steng-inne strategi.
- Punkt 2 ivaretas normalt av branntetting rundt gjennomføring.

- Punkt 3 ivaretas normalt av brannisolering iht. NS-EN 1366 (avtrekkskanal fullisoleres, mens tilluftskanal brannisoleres i kortere lengder på hver side av brannskillet). Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

#### Alternativ 5

##### Kjøkkenavtrekk

- Avtrekkskanal fra kjøkken utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A 15] helt frem til sjakt. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.

##### Avkast

- I prinsipp samme krav som alternativ 1-3. Tenker da det er fornuftig med brannisolering av avtrekkskanal fra aggregat. Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

#### Alternativ 6

##### Kjøkkenavtrekk

- Avtrekkskanal fra kjøkken utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A 15] helt frem til sjakt. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.

##### Avkast

- I prinsipp samme krav som alternativ 1-3. Tenker da det er fornuftig med brannisolering av avtrekkskanal fra aggregat. Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

#### Alternativ 7

##### Kjøkkenavtrekk

- Avtrekkskanal fra kjøkken utføres med brannmotstand EI 15 A2-s1,d0 [A 15] helt frem til sjakt. Dette gjelder i prinsippet da også fra aggregat og videre frem til sjakt. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik.
- TEK17/VTEK17 krever nå at avtrekkskanal fra kjøkken føres i egen kanal på grunn av fettavsetning fra matos. Evt. avvik fra dette må behandles som fravik. Problemstillingen her vil være hvor mye fettavsetning som kan spres gjennom aggregatet.

##### Avkast

- I prinsipp samme krav som alternativ 1-3. Tenker da det er fornuftig med brannisolering av avtrekkskanal fra aggregat. Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.

#### Alternativ 8

##### Kjøkkenavtrekk

- Litt usikker på hva som legges i dette?

##### Avkast

- I prinsipp samme krav som alternativ 1-3. Tenker da det er fornuftig med brannisolering av avtrekkskanal fra aggregat. Unnlatelse av brannisolering gjøres ofte ifm. sprinklede bygg. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse.



## Referat fra samtale med brannrådgiver

### Overordnet spørsmål

Hva er forskjellen på en løsning som anses som fravik og en løsning som krever analyse?

- Det er et fravik hvis man ikke tilfredsstiller preakseptert ytelse i VTEK. Et fravik er brannrådgiverens ansvarsområde. Løsningen må dokumenteres. Løsningen må gjennom en uavhengig kontroll.
- Hvis VTEK ikke angir en detaljert beskrivelse, må man følge et SINTEF Byggforsk blad eller en prosjekteringsstandard. En løsning som avviker fra prosjekteringsstandard krever analyse. En analyse gjøres på vegne av RIV, men brannrådgiver har ikke offisielt ansvar. Man må ikke gjennom uavhengig kontroll av løsningen, men RIV må gå god for det. (RIV har ansvar. RIBr bidrar.)

### Spørsmål ifm. krav til isolering av avtrekkskanal fra kjøkken frem til sjakt

Har det noen betydning om avtrekkskanalene fra kjøkken føres separat eller samles i sjakt?

- Gjelder uansett om det samles i sjakt eller ikke.
- Det må ikke være brannisolering for å oppnå EI 15. Det kan også løses med gipsinnkassing.

Er det vanlig å velge en løsning som avviker fra dette kravet?

- Veldig vanlig i prosjektene våre å gjøre fraviksvurderingen i stedet for brannisolering. Vi forutsetter for løsningen en sikkerhetsavstand til brennbart materiale på 30 mm. Vi har hatt en bachelor oppgave på problemstillingen. Usikker på hvordan andre firmaer pleier å gjøre det. Er nok ikke det vanligste fraviket i bransjen.

Hva vil det si at en løsning må behandles som fravik?

- Fravik = hvis man ikke tilfredsstiller VTEK. Er brannrådgiverens ansvarsområde. Løsningen må dokumenteres. Løsningen må gjennom uavhengig kontroll.

### Spørsmål ifm. krav tilluft og avtrekk i sentrale løsninger/avkast i desentrale løsninger

Hva er vanligst eller best: trekk-ut eller steng-inne strategi?

- Trekk-ut strategi er nok vanligst i de fleste bygg. I boligbygg er hver leilighet en egen branncelle. Velges steng-inne strategi fås brannspjeld overalt. Mange brannspjeld vil innebære en høy kostnad.
- Steng inne strategi er mer aktuell/brukes mer i eksisterende bygg.
- Anslår at ca. 90 % av nye boligbygg jeg har vært borti har hatt trekk-ut strategi.

Hvilke tiltak vil steng-inne strategi innebære?

- Brannspjeld.

Hvilke tiltak vil trekk-ut strategi innebære?

- Ved trekk-ut strategi må anlegget beholde sin funksjon i 30 min i brannklasse 1 bygg og 60 min i brannklasse 2 og 3 bygg. (Brannklasse avhenger av antall etasjer og type bygg - finnes i TEK. Et 7 etasjers boligbygg vil være brannklasse 3).
- Ved valg av trekk-ut strategi må man vurdere behov for by-pass (RIV ansvar, bistand fra brannrådgiver).
- Ved valg av trekk-ut strategi må det enten være by-pass eller dokumentasjon for at det kan holde i 60 min. Noen ganger gjøres en vurdering av behov for by-pass. Ofte velges by-pass fordi man ikke vet hvordan man skal beregne.
- By-pass krever vifte dimensjonert for branngasser + spjeld for å stenge av mot anlegget.

Hva vil det si at forholdet må dokumenteres vha. analyse?

- VTEK angir ikke en detaljert beskrivelse. Man må da følge et SINTEF byggforsk blad eller en prosjekteringsstandard (i dette tilfellet NS-EN 1366). Følger man ikke NS-EN 1366 vil det være et avvik fra prosjekteringsstandard. Forholdet må da dokumenteres vha. analyse. Gjøres på vegne av RIV. Brannrådgiver har ikke offisielt ansvar. Må ikke gjennom uavhengig kontroll. RIV må gå god for det. RIV har ansvar. RIBr bidrar.

Hvor vanlig er sprinkleranlegg i leilighetsbygg?

- TEK10 eller TEK17 bygg er som regel sprinklet. Boligbygg hvor det er krav til heis har krav til slokkeanlegg. Dette vil ofte gjelde bygg over 3 etasjer.

Hvor vanlig er det å unnvære brannisolasjon og i stedet dokumentere med analyse?

- Å unnvære brannisolasjon og i stedet gjøre analyse er nok vanlig i bransjen.

Vil kostnaden for analyse være ca. den samme for de forskjellige analysene?

- Kostnaden for analyse er nok ganske lik for alle bygg.

### Spørsmål til alternativ 3

Hva vil et fravik fra krav i TEK om egen avtrekkskanal fra kjøkken innebære?

- Ift. brann er det noen ting som har blitt strengere i TEK17 sammenlignet med TEK10. Denne preaksepterte ytelsen er ny i TEK17.
- Fraviksvurderingen er derfor også ny i bransjen. Man må ha en rådgiver som er villig til å gjøre denne. Er ikke sikkert det er så mange som har erfaring med å gjennomføre denne fraviksvurderingen. Er derfor ikke sikkert at alle er villig til å gjennomføre den.
- Hvis det i stedet var en egen kanal for kjøkkenavtrekk i sjakt frem til aggregat på tak vil det ikke være fravik.

- Hvis brannrådgiver ikke godtar fraviket, må kjøkkenavtrekk føres i egen kanal til tak.

#### Spørsmål til alternativ 7

Hva vil et fravik fra krav i TEK om egen avtrekkskanal fra kjøkken innebære?

- Dette kravet er nytt i TEK17. Er ikke sikkert alle har fått med seg denne. (Ift. intervjuer om hvilke løsninger som er vanlige, er det usikkert hvor mange bygg som er bygget etter hhv. TEK10 og TEK17).
- Alternativ 7 er et fravik. Bør være egen kanal for kjøkkenavtrekk for å oppfylle VTEK. Preakseptert ytelse dekker ikke denne løsningen.
- Som jeg forstår TEK bør det være 2 avkastkanaler: en for kjøkkenavtrekk og en for øvrig avtrekk. Ønsker ikke å samle generelt avtrekk og avtrekk fra kjøkken pga. matos og fett.
- Spørsmål om det er risiko for at kjøkkenavtrekk spres via aggregatet til øvrig avtrekk eller til andre leiligheter via avkast.
- Analyse krever koordinering mellom RIV og brannrådgiver. Må vurdere om det er fare for spredning av brann og røyk. Er det fare for brann- og røykspredning kan man ikke gjennomføre fraviket.

## C Vedlegg energisimuleringer

### C.1 Multipliseringsfaktor

Bygningsmodellen oppbygges av 12 forskjellige typer leiligheter. Forskjellen mellom de 12 leilighetstypene er deres orientering og hvilken etasje de ligger på. For å simulere alle de 49 leilighetene i casebygningen benyttes sonemultipliseringsfunksjonen i IDA ICE. Antatt multipliseringsfaktor for de ulike leilighetstypene kan ses i tabell 48 under. Plan 1 representerer en etasje mot grunn, plan 2 representerer en etasje midt i bygningen, mens plan 3 representerer bygningens toppetasje.

Tabell 48: Multipliseringsfaktor for leiligheter i simulering modeller

Leilighets etasje	Leilighets orientering	Antall leiligheter
Plan 1	Nord	2
Plan 1	Vest	1
Plan 1	Sør	3
Plan 1	Øst	1
Plan 2	Nord	10
Plan 2	Vest	5
Plan 2	Sør	15
Plan 2	Øst	5
Plan 3	Nord	2
Plan 3	Vest	1
Plan 3	Sør	3
Plan 3	Øst	1

## C.2 Generelle forutsetninger

### Bygningsfysikk

I simuleringene antas konstruksjonsoppbygninger slik at de bygningsfysiske parameterne tilsvarer kravene i listen over energiltak for boligblokker i TEK17 § 14-2(2) [8]. I tabell 49 ses både krav og verdier som er antatt i simuleringene.

Tabell 49: Bygningsfysiske parametre

Konstruksjon	Enhet	§ 14-2(2)	Antatt
U-verdi yttervegg	$W/m^2K$	$\leq 0,18$	0,18
U-verdi tak	$W/m^2K$	$\leq 0,13$	0,13
U-verdi gulv	$W/m^2K$	$\leq 0,10$	0,10
U-verdi vinduer og dører	$W/m^2K$	$\leq 0,80$	0,74
Lekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell	$h^{-1}$	$\leq 0,6$	0,5

### Romdimensjoner

I tabell 50 ses hvilke dimensjoner som er antatt i simuleringene for de forskjellige rommene i en leilighet. Det er antatt en typisk romhøyde på 2,4 m som tilsvarer minimumskravet i TEK17 § 12-7(2) [8].

Tabell 50: Romarealer

Rom	Enhet	Areal
Bad	$m^2$	5,20
Sjakt	$m^2$	1,32
Soverom A	$m^2$	11,40
Soverom B	$m^2$	7,95
Stue/kjøkken	$m^2$	28,00
Entré	$m^2$	10,42
Bod	$m^2$	3,05

### Vinduer

I tabell 51 ses antatte dimensjoner av vinduer i leiligheten. Samlet areal av vinduer utgjør 16,3 % av oppvarmet BRA i en leilighet. Dermed overholdes kravet i tiltakslista i TEK17 § 14-2(2) til at andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA ikke skal overstige 25 % [8]. Idet det forutsettes en lysttransmittans på 80 % er det dessuten kontrollert at kjøkken/stue og soverom overholder preakseptert ytelse 1b for krav til dagslys i henhold til TEK17 § 13-7(2) [8].

Tabell 51: Vindusdimensjoner

Vindue	Høyde	Bredde	Areal
	$m$	$m$	$m^2$
Soverom A	1,2	1,6	1,92
Soverom B	1,2	0,9	1,08
Soverom B	1,2	1,4	1,68
Kjøkken/stue	2,1	3,2	6,72

### Internlaster

For interne varmebelastninger fra personer, utstyr og belysning samt energiforbruk til varmt tappevann tas det utgangspunkt i verdier oppgitt for en normert beregning av boligblokker i SN-NSPEK 3031 [78].

### Personer

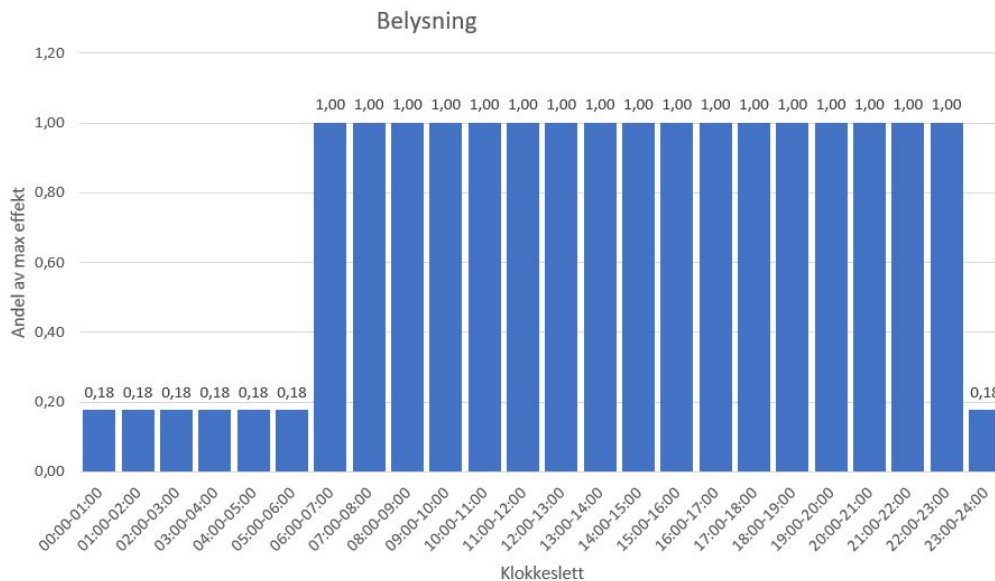
Tabell A.5 i SN-NSPEK 3031 angir et varmetilskudd fra personer for boligblokker på  $1,5 Wh/m^2$  for alle timer i løpet av et driftsdøgn [78]. I IDA ICE må varmebelastning fra personer oppgis som antall personer som oppholder seg i sonen. Idet caseleiligheten er  $69 m^2$ , kan dette omregnes til en kontinuerlig effekt på ca. 100 W, som tilsvarer varmeavgivelsen fra én person. Det antas derfor i simuleringene at det er én person i leiligheten. Statistikk fra Statistisk sentralbyrå viser at nordmenn i gjennomsnitt sover ca. 8 timer per døgn [122]. Det antas dermed at personen oppholder seg i sonen for stue/kjøkken i timene mellom klokken 07:00 og 23:00. I de resterende timene antas det at personen oppholder seg i sonen for soverom A.

### Belysning

Tabell A.6 i SN-NSPEK 3031 angir energi til belysning i  $Wh/m^2$  per time for et driftsdøgn for boligblokker [78]. For belysning skal det, i henhold til tabell A.6 i standarden, antas at 100 % av dette effektbehovet vil tilføres sonen som varme. På bakgrunn av verdiene i tabellen og rommenes areal er det beregnet hvilken effekt som maksimalt vil tilføres de forskjellige rommene i leiligheten. Denne effekten kan ses i tabell 52. Dessuten er det basert på tabell A.6 laget en tidsstyring for hvor stor andel av effekten som vil tilføres rommene i hver time i løpet av et døgn. Tidsstyringen er illustrert på figur 52.

Tabell 52: Varmetilskudd fra belysning

Rom	Effekt
	W
Bad	8,8
Sov A	19,4
Sov B	13,5
Stue/kjøkken	47,6
Entre	17,7
Bod	5,2



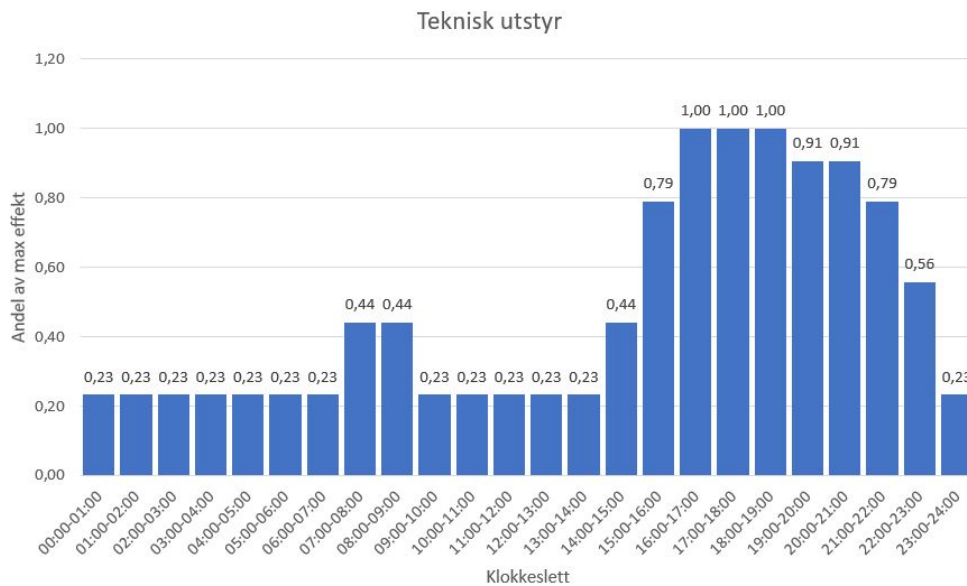
Figur 52: Varmetilskudd fra belysning

### Utstyr

Tabell A.3 i SN-NSPEK 3031 angir energi til teknisk utstyr i  $Wh/m^2$  per time for et driftsdøgn for boligblokker [78]. For utstyr skal det, i henhold til tabell A.6 i standarden, antas at 60 % av dette effektbehovet vil tilføres sonen som varme. På bakgrunn av verdiene i tabellen og rommenes areal er det beregnet hvilken effekt som maksimalt vil tilføres de forskjellige rommene i leiligheten. Denne effekten kan ses i tabell 53. Dessuten er det basert på tabell A.3 laget en tidsstyring for hvor stor andel av effekten som vil tilføres rommene i hver time i løpet av et døgn. Tidsstyringen er illustrert på figur 53.

Tabell 53: Varmetilskudd fra teknisk utstyr

Rom	Effekt
	W
Bad	13,4
Sov A	29,4
Sov B	20,5
Stue/kjøkken	72,2
Entre	26,9
Bod	7,9



Figur 53: Varmetilskudd fra teknisk utstyr

### Tappevann

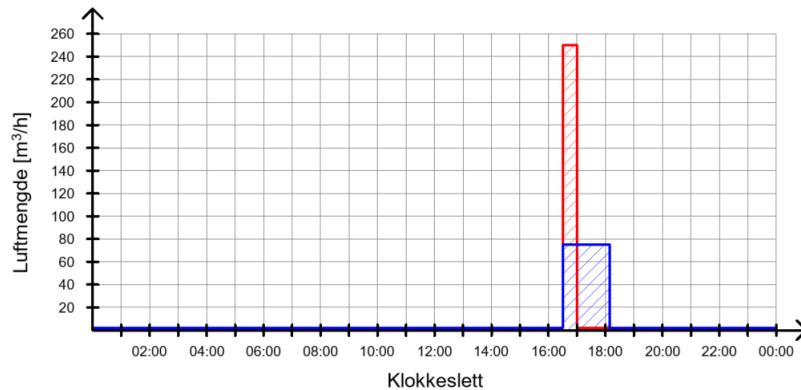
Tabell A.2 i SN-NSPEK 3031 angir et energibehov til oppvarming av varmt tappevann på  $68,7 \text{ Wh/m}^2$  per døgn for boligblokker [78]. For tappevann skal det, i henhold til tabell A.6 i standarden, antas at 0 % av dette effektbehovet vil tilføres sonen som varme. I IDA ICE er det begrensninger for hvilken enhet dette energibehovet kan oppgis. Én av valgmulighetene er å oppgi energibehovet til varmtvann som  $\text{kWh/m}^2$  per år. Idet det forutsettes 365 dager i løpet av et år, omregnes energibehovet til  $25,1 \text{ kWh/m}^2$  per år.



### C.3 Forutsetninger ventilasjon

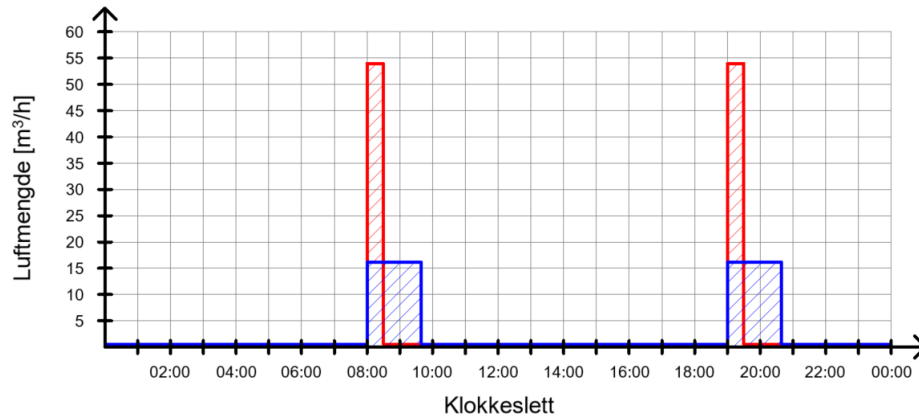
#### Forenklet tidsstyring

Den blå kurven på figur 54 representerer den forenklete tidsstyringen som benyttes i simuleringene dersom det kun er kjøkkenhettene som forserer idet det tas hensyn til samtidighet. Y-aksen på figuren viser den ekstra luftmengden ved forsering. Grunnventilasjonen vil dermed komme i tillegg til dette. Den røde kurven representerer forsering i én leilighet. Tidspunktet for forsering av kjøkkenhettene er valgt tilsvarende ettermiddagstoppen i en kurve fra Statistisk sentralbyrå over andel personer som i gjennomsnitt har brukt tid på matlagning i løpet av et døgn [97].



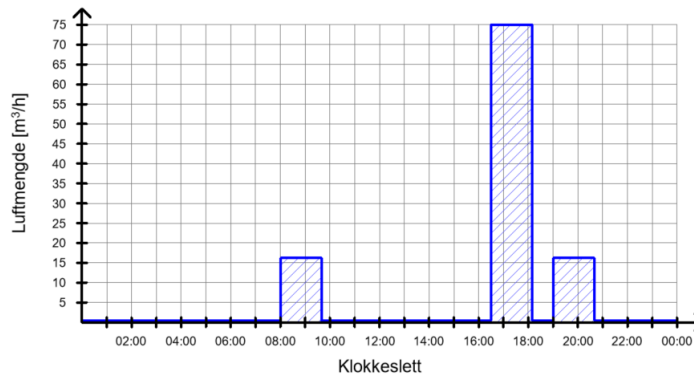
Figur 54: Tidstyring 1 - Forsering kjøkken

Den blå kurven på figur 55 representerer den forenklete tidsstyringen som benyttes i simuleringene dersom det kun er badene som forserer idet det tas hensyn til samtidighet. Y-aksen på figuren viser den ekstra luftmengden ved forsering. Grunnventilasjonen vil dermed komme i tillegg til dette. Den røde kurven representerer forsering i én leilighet. Tidspunktene for forsering av bad er valgt i henhold til kurven for boligblokker i figur A.1 i SN-NSPEK 3031, idet det antas at forbrukstoppene for varmtvann representerer når de to beboerne i en leilighet dusjer henholdsvis om morgenen og på kvelden [78].



Figur 55: Tidstyring 2 - Forsering bad

Den blå kurven på figur 56 representerer den forenklede tidsstyringen som benyttes i simuleringene dersom det både forseres på kjøkken og bad idet det tas hensyn til samtidighet. Y-aksen på figuren viser den ekstra luftmengden ved forsering. Grunnventilasjonen vil dermed komme i tillegg til dette. Kurven er laget ved å samle de to foregående figurene.



Figur 56: Tidstyring 3 - Forsering kjøkken og bad

Tabell 54 oppsummerer hvordan de forskjellige tidsstyringene brukes i de forskjellige simuleringmodellene. I samtlige simuleringer antas det at luftbalansen mellom tilluft og avtrekk skal ivaretas ved forsering. I alternativer hvor kjøkkenheten løses separat fra aggregat brukes det derfor en forskjellig tidsstyring for tilluftsvifte i aggregat, avtrekksvifte i aggregat og kjøkkenavtrekket. Den detaljerte tidsstyringen som benyttes i modell 3.4 er beskrevet i metodeavsnittet. I modell 3.5 antas det ingen forsering.

For resirkulerende kjøkkenhetter i modell 4 og 8 benyttes en justert versjon av tidsstyring 1. Resirkulerende kjøkkenhetter simuleres som et varmeelement hvor 100 % av kjøkkenhettens strømforbruk vil tilføres rommet som varme. Det antas at de resirkulerende i hver enkelt leilighet forserer i 30 minutter. Når det tas hensyn til en samtidighet på 30 %, må forsering av resirkulerende kjøkkenhetter tilsvarende som ved de andre løsningene ha en varighet på 1,67 timer. Effektbehovet ved forsering er antatt til 150 W som tilsvarer

tilkoblingseffekten til en kjøkkenhette som har en kapasitet ved omluftsdrift på  $295 \text{ m}^3/\text{h}$  [100]. Når det tas hensyn til samtidighet, omregnes denne effekten til 45 W. Tidsstyring 1 vil dermed justeres ved at y-aksen representerer kjøkkenhettens effektbehov og høyden av den blå kurven vil være 45 W.

Tabell 54: Oversikt over tidsstyringer i simuleringmodeller

Alternativ	Beskrivelse utforming	Modell	Beskrivelse modell	Tidsstyring
1	Sentral løsning Separat kjøkkenavtrekk fra hver leilighet til tak	1		Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 2 Kjøkkenhette: 1
2	Sentral løsning Kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak	2		Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 2 Separat avtrekksvifte: 1
3	Sentral løsning Kjøkkenavtrekk via aggregat	3.1	Motstrømsgjenvinner	Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 3
		3.2	Roterende gjenvinner	Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 3
		3.3	Mostrømsgjenvinner. Kun forsering bad	Tilluftsvifte aggregat: 2 Avtrekksvifte aggregat: 2
		3.4	Motstrømsgjenvinner. Detaljert scedule forsering	Detaljert tidsstyring
		3.5	Motstrømsgjenvinner. Kun grunnventilasjon	Ingen forsering
4	Sentral løsning Resirkulerende kjøkkenhetter	4		Tilluftsvifte aggregat: 2 Avtrekksvifte aggregat: 2 Resirkulerende kjøkkenhette: 1 (justert)
5	Desentral løsning Separat kjøkkenavtrekk fra hver leilighet til tak	5		Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 2 Kjøkkenhette: 1
6	Desentral løsning Kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter til tak	6		Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 2 Separat avtrekksvifte: 1
7	Desentral løsning Kjøkkenavtrekk via aggregat	7.1	Kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner.	Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 2 Separat avtrekksvifte: 1
		7.2	Kjøkkenavtrekk kobles på etter gjenvinner. Luftmengde iht. kandidat 16	Tilluftsvifte aggregat: 1 (justert) Avtrekksvifte aggregat: ingen forsering Separat avtrekksvifte: 1 (justert)
		7.3	Kjøkkenavtrekk kobles på før gjenvinner.	Tilluftsvifte aggregat: 3 Avtrekksvifte aggregat: 3
8	Desentral løsning Resirkulerende kjøkkenhetter	8		Tilluftsvifte aggregat: 2 Avtrekksvifte aggregat: 2 Resirkulerende kjøkkenhette: 1 (justert)

For modell 7.1 og 7.2 simuleres det med en ekstra avtrekksvifte, selv om løsningen i realiteten ikke vil ha dette. Dette gjøres for å etterligne en situasjon hvor kjøkkenavtrekket påkobles etter gjenvinneren i aggregatet. For å etterligne denne situasjonen i IDA ICE simuleres kjøkkenavtrekk som et separat avtrekksaggregat, med samme egenskaper for trykkfall og virkningsgrad for den separate viften som det antas for viftene i aggregatet.

For modell 7.2 antas det at aggregatet dimensjoneres for grunnventilasjon pluss 20 % ekstra kapasitet for forsering. Ved forsering av kjøkken vil kjøkkenhetten dermed låne luft

fra andre avtrekkspunkter og luftmengden fra aggregat leiligheten økes fra  $110 \text{ m}^3/\text{h}$  til  $132 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ved forsering av bad vil aggregatet ikke øke luftmengden. Når det tas hensyn til samtidighet, vil den ekstra luftmengden ved forsering kun være  $6,6 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tidsstyring 1 korrigeres derfor ved at høyden på den blå kurven kun er  $6,6 \text{ m}^3/\text{h}$ . For tilluftsviften vil grunnventilasjonen ved forsering komme i tillegg, slik at total luftmengde ved forsering blir  $116,6 \text{ m}^3/\text{h}$ . Fordi avtrekksviften i aggregatet hele tiden leverer grunnventilasjonen, vil den separate avtrekksviften ha en luftmengde på  $0 \text{ m}^3/\text{h}$  når kjøkkenheten ikke forserer.

### Simulering av aggregater, vifter og kjøkkenheter

I henhold til intervjukandidat 16 vil desentrale ventilasjonsaggregater typisk oppnå en SFP på ca.  $1,1 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  dersom avkastkanalen skal føres over tak og eksternt trykkfall vil være i området 70-90 Pa. I henhold til intervjukandidat 14 vil sentrale aggregater typisk oppnå en SFP på ca.  $1,47 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  og eksternt trykkfall vil være rundt 200 Pa. Det tas i beregningene utgangspunkt i grunnventilasjonen på  $110 \text{ m}^3/\text{h}$ . For alle de 49 leilighetene blir luftmengden for viftene i sentrale aggregater dermed  $5\,390 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Mindre vifter vil ha en lavere virkningsgrad enn større vifter. Virkningsgrader for viftene er vurdert ved hjelp av den beregnede vifteeffekten til henholdsvis 30 % for vifter i desentrale aggregater og 50 % for vifter i sentrale aggregater [123, s. 13].

Det antas at SFP er like stor for avtrekksviften og tilluftsviften.

$$SFP_{til} = SFP_{fra} = \frac{SFP_{tot}}{2}$$

For å beregne summen av vifteeffektene i aggregatet benyttes følgende formel.

$$\Sigma P_{tot} = SFP_{tot} \cdot V_{til}$$

Det antas at virkningsgraden er like stor for tilluft og avtrekksviften.

$$\eta_{til} = \eta_{fra} = \eta_{tot}$$

Totalt trykkfall for viftesystemet beregnes med følgende formel.

$$\Delta p_{tot,tot} = SFP_{tot} \cdot \eta_{tot}$$

Det antas at totalt trykkfall er like stort for tilluft og avtrekksviften. Det totale trykkfallet for hver av viftene kan dermed beregnes ved bruk av følgende formel.

$$\Delta p_{tot,til} = \Delta p_{tot,fra} \rightarrow \Delta p_{tot,til} = \frac{\Delta p_{tot,tot}}{2}$$

Tabell 55 viser resultatet av beregningen for desentrale aggregater.

Tabell 55: Vifter i desentrale aggregater

Total SFP	$SFP_{tot}$	1,1	$kW/(m^3/s)$
SFP tilluft	$SFP_{til}$	0,55	$kW/(m^3/s)$
SFP avtrekk	$SFP_{fra}$	0,55	$kW/(m^3/s)$
Luftmengde	$V_{til}$	110	$m^3/h$
Luftmengde	$V_{til}$	0,03	$m^3/s$
Summen av vifteeffekter	$\Sigma P_{tot}$	0,03	$kW$
Vifteeffekt tilluft	$P_{tot,til}$	0,02	$kW$
Virkningsgrad vifte	$\eta_{til}$	0,3	
Total virkningsgrad vifte	$\eta_{tot}$	0,3	
Totalt trykkfall	$\Delta P_{tot,tot}$	0,33	$kPa$
Totalt trykkfall	$\Delta P_{tot,tot}$	330	$Pa$
Totalt trykkfall tilluft	$\Delta P_{tot,til}$	165	$Pa$
Totalt trykkfall avtrekk	$\Delta P_{tot,fra}$	165	$Pa$

Tabell 56 viser resultatet av beregningen for sentrale aggregater.

Tabell 56: Vifter i sentrale aggregater

Total SFP	$SFP_{tot}$	1,47	$kW/(m^3/s)$
SFP tilluft	$SFP_{til}$	0,74	$kW/(m^3/s)$
SFP avtrekk	$SFP_{fra}$	0,74	$kW/(m^3/s)$
Luftmengde	$V_{til}$	5 390	$m^3/h$
Luftmengde	$V_{til}$	1,5	$m^3/s$
Summen av vifteeffekter	$\Sigma P_{tot}$	2,2	$kW$
Vifteeffekt tilluft	$P_{tot,til}$	1,1	$kW$
Virkningsgrad vifte	$\eta_{til}$	0,5	
Total virkningsgrad vifte	$\eta_{tot}$	0,5	
Totalt trykkfall	$\Delta P_{tot,tot}$	0,74	$kPa$
Totalt trykkfall	$\Delta P_{tot,tot}$	735	$Pa$
Totalt trykkfall tilluft	$\Delta P_{tot,til}$	368	$Pa$
Totalt trykkfall avtrekk	$\Delta P_{tot,fra}$	368	$Pa$

For den integrerte viften i kjøkkenheter i en løsning med separate avkast fra kjøkken til tak fra hver enkelt leilighet antas det at vifteeffekten er i samme størrelsesorden som effekten til viftene i desentrale aggregater. Tilsvarende antagelse gjøres for den separate avtrekksviften i løsninger hvor kjøkkenavtrekk føres fra flere leiligheter i en felles kanal til tak. Virkningsgraden for disse viftene forutsettes dermed å være 30 %.

For den integrerte viften i kjøkkenheten antas et trykkfall på 125 pascal, mens det for den separate avtrekksviften for kjøkkenheter forutsettes et trykkfall på 150 pascal. Disse trykkfallene er et overslag vurdert ut fra kapasitetsdiagrammer for kjøkkenheter

ved en forsert luftmengde på  $250 \text{ m}^3/h$ . Ifølge kapasitetsdiagrammene vil trykkfall for kjøkkenheten ved forsering kunne være et sted mellom 125 pascal [124] og 80 pascal [125]. I tillegg til dette kommer trykkfall i kanaler og enkeltmotstander i forbindelse med kanalføring til tak. For den separate avtrekksviften forutsettes trykkfallet for kanalføringen til tak noe høyere. Dette fordi det antas et større trykkfall for enkeltmotstander på grunn av T-stykkene som brukes når kjøkkenavtrekk skal påkobles hovedkanalen i hver etasje.

## D Vedlegg økonomisk analyse

### D.1 Forutsetninger økonomianalyse

#### Økonomialternativer

Tabell 57 inneholder en oversikt over alle kostnader som inkluderes i de forskjellige økonomialternativene. De ulike kostnadstypene er beskrevet videre i de etterfølgende avsnittene.

Tabell 57: Oversikt økonomialternativer

Økonomi- alternativ	Type grunnpris	Type aggregat	Type kjøkkenhette	Type avkastvifte	Type branntiltak	Type varmeanlegg/ energibehov	Type vedlikehold	Type utskiftning	Type sjakt
1	1	1	2		1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	2	1	5	2
3.1.1	1	1	1		1	3.1	1	5	3
3.1.2	1	1	1		1	3.1	1	5	2
3.2.1	1	3	1		3	3.2	1	1	3
3.2.2	1	3	1		3	3.2	1	2	3
3.3	1	1	1		1	3.3	1	5	3
4.1	1	2	3		2	4	1	1+4	4
4.2	1	2	4		2	4	1	1+4	4
4.3	1	2	5		2	4	1	1+4	4
5	2	4	2		4	5	2	3	5
6	2	4	1	1	4	6	2	3	6
7.1.1	2	4	1		4	7.1	3	3	7.1
7.1.2	2	4	1		4	7.1	2	3	7.1
7.2	2	6	1		6	7.2	2	3	7.2
7.3	2	4	1		4	7.3	2	3	7.1
8.1	2	5	3		5	8	2	3+4	8
8.2	2	5	4		5	8	2	3+4	8
8.3	2	5	5		5	8	2	3+4	8

#### Grunnpriser

Kandidat 5 har oppgitt et prisoverslag for materiell, innregulering, montasje og prosjektledelse per leilighet for henholdsvis en sentral ventilasjonsløsning og en desentral ventilasjonsløsning som brukes i økonomianalysen. Som grunnlag for overslaget er kandidaten informert om størrelse på leiligheter, antall leiligheter per etasje samt antall etasjer i casebygningen. For desentrale løsninger er det dessuten forutsatt inntak i fasade og felles avkast for flere leiligheter til tak. I tabell 58 ses en oversikt over grunnprisene opplyst av kandidat 5.

Tabell 58: Oversikt grunnpriser

Type grunnpris	Beskrivelse grunnpris
1	Sentral løsning. Overslag materiell, innregulering, montasje og prosjektledelse per leilighet
2	Desentral løsning. Overslag materiell, innregulering, montasje og prosjektledelse per leilighet

I tabell 59 ses grunnprisene per leilighet. Prisene forutsetter, i henhold til kandidat 5,

at prosjektet er av en viss størrelse og at leilighetene ikke er større enn  $70 m^2$ . Videre inkluderer prisen ikke ventilasjon i fellesarealer og garasjekjeller. Ifølge kandidaten passer antallet og størrelse av leiligheter i casebygningen bra med prisestimatet.

Tabell 59: Grunnpriser

Type grunnpris	Kostnad per leilighet eks. mva	Kostnad per leilighet inkl. mva	Kostnad for 49 leiligheter inkl. mva
	kr	kr	kr
1	65 000	81 250	3 981 250
2	70 000	87 500	4 287 500

### Aggregater

I tabell 60 ses en oversikt over de forskjellige aggregattypene som inngår i økonomianalysene. Intervjukandidat 14 har oppgitt priser for sentrale aggregater, mens kandidat 16 har opplyst priser for desentrale aggregater.

Tabell 60: Oversikt aggregater

Type aggregat	Beskrivelse aggregat
1	Sentral løsning. Motstrømsgjenvinner. Kapasitet til forsering kjøkken iht. byggforsk
2	Sentral løsning. Motstrømsgjenvinner. Kapasitet til forsering bad.
3	Sentral løsning. Roterende gjenvinner. Kapasitet til forsering kjøkken iht. byggforsk
4	Desentral løsning. Roterende gjenvinner. Kapasitet til forsering kjøkken iht. byggforsk
5	Desentral løsning. Roterende gjenvinner. Kapasitet til forsering bad
6	Desentral løsning. Roterende gjenvinner. Kapasitet til forsering iht. kandidat 16.

I tabell 61 ses hvilke forutsetninger som er lagt til grunn ved innhenting av kostnad for de forskjellige aggregattypene. I henhold til kandidat 16 vil eksternt trykkfall være rundt 90 pascal i desentrale løsninger med avkastkanaler over tak. Videre oppnås typisk en SFP-faktor på ca.  $1,1 kW/(m^3/s)$  ved slike løsninger, i henhold til kandidaten. For desentrale aggregater er det videre forutsatt at aggregatet skal ha kapasitet til et eksternt trykkfall på 200 pascal ved forsering.



I henhold til kandidat 14 er typisk eksternt trykkfall ca. 200 pascal i sentrale anlegg og det oppnås en SFP på litt i underkant av  $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ . For de sentrale aggregatene er det dessuten en forutsetning at det tas ut et stort nok aggregat til å tåle økningen i luftmengde ved forsering.

For de sentrale aggregatene er det forutsatt at kjøkken og bad ikke vil forsere samtidig. Videre er det forutsatt en maksimal samtidighet på 30 % for kjøkken eller bad ved beregning av forsert luftmengde. For løsninger med aggregat type 1 er det nødvendig med 2 sentrale aggregater fordi det største aggregatet kandidat 14 leverer med motstrømsveksler ikke har kapasitet til den forserte luftmengden.

Tabell 61: Forutsetninger ved innhenting av kostnad for aggregater

Forutsetning	Aggregat 1	Aggregat 2	Aggregat 3	Aggregat 4	Aggregat 5	Aggregat 6
Luftmengde grunnventilasjon [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	2 695	5 390	5 390	110	110	110
Luftmengde forsering [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	4 533	6 184	9 065	360	164	132
Eksternt trykkfall ved grunnventilasjon [Pa]	200	200	200	90	90	90
Min eksternt trykkfall ved forsering [Pa]				200	200	200
Gjenvinnertype	Motstrøms	Motstrøms	Roterende	Roterende	Roterende	Roterende
Max SFP ved grunnventilasjon [ $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ ]	1,5	1,5	1,5	1,1	1,1	1,1
Antall aggregater av denne typen [stk]	2	1	1	49	49	49

I tabell 62 ses kostnadene for de forskjellige aggregattypene. Kandidat 16 oppgir kostnaden fra deres prisliste og forteller at rabatter vil variere mellom prosjekter, men at det i oppgaven kan forutsettes en rabatt på 40 % i større leilighetsprosjekter. Kandidat 14 informerer at prisen for de sentrale aggregatene er inkludert varme og trykkstyring som bør med i boligprosjekter.

Grunnprisene fra kandidat 5 inkluderer kostnaden for aggregater. Det beregnes derfor en prisforskjell for de forskjellige aggregattypene som legges til grunnprisen i økonomianalysen. Denne prisforskjellen regnes separat for de sentrale og desentrale aggregatene.

Tabell 62: Kostnader aggregater

Type aggregat	Kostnad per aggregat før rabatt eks. mva	Kostnad per aggregat eks. mva	Kostnad per aggregat inkl. mva	Antall aggregater	Samlet kostnad aggregater	Prisforskjell
	kr	kr	kr	stk	kr	kr
1		161 000	201 250	2	402 500	190 000
2		181 000	226 250	1	226 250	13 750
3		170 000	212 500	1	212 500	0
4	30 600	18 360	22 950	49	1 124 550	251 370
5	23 760	14 256	17 820	49	873 180	0
6	23 760	14 256	17 820	49	873 180	0

## Kjøkkenheter

I tabell 63 ses en oversikt over typer kjøkkenheter som benyttes i økonomianalysen. En leverandør av kjøkkenheter er kontaktet for innhenting av kostnader som kan brukes i oppgaven. Integrerte ventilatorer i eller under et overskap er, i henhold til leverandøren, typisk det som leveres i leilighetsbygg. Kjøkkenhette type 1 er en ventilator uten motor for tilkobling til et sentralt ventilasjonssystem for utluftsdrift. Kjøkkenhette type 2 er en ventilator med integrert motor for utluftsdrift med en maks kapasitet på  $270 \text{ m}^3/\text{h}$ . Omluftssettene som er inkludert i prisen for resirkulerende kjøkkenheter har, i henhold til leverandøren, en luktreduksjon på over 90 %. Kjøkkenhette av type 3 har en maksimal kapasitet ved omluftsdrift på  $174 \text{ m}^3/\text{h}$ , type 4 har en kapasitet på  $295 \text{ m}^3/\text{h}$ , mens type 5 har en kapasitet på  $282 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Tabell 63: Oversikt kjøkkenheter

Type kjøkkenhette	Beskrivelse kjøkkenhette
1	Integrert ventilator tilkobles aggregat/ekstern vifte (uten integrert vifte)
2	Integrert ventilator føres separat over tak (med integrert vifte)
3	Integrert ventilator + omluftssett normal effekt (resirkulerende kjøkkenhette med kullfilter)
4	Integrert ventilator + omluftssett høyere effekt (resirkulerende kjøkkenhette med kullfilter)
5	Vegghengt ventilator + omluftssett (resirkulerende kjøkkenhette med kullfilter)

I tabell 64 ses kostnadene for de forskjellige typene kjøkkenheter som benyttes i analysen. Kjøkkenhetteleverandøren opplyser at oppgitte kostnader er deres pris til kjøkkenforhandler inkludert miljøgebyr og fraktsonetillegg, samt at de leverer til byggeplass, men at innbæring ikke er inkludert i prisen. Leverandøren utdyper at de typisk selger til en kjøkkenforhandler som igjen selger til entreprenør. Det er dermed gjerne et påslag på kostnaden før den når utbygger. Påslaget vil også inkludere kostnaden for montering sammen med kjøkkenet. Det antas at dette påslaget er hensyntatt i grunnprisen fra kandidat 5.

Fordi begge grunnprisene fra kandidat 5 forutsettes å inkludere kostnaden for kjøkkenheter beregnes en prisforskjell mellom kjøkkenhette med lavest pris og hver av de resterende kjøkkenhettene. Denne prisforskjellen legges til grunnprisen for de forskjellige økonomialternativene.

Tabell 64: Kostnad kjøkkenhetter

Type kjøkkenhette	Kostnad per hette eks. mva	Kostnad per hette inkl. mva	Kostnad for 49 hetter inkl. mva	Prisforskjell
	kr	kr	kr	kr
1	4 148	5 185	254 058	130 456
2	2 018	2 523	123 603	0
3	3 820	4 775	233 975	110 373
4	4 988	6 235	305 515	181 913
5	6 052	7 565	370 685	247 083

### Avkastvifte

I tabell 65 ses det at det kun er én type avkastvifte som inkluderes i økonomianalysen. Avkastviften medregnes i alternativene hvor kjøkkenavtrekk samles fra flere leiligheter i en kanal til tak (alternativ 2 og 6). Kandidat 16 har oppgitt kostnaden for avkastviften.

Tabell 65: Oversikt avkastvifter

Type avkastvifte	Beskrivelse avkastvifte
1	Trykkstyrt takvifte for kjøkkenavtrekk

For avkastviften er det forutsatt tilsvarende luftmengde og trykkfall som i energisimuleringene. Avkastviften skal dermed ha en kapasitet til en luftmengde på  $525 \text{ m}^3/\text{h}$  og trykkfall på 150 Pa. Det vil være én avkastvifte per sjakt og hver vifte skal dekke forsert luftmengde på kjøkken i én leilighet på hver av casebygningens 7 etasjer. Ved beregning av den forserte luftmengden er det forutsatt en maksimal samtidighet på 30 %. Trykkfallet for kjøkkenhetter ved forsering er vurdert ut ifra kapasitetsdiagrammer for kjøkkenhetter samt et tillegg for trykkfall i kanaler og enkeltmotstander.

I tabell 66 ses kostnaden for avkastviften opplyst av kandidat 16. Kandidaten opplyser kostnaden fra deres prisliste og forteller at det kan forutsettes en rabatt på 40 % i større leilighetsprosjekter.

Det forutsettes at grunnprisen fra kandidat 5 ikke inkluderer en slik avkastvifte. Hele prisen for avkastviften legges derfor til grunnprisen i alternativ 2 og 6.

Tabell 66: Kostnad avkastvifter

Type vifte	Kostnad per vifte før rabatt eks. mva	Kostnad per vifte eks. mva	Kostnad per vifte inkl. mva	Antall vifter	Samlet kostnad vifter
	kr	kr	kr	stk	kr
1	13 350	8 010	10 013	7	70 088

## Branntiltak

I tabell 67 ses en oversikt over hvilke brannsikringstiltak som medregnes for de forskjellige økonomialternativene. Det forutsettes trekk-ut strategi i samtlige alternativer, i henhold til samtalen med brannrådgiver. For sentrale løsninger vil trekk-ut strategi kreve én røykgassvifte og 2 brannspjeld per aggregat, i henhold til kandidat 1. For desentrale løsninger er det, i henhold til kandidaten, nødvendig med én røykgassvifte per sjakt.

Tabell 67: Oversikt branntiltak

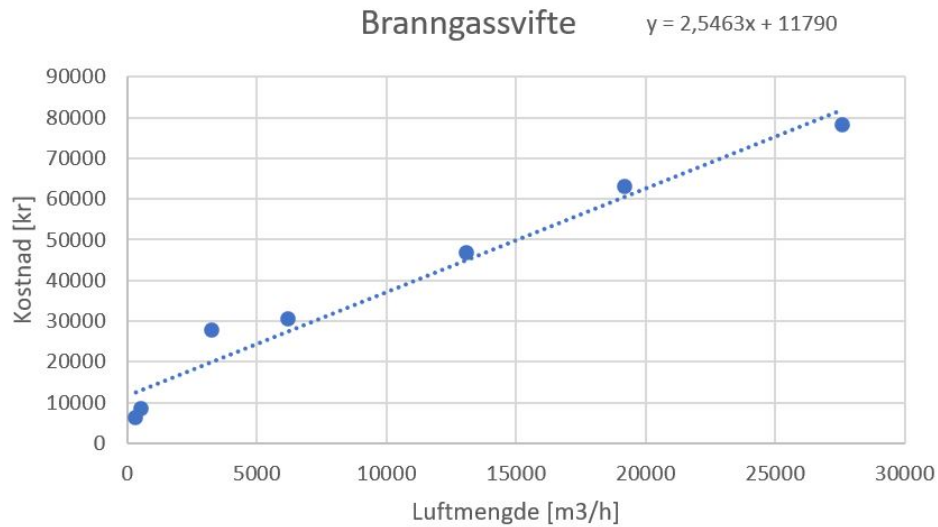
Type branntiltak	Beskrivelse branntiltak
1	Sentral løsning. Røykgassvifte og brannspjeld dimensjonert for luftmengder tilsvarende aggregat 1.
2	Sentral løsning. Røykgassvifte og brannspjeld dimensjonert for luftmengder tilsvarende aggregat 2.
3	Sentral løsning. Røykgassvifte og brannspjeld dimensjonert for luftmengder tilsvarende aggregat 3.
4	Desentral løsning. Røykgassvifte dimensjonert for luftmengder tilsvarende aggregat 4.
5	Desentral løsning. Røykgassvifte dimensjonert for luftmengder tilsvarende aggregat 5.
6	Desentral løsning. Røykgassvifte dimensjonert for luftmengder tilsvarende aggregat 6.

Kostnader for røykgassvifter er hentet fra prislisten fra kandidat 16 og kan ses i tabell 68. De to minste viftestørrelsene tåler en røykgasstemperatur på 200 °C, mens de resterende størrelsene tåler en temperatur på 400 °C.

Tabell 68: Kostnad røykgassvifte iht. leverandør

Kostnad røykgassvifte	
Luftmengde	Kostnad
$m^3/h$	kr
310	6 410
518	8 540
3 250	27 770
6 199	30 430
13 100	46 750
19 198	63 070
27 601	78 250

Viftene i prislisten har en luftmengdekapasitet som enten er for stor eller for lav sammenlignet med viftene som skal inkluderes i økonomianalysene. Det lages derfor et diagram over viftenes kostnad som funksjon av luftmengde som illustrert på figur 57. Trendlinjen i diagrammet brukes for å estimere kostnaden for viftene som inkluderes i økonomianalysen.



Figur 57: Kostnad røykgassvifte

Kostnader for brannspjeld er hentet fra prislisen fra kandidat 16 og kan ses i tabell 69. Prisene gjelder for brannspjeld med 24V motor.

Tabell 69: Kostnad brannspjeld iht. leverandør

Kostnad brannspjeld iht. leverandør	
Dimensjon	Kostnad
mm	kr
500	7 200
630	7 560
800	10 080

For sentrale løsninger er røykgassvifte og brannspjeld dimensjonert for aggregatets forserte luftmengde etter anbefaling fra kandidat 1. Den forserte luftmengden er beregnet for en maksimal samtidighet på 30 %. For de desentrale løsningene er røykgassviftene tatt ut for maksimal sannsynlig luftmengde. Det er altså forutsatt at viftene skal ha en kapasitet tilsvarende forsering i 30 % av leilighetene tilknyttet sjakten. Dette er en forenkling. I virkelige prosjekter vil det være nødvendig å gjennomføre en trykkanalyse for å vurdere nødvendig kapasitet for viftene.

I tabell 70 ses kostnad for brannsikringstiltak som anvendes i økonomianalysen. Kandidat 16 forteller at det kan medregnes en rabatt på 40 % i større leilighetsprosjekter.

Det forutsettes at grunnprisen fra kandidat 5 omfatter kostnaden for røykgassvifter og brannspjeld i sentrale løsninger. Det beregnes derfor en prisforskjell for brannsikringstiltak mellom den rimeligste løsningen og resterende løsninger. Prisforskjellen legges til grunnprisen i økonomialternativene for de sentrale løsningene.

For desentrale løsninger forutsettes det at grunnprisen fra kandidat 5 inkluderer kostnaden for hjelpevifter for avkast i hver sjakt. Det antas at kostnaden forbundet med å bytte ut en hjelpevifte med en røykgassvifte er den samme for de forskjellige løsningene. Det beregnes derfor en prisforskjell for brannsikringstiltak mellom den rimeligste løsningen og resterende løsninger. Prisforskjellen legges til grunnprisen i økonomialternativene for de desentrale løsningene.

Tabell 70: Kostnad branntiltak

	Tiltak 1	Tiltak 2	Tiltak 3	Tiltak 4	Tiltak 5	Tiltak 6
<b>Røykgassvifte</b>						
Luftmengde [ $m^3/h$ ]	4 533	6 184	9 065	1 295	883	816
Antall vifter [stk]	2	1	1	7	7	7
Kostnad eks. mva [kr]	46 662	27 536	34 872	105 612	98 276	97 078
Kostnad inkl. mva [kr]	58 328	34 420	43 590	132 015	122 845	121 348
Kostnad inkl. mva og rabatt [kr]	34 997	20 652	26 154	79 209	73 707	72 809
<b>Brannspjeld</b>						
Kanaldimensjon [mm]	500	630	800			
Antall spjeld [stk]	4	2	2			
Pris eks. mva [kr]	28 800	15 120	20 160			
Kostnad inkl. mva [kr]	36 000	18 900	25 200			
Kostnad inkl. mva og rabatt [kr]	21 600	11 340	15 120			
<b>Total kostnad brannsikringstiltak</b>						
Kostnad inkl. mva og rabatt [kr]	56 597	31 992	41 274	79 209	73 707	72 809
Prisforskjell [kr]	24 605	0	9 282	6 401	898	0

### Varmeanlegg/energibehov

For å ta hensyn til at nødvendig effektbehov til oppvarming varierer mellom de forskjellige ventilasjonsløsningene medregnes kostnaden av en varmepumpe og en elkjel i økonomianalysen. Det antas at kostnaden for øvrige komponenter og rør i varmeanlegget vil være lik for løsningene. I tabell 71 ses en oversikt over de forskjellige typene varmeanlegg og energibehov som brukes i økonomianalysene. En leverandør av komponenter til varmeanlegg er kontaktet for innhenting av kostnader som kan brukes i oppgaven.

Tabell 71: Oversikt varmeanlegg/energibehov

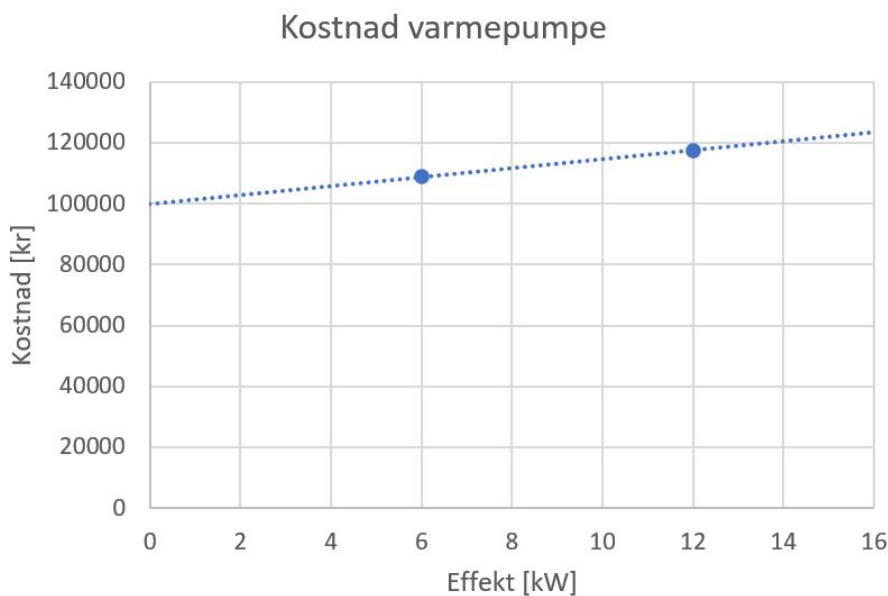
Type varmeanlegg/ energibehov	Beskrivelse varmeanlegg	Beskrivelse energibehov
1	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 1	Energibehov for modell 1
2	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 2	Energibehov for modell 2
3.1	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 3.1	Energibehov for modell 3.1
3.2	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 3.2	Energibehov for modell 3.2
3.3	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 3.3	Energibehov for modell 3.3
4	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 4	Energibehov for modell 4
5	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 5	Energibehov for modell 5
6	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 6	Energibehov for modell 6
7.1	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 7.1	Energibehov for modell 7.1
7.2	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 7.2	Energibehov for modell 7.2
7.3	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 7.3	Energibehov for modell 7.3
8	Kapasitet til å dekke effektbehov for modell 8	Energibehov for modell 8

Leverandøren er bedt om å opplyse kostnaden for væske/vann varmepumper i to forskjellige størrelser som skal dekke både oppvarming og varmt tappevann. For elkjel er det forespurt prisen for to elkjeler i samme størrelsesorden som varmepumpene. I tabell 72 ses kostnader for væske/vann varmepumper og elkjel som er opplyst av leverandøren. Varmepumpene er, henhold til leverandøren, inverterstyrte slik at de kan tilpasse effekten etter bygningens behov avhengig av utetemperaturen. Trinnløs kapasitetsregulering fører, ifølge leverandøren, til mindre start/stopp, lengre levetid og mindre temperatursvingninger. Prisene gjelder for en varmepumpe uten integrert bereder for varmtvannsproduksjon. Kostnaden er kun for maskinen, og i tillegg vil det, i henhold til leverandøren, komme kostnader for energiboring, samt installasjonskostnader for rørlegger og elektriker. Kostnaden for elkjelen er tilsvarende uten installasjon. Leverandøren har for elkjel kun opplyst kostnaden for én størrelse og forteller at elkjelens kapasitet kan begrenses.

Tabell 72: Kostnader iht. leverandør varmeanlegg

Varmepumper			Elkjel		
Effekt	Kostnad eks. mva	Kostnad inkl. mva	Effekt	Kostnad eks. mva	Kostnad inkl. mva
kW	kr	kr	kW	kr	kr
6	87 000	108 750	15	14 000	17 500
12	94 000	117 500			

For varmepumpen lages et diagram over kostnaden som funksjon av effekten som illustrert på figur 58. Trendlinjen i diagrammet brukes for å estimere kostnaden for varmepumpen ved hjelp av effektbehovet funnet i energisimuleringene for hver enkelt ventilasjonsutføring.



Figur 58: Kostnad varmepumpe

I tabell 73 ses kostnad for varmeanlegg som brukes i de forskjellige økonomialternativene. Idet grunnprisen fra kandidat 5 ikke inkluderer kostnader for varmeanlegget, legges hele prisen til grunnprisen for de forskjellige alternativene.

Tabell 73: Kostnader varmeanlegg

Modell	Effektbehov varmepumpe	Kostnad elkjel	Kostnad varmepumpe	Kostnad varmeanlegg
	W	kr	kr	kr
1	7 600	17 500	111 083	128 583
2	7 600	17 500	111 083	128 583
3.1	7 150	17 500	110 427	127 927
3.2	6 450	17 500	109 406	126 906
3.3	7 050	17 500	110 281	127 781
4	7 050	17 500	110 281	127 781
5	6 950	17 500	110 135	127 635
6	6 950	17 500	110 135	127 635
7.1	6 950	17 500	110 135	127 635
7.2	6 400	17 500	109 333	126 833
7.3	6 550	17 500	109 552	127 052
8	6 400	17 500	109 333	126 833

### Vedlikehold

I tabell 74 ses en oversikt over de forskjellige typene vedlikeholdskostnader som inkluderes i økonomianalysene. For vedlikehold tas det utgangspunkt i et overslag for kostnaden av en serviceavtale for henholdsvis et sentralt og et desentralt ventilasjonsaggregat opplyst av kandidat 15. Vedlikeholdskostnaden forutsettes å omfatte kostnaden for årlig kontroll av



anlegget og utskiftning av filtre i aggregat. Kostnaden for selve filteret medregnes under kostnadsposten ”utskiftning”.

Tabell 74: Oversikt vedlikehold

Type vedlikehold	Beskrivelse vedlikehold
1	Serviceavtale for sentral løsning
2	Serviceavtale for desentral løsning
3	Ingen serviceavtale for desentral løsning

Kostnadene for serviceavtale opplyst av kandidat 15 ses i tabell 75. I henhold til kandidaten avhenger hyppigheten av filterskift av hvor forurenset inntaksluften er, men bør som minimum gjennomføres 1 gang i året. Vedlikeholdskostnaden forutsettes derfor å være en årlig kostnad.

Hensikten med vedlikeholdstype 3 er å undersøke besparelsen dersom boligeier selv står for utskiftning av filter i aggregatet i en desentral løsning. I alternativ 7.1.1 inkluderes derfor ikke vedlikeholdskostnader utover kostnaden for selve filtrene. Det anses dog lite sannsynlig at ingen av de desentrale aggregatene vil ha behov for service i løpet av analyseperioden. Kostnaden for en løsning hvor beboerne er ansvarlig for drift vil derfor i virkeligheten ligge et sted mellom resultatet for alternativ 7.1.1 og alternativ 7.1.2 hvor kostnaden for en serviceavtale er inkludert.

Tabell 75: Kostnader vedlikehold

Type vedlikehold	Kostnad serviceavtale per beboer inkl. mva	Kostnad serviceavtale totalt inkl. mva
	kr	kr
1		15 000
2	1 500	73 500
3		0

### Utskiftning

Tabell 76 oppsummerer de forskjellige utskiftningstypene som inkluderes i oppgaven. En filterleverandør er kontaktet for innhenting av kostnader som kan benyttes i analysen. Filterleverandøren har opplyst kostnaden for partikkelfiltre i både sentrale og desentrale aggregater og kostnaden for kombinasjonsfilter i sentrale aggregater. Filtre kommer i standard dimensjon 592x592 mm. Leverandøren antar i denne forbindelse at et sentralaggregat typisk vil inneholde 6 stk. filter, henholdsvis 3 filtre på inntak og 3 filtre på avtrekk. Kandidat 15 har opplyst kostnaden for kullfiltre som brukes i resirkulerende kjøkkenhetter.

Tabell 76: Oversikt utskiftning

Type utskriftning	Beskrivelse utskiftning
1	Sentralt anlegg med partikkelfilter på inntak og avtrekk (Ett aggregat)
2	Sentralt anlegg med partikkelfilter på inntak og kombinasjonsfilter på avtrekk
3	Desentralt anlegg med partikkelfilter på inntak og avtrekk
4	Kullfilter i resirkulerende kjøkkenhette
5	Sentralt anlegg med partikkelfilter på inntak og avtrekk (To aggregater)

I tabell 77 ses filterkostnadene oppgitt av filterleverandør og kandidat 15. Filterleverandøren forteller at den opplyste kostnaden er antatt salgspris fra ventilasjonsentreprenøren. Kandidat 15 opplyser at kullfilter til resirkulerende kjøkkenhetter kan kjøpes hos de fleste hvitevareforhandlere og at oppgitt kostnad er pris til beboer.

Tabell 77: Filtertyper

Type filter	Beskrivelse filter	Kostnad per filter inkl mva
		kr
1	Partikkelfilter sentral løsning	1 399
2	Kombinasjonsfilter sentral løsning	2 243
3	Partikkelfilter desentral løsning	691
4	Kullfilter kjøkkenhette	810

I tabell 78 ses summering av filterkostnader for de ulike utskiftningstypene som benyttes i analysen. For filter i aggregat anbefales det av hensyn til biologisk vekst i filtrerne under bruk en utskiftningshyppighet på minimum én gang i året. I områder med stor trafikkbelastning eller høyere forurensningskonsentrasjoner anbefales en hyppighet på to ganger i året. I henhold til kandidat 15 gjøres bytte av kullfilter i resirkulerende kjøkkenhetter av leilighetskjøper i et intervall ved normal bruk på ca. 12 måneder. Utskiftningskostnadene forutsettes dermed å være en årlig kostnad i økonomianalysene.

Tabell 78: Kostnader utskiftning

Type utskiftning	Antall filter type 1	Antall filter type 2	Antall filter type 3	Antall filter type 4	Samlet kostnad filtre
	stk	stk	stk	stk	kr
1	6				8 394
2	3	3			10 926
3			98		67 718
4				49	39 690
5	12				16 788

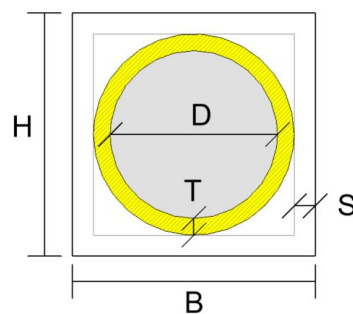
## D.2 Overslag sjaktarealer

I tabell 79 ses en oversikt over de forskjellige sjakttypene som inngår i økonomianalysene.

Tabell 79: Oversikt sjakter

Type sjakt	Beskrivelse sjakt
1	Sentral løsning. Separate føringer kjøkkenavtrekk til tak.
2	Sentral løsning. Samling av føringer kjøkkenavtrekk til tak
3	Sentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat
4	Sentral løsning. Resirkulerende kjøkkenhetter.
5	Desentral løsning. Separate føringer kjøkkenavtrekk til tak.
6	Desentral løsning. Samling av føringer kjøkkenavtrekk til tak
7.1	Desentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Forsert luftmengde iht. SINTEF.
7.2	Desentral løsning. Kjøkkenavtrekk via aggregat. Forsert luftmengde iht. kandidat 16
8	Desentral løsning. Resirkulerende kjøkkenhetter.

Figur 59 illustrerer de forskjellige dimensjonene som inngår i de etterfølgende beregningene av nødvendig sjaktareal. For å finne estimere plassbehovet til hver enkelt kanal i sjaktene tas det utgangspunkt i kanalens største dimensjon i sjakten ( $D$ ), eventuell isolasjonstykkelse ( $T$ ), samt en friavstand av hensyn til montering ( $S$ ). Nødvendig friavstand rundt kanalene er forutsatt til 50 mm, i henhold til Rockwools guide for isolering av VVS-installasjoner [126].

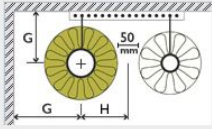


Figur 59: Metode sjaktberegning

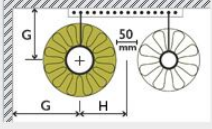
Det antas ved beregning av nødvendig sjaktareal at sjakten vil ha samme dimensjon i alle etasjer. Nødvendig sjaktareal beregnes derfor for øverste etasje, hvor antallet kanaler og kanaldimensjonene er størst. Ved dimensjonering av kanaler antas det at det ikke vil være

samtidig forsering av kjøkken og bad. Videre forutsettes en maksimal samtidighet på 30 % for både kjøkken og bad ved beregning av maks sannsynlig luftmengde i kanalene. Ved valg av kanaldimensjoner forutsettes et maksimalt trykkfall på 1 Pa/m.

Beregningsprogrammet "ROCTEC beregner" brukes for å estimere nødvendig isolasjonstykkel i sjakt for kondensisolasjon av avkastkanaler i desentrale løsninger og varmeisolasjon av tilluftskanaler i sentrale løsninger [127]. Et utklipp fra beregningene kan ses på figur 60 og 61. Beregnet isolasjonstykkel er 25 mm både for kondensisolasjon og varmeisolasjon. I henhold til samtale med brannrådgiver forutsettes det ikke brannisolering av kanaler i sjakt.

Geometri	Beliggenhet	Orientering	Oppheng	Type
Geometri Sirkulær kanal 315 mm	<input checked="" type="radio"/> Innendørs <input type="radio"/> Utendørs	<input type="radio"/> Vannrett <input checked="" type="radio"/> Loddrett	<input checked="" type="radio"/> Isolerte <input type="radio"/> Uisolerte	<input checked="" type="radio"/> Klasser <input type="radio"/> Driftstid
<b>Inndata</b>	<b>Resultat</b>			
Medietemperatur 20 °C	U-verdi (maks.) 1,26 W/mK		Isolasjonstykkel 21,5 mm	
Omgivelsestemperatur 50 °C	Isolasjonstykkel 21,5 mm		Overflatetemperatur 40,1 °C	
ROCKWOOL produkt Lamelmatte 541	Overflatetemperatur 40,1 °C		Varmetap -37,8 W/m	
Isoleringsklasse Klasse 1	Varmetap uisolert -102,9 W/m		<b>ROCKWOOL produkt</b>	
Kanalens innvendige Flow [m³/h] 1250	<b>ROCKWOOL produkt</b>		Isolasjonstykkel 25 mm	
Driftstimer 8760 pr.år	Isolasjonstykkel 25 mm		Overflatetemperatur 40,9 °C	
Spildfaktor 1,0 [0.3..1.0]	Overflatetemperatur 40,9 °C		Varmetap -34,7 W/m	
Vindhastighet m/sek.	<b>Plassbehov</b>		Avstand til vegg/tak G = 232,5 mm	
Emisjonstill uisolert 0,05 Aluminium blank	Avstand til midten av friavstand H = 207,5 mm			
Emisjonstill isolert 0,05 Aluminium blank				
Beregnet av				
Saksnavn				
Beregn Slett Lagre som PDF				
Info				

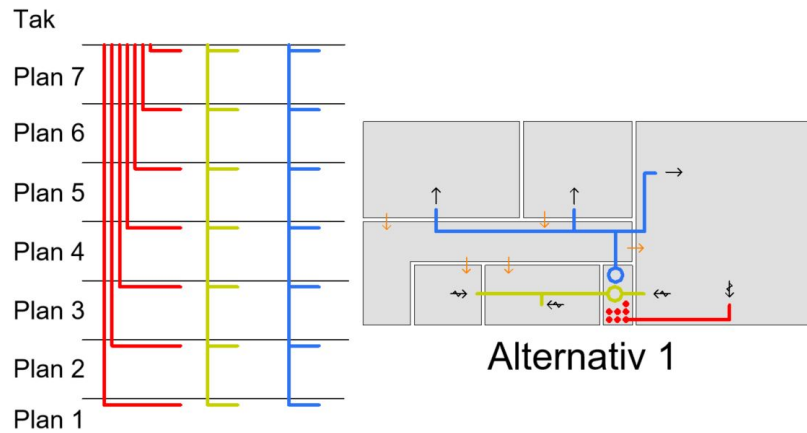
Figur 60: Beregning varmeisolasjon

Geometri	Beliggenhet	Orientering	Oppheng	Type
Geometri Sirkulær kanal 315 mm	<input checked="" type="radio"/> Innendørs <input type="radio"/> Utendørs	<input type="radio"/> Vannrett <input checked="" type="radio"/> Loddrett	<input checked="" type="radio"/> Isolerte <input type="radio"/> Uisolerte	<input checked="" type="radio"/> Klasser <input type="radio"/> Driftstid
<b>Inndata</b>	<b>Resultat</b>			
Medietemperatur -10 °C	U-verdi (maks.) 1,26 W/mK		Isolasjonstykkel 21,2 mm	
Omgivelsestemperatur 50 °C	Isolasjonstykkel 21,2 mm		Overflatetemperatur 32,5 °C	
ROCKWOOL produkt Lamelmatte 541	Overflatetemperatur 32,5 °C		Varmetap -75,6 W/m	
Isoleringsklasse Klasse 1	Varmetap uisolert -220,2 W/m		<b>ROCKWOOL produkt</b>	
Kanalens innvendige Flow [m³/h] 900	<b>ROCKWOOL produkt</b>		Isolasjonstykkel 25 mm	
Driftstimer 8760 pr.år	Isolasjonstykkel 25 mm		Overflatetemperatur 34,0 °C	
Spildfaktor 1,0 [0.3..1.0]	Overflatetemperatur 34,0 °C		Varmetap -68,6 W/m	
Vindhastighet m/sek.	<b>Plassbehov</b>		Avstand til vegg/tak G = 232,5 mm	
Emisjonstill uisolert 0,05 Aluminium blank	Avstand til midten av friavstand H = 207,5 mm			
Emisjonstill isolert 0,05 Aluminium blank				
Beregnet av				
Saksnavn				
Beregn Slett Lagre som PDF				
Info				

Figur 61: Beregning kondensisolasjon

## Sjakt 1

Figur 62 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 1.



Figur 62: Sjakt 1

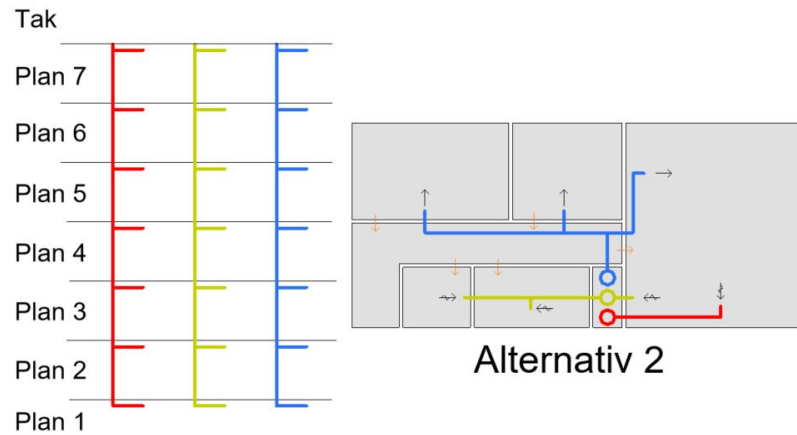
I tabell 80 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for de ulike kanaltypene i ventilasjonsalternativ 1.

Tabell 80: Sjakt 1

Sjakt	Sjakt 1								
	Kjøkken 1	Kjøkken 2	Kjøkken 3	Kjøkken 4	Kjøkken 5	Kjøkken 6	Kjøkken 7	Tilluft	Avtrekk
Antall leiligheter som dekkes	1	1	1	1	1	1	1	7	7
Samtidighet kjøkken	1	1	1	1	1	1	1	0,3	
Samtidighet bad									0,3
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]								110	110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	250	250	250	250	250	250	250	250	
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]									54
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	250	250	250	250	250	250	250	1 295	883
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	160	160	160	160	160	160	160	315	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]								25	
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,465	0,415
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,22	0,17
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]	0,86								
Antall sjakter [stk]	49								
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]	42,2								

## Sjakt 2

Figur 63 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 2.



Figur 63: Sjakt 2

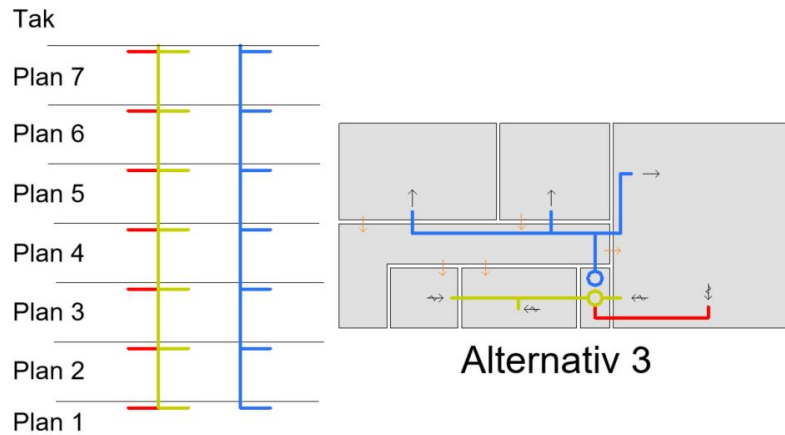
I tabell 81 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for de ulike kanaltypene i ventilasjonsalternativ 2.

Tabell 81: Sjakt 2

Sjakt Kanal	Sjakt 2		
	Kjøkken	Tilluft	Avtrekk
Antall leiligheter som dekkes	7	7	7
Samtidighet kjøkken	0,3	0,3	
Samtidighet bad			0,3
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]		110	110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	250	250	
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]			54
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	525	1 295	883
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	250	315	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]		25	
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,35	0,465	0,415
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,12	0,22	0,17
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]		0,51	
Antall sjakter [stk]		49	
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]		25,0	

### Sjakt 3

Figur 64 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 3.



Figur 64: Sjakt 3

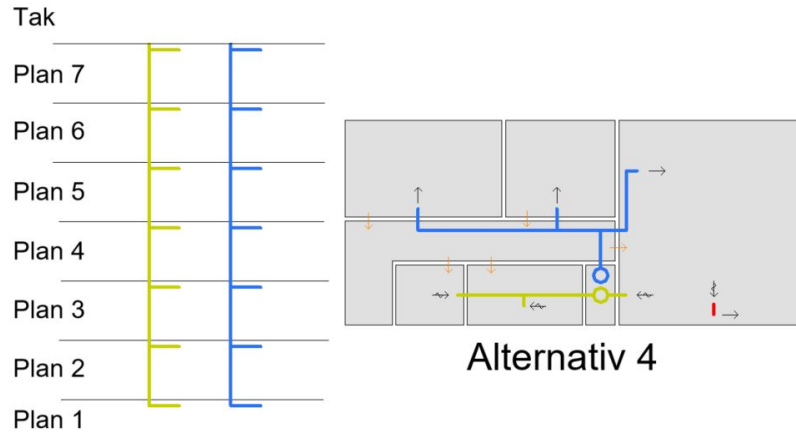
I tabell 82 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for de ulike kanaltypene i ventilasjonsalternativ 3.

Tabell 82: Sjakt 3

Sjakt Kanal	Sjakt 3	
	Tilluft	Avtrekk
Antall leiligheter som dekkes	7	7
Samtidighet kjøkken	0,3	0,3
Samtidighet bad		
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]	110	110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	250	250
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]		
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	1 295	1 295
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	315	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]	25	
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,465	0,415
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,22	0,17
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]	0,39	
Antall sjakter [stk]	49	
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]	19,0	

## Sjakt 4

Figur 65 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 4.



Figur 65: Sjakt 4

I tabell 83 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for de ulike kanaltypene i ventilasjonsalternativ 4.

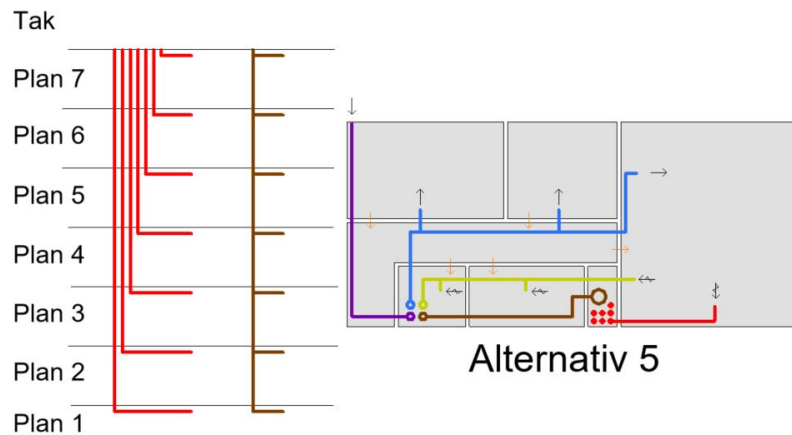
Tabell 83: Sjakt 4

Sjakt	Sjakt 4	
	Tilluft	Avtrekk
Antall leiligheter som dekkes	7	7
Samtidighet kjøkken		
Samtidighet bad	0,3	0,3
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]	110	110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]		
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]	54	54
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	883	883
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	315	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]	25	
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,465	0,415
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,22	0,17
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]	0,39	
Antall sjakter [stk]	49	
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]	19,0	



## Sjakt 5

Figur 66 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 5.



Figur 66: Sjakt 5

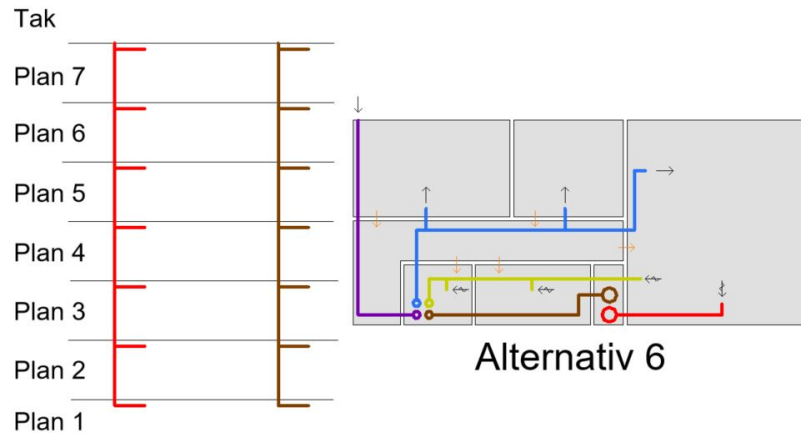
I tabell 84 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for de ulike kanaltypene i ventilasjonsalternativ 5.

Tabell 84: Sjakt 5

Sjakt	Sjakt 5							Avkast
	Kjøkken 1	Kjøkken 2	Kjøkken 3	Kjøkken 4	Kjøkken 5	Kjøkken 6	Kjøkken 7	
Antall leiligheter som dekkes	1	1	1	1	1	1	1	7
Samtidighet kjøkken	1	1	1	1	1	1	1	
Samtidighet bad								0,3
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]								110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	250	250	250	250	250	250	250	
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]								54
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	250	250	250	250	250	250	250	883
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	160	160	160	160	160	160	160	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]								25
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50	50	50	50	50	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,465
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,22
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]								0,69
Antall sjakter [stk]								49
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]								33,8

## Sjakt 6

Figur 67 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 6.



Figur 67: Sjakt 6

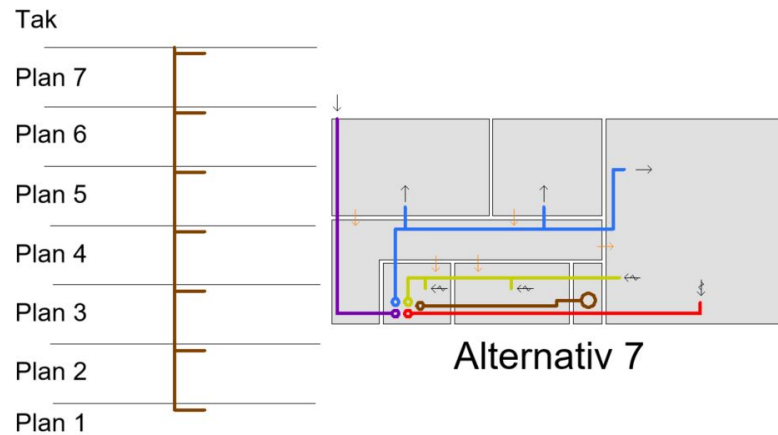
I tabell 85 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for de ulike kanaltypene i ventilasjonsalternativ 6.

Tabell 85: Sjakt 6

Sjakt	Sjakt 6	
	Kjøkken	Avkast
Antall leiligheter som dekkes	7	7
Samtidighet kjøkken	0,3	
Samtidighet bad		0,3
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]		110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	250	
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]		54
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	525	883
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	250	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]		25
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,35	0,465
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,12	0,22
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]	0,34	
Antall sjakter [stk]	49	
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]	16,6	

## Sjakt 7

Figur 68 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 7.



Figur 68: Sjakt 7

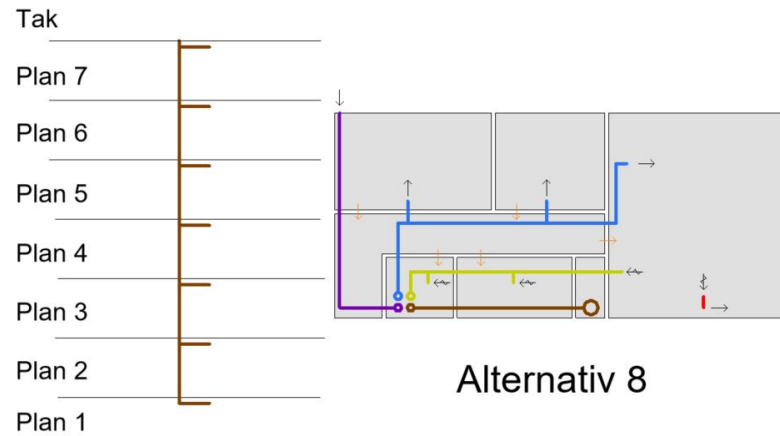
I tabell 86 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for avkastkanalen i ventilasjonsalternativ 7.1 og 7.2.

Tabell 86: Sjakt 7

Sjakt	Sjakt 7.1	Sjakt 7.2
Kanal	Avkast	Avkast
Antall leiligheter som dekkes	7	7
Samtidighet kjøkken	0,3	0,3
Samtidighet bad		
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]	110	110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	250	22
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]		
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	1 295	816
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	315	250
Isolasjonstykkelse (T) [mm]	25	25
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,465	0,4
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,22	0,16
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]	0,22	0,16
Antall sjakter [stk]	49	49
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]	10,6	7,8

## Sjakt 8

Figur 69 illustrerer hvilke kanaler som vil føres i sjakt i ventilasjonsalternativ 8.



Figur 69: Sjakt 8

I tabell 87 ses beregning av største dimensjon og plassbehov i sjakt for avkastkanalen i ventilasjonsalternativ 8.

Tabell 87: Sjakt 8

Sjakt	Sjakt 8
Kanal	Avkast
Antall leiligheter som dekkes	7
Samtidighet kjøkken	
Samtidighet bad	0,3
Luftmengde grunnventilasjon [ $m^3/h$ ]	110
Ekstra luftmengde per kjøkken [ $m^3/h$ ]	
Ekstra luftmengde per bad [ $m^3/h$ ]	54
Samlet luftmengde ved forsering [ $m^3/h$ ]	883
Største kanaldimensjon i sjakt (D) [mm]	315
Isolasjonstykkelse (T) [mm]	25
Ekstra avstand rundt kanal (S) [mm]	50
Kvadrat rundt kanal (B=H) [m]	0,465
Plassbehov (B*H) [ $m^2$ ]	0,22
Sum plassbehov per sjakt [ $m^2/stk$ ]	0,22
Antall sjakter [stk]	49
Sum plassbehov totalt [ $m^2$ ]	10,6

### D.3 Økonomianalyser

#### Økonomialternativ 1

I tabell 88 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 1.

Tabell 88: Økonomialternativ 1

<b>Alternativ 1</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	42,2	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	3 506 906	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	109 073	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	190 000	kr
Prisforskjell kjøkkenheter	0	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	24 605	kr
Varmeanlegg	128 583	kr
Sum investeringskostnader	4 324 438	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	16 788	324 839
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		324 839
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	89 876	1 739 058
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	10 185 483	kr

## Økonomialternativ 2

I tabell 89 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 2.

Tabell 89: Økonomialternativ 2

<b>Alternativ 2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	25,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	2 079 561	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	109 134	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	190 000	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	70 088	kr
Prisforskjell branntiltak	24 605	kr
Varmeanlegg	128 583	kr
Sum investeringskostnader	4 524 981	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	16 788	324 839
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		324 839
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	89 926	1 740 030
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 959 654	kr

## Økonomialternativ 3.1.1

I tabell 90 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 3.1.1.

Tabell 90: Økonomialternativ 3.1.1

<b>Alternativ 3.1.1</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	104 210	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	190 000	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	24 605	kr
Varmeanlegg	127 927	kr
Sum investeringskostnader	4 454 238	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	16 788	324 839
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		324 839
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	85 869	1 661 522
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 311 828	kr

## Økonomialternativ 3.1.2

I tabell 91 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 3.1.2.

Tabell 91: Økonomialternativ 3.1.2

<b>Alternativ 3.1.2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	25,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	2 079 561	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	104 210	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	190 000	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	24 605	kr
Varmeanlegg	127 927	kr
Sum investeringskostnader	4 454 238	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	16 788	324 839
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		324 839
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	85 869	1 661 522
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 810 402	kr



## Økonomialternativ 3.2.1

I tabell 92 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 3.2.1.

Tabell 92: Økonomialternativ 3.2.1

<b>Alternativ 3.2.1</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	98 144	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	0	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	9 282	kr
Varmeanlegg	126 906	kr
Sum investeringskostnader	4 247 894	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	8 394	162 420
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		162 420
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	80 871	1 564 806
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	7 846 349	kr

## Økonomialternativ 3.2.2

I tabell 93 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 3.2.2.

Tabell 93: Økonomialternativ 3.2.2

<b>Alternativ 3.2.2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	98 144	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	0	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	9 282	kr
Varmeanlegg	126 906	kr
Sum investeringskostnader	4 247 894	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	10 926	211 413
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		211 413
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	80 871	1 564 806
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	7 895 342	kr

## Økonomialternativ 3.3

I tabell 94 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 3.3.

Tabell 94: Økonomialternativ 3.3

<b>Alternativ 3.3</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	101 681	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	190 000	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	24 605	kr
Varmeanlegg	127 781	kr
Sum investeringskostnader	4 454 092	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	16 788	324 839
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		324 839
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	83 785	1 621 200
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 271 360	kr

## Økonomialternativ 4.1

I tabell 95 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 4.1.

Tabell 95: Økonomialternativ 4.1

<b>Alternativ 4.1</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	102 633	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	13 750	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	110 373	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	0	kr
Varmeanlegg	127 781	kr
Sum investeringskostnader	4 233 154	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	8 394	162 420
Filter i kjøkkenhette	39 690	767 981
Sum nåverdikostnad utskiftning		930 401
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	84 570	1 636 378
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 671 162	kr

## Økonomialternativ 4.2

I tabell 96 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 4.2.

Tabell 96: Økonomialternativ 4.2

<b>Alternativ 4.2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	102 633	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	13 750	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	181 913	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	0	kr
Varmeanlegg	127 781	kr
Sum investeringskostnader	4 304 694	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	8 394	162 420
Filter i kjøkkenhette	39 690	767 981
Sum nåverdikostnad utskiftning		930 401
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	84 570	1 636 378
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 742 702	kr

## Økonomialternativ 4.3

I tabell 97 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 4.3.

Tabell 97: Økonomialternativ 4.3

<b>Alternativ 4.3</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	19,0	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 580 987	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	102 633	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	3 981 250	kr
Prisforskjell aggregater	13 750	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	247 083	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	0	kr
Varmeanlegg	127 781	kr
Sum investeringskostnader	4 369 864	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	15 000	290 242
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	8 394	162 420
Filter i kjøkkenhette	39 690	767 981
Sum nåverdikostnad utskiftning		930 401
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	84 570	1 636 378
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 807 872	kr

## Økonomialternativ 5

I tabell 98 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 5.

Tabell 98: Økonomialternativ 5

<b>Alternativ 5</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	33,8	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	2 805 952	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	99 062	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	251 370	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	0	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	6 401	kr
Varmeanlegg	127 635	kr
Sum investeringskostnader	4 672 906	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		1 310 309
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	81 627	1 579 442
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	11 790 797	kr

## Økonomialternativ 6

I tabell 99 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 6.

Tabell 99: Økonomialternativ 6

<b>Alternativ 6</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	16,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	1 378 607	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	99 124	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	251 370	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	70 088	kr
Prisforskjell branntiltak	6 401	kr
Varmeanlegg	127 635	kr
Sum investeringskostnader	4 873 449	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		1 310 309
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	81 678	1 580 431
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	10 564 983	kr



## Økonomialternativ 7.1.1

I tabell 100 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 7.1.1.

Tabell 100: Økonomialternativ 7.1.1

<b>Alternativ 7.1.1</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	10,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	880 033	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	99 157	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	251 370	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	6 401	kr
Varmeanlegg	127 635	kr
Sum investeringskostnader	4 803 362	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	0	0
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		1 310 309
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	81 705	1 580 957
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	8 574 661	kr

## Økonomialternativ 7.1.2

I tabell 101 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 7.1.2.

Tabell 101: Økonomialternativ 7.1.2

<b>Alternativ 7.1.2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	10,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	880 033	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	99 157	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	251 370	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	6 401	kr
Varmeanlegg	127 635	kr
Sum investeringskostnader	4 803 362	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		1 310 309
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	81 705	1 580 957
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	9 996 848	kr

## Økonomialternativ 7.2

I tabell 102 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 7.2.

Tabell 102: Økonomialternativ 7.2

<b>Alternativ 7.2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	7,8	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	651 198	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	91 377	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	0	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	0	kr
Varmeanlegg	126 833	kr
Sum investeringskostnader	4 544 789	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		1 310 309
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	75 295	1 456 913
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	9 385 396	kr

## Økonomialternativ 7.3

I tabell 103 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 7.3.

Tabell 103: Økonomialternativ 7.3

<b>Alternativ 7.3</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	10,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	880 033	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	94 210	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	251 370	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	130 456	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	6 401	kr
Varmeanlegg	127 052	kr
Sum investeringskostnader	4 802 778	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	0	0
Sum nåverdikostnad utskiftning		1 310 309
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	77 629	1 502 082
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	9 917 390	kr

## Økonomialternativ 8.1

I tabell 104 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 8.1.

Tabell 104: Økonomialternativ 8.1

<b>Alternativ 8.1</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	10,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	880 033	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	92 550	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	0	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	110 373	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	898	kr
Varmeanlegg	126 833	kr
Sum investeringskostnader	4 525 604	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	39 690	767 981
Sum nåverdikostnad utskiftning		2 078 290
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	76 261	1 475 615
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	10 381 730	kr

## Økonomialternativ 8.2

I tabell 105 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 8.2.

Tabell 105: Økonomialternativ 8.2

<b>Alternativ 8.2</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	10,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	880 033	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	92 550	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	0	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	181 913	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	898	kr
Varmeanlegg	126 833	kr
Sum investeringskostnader	4 597 144	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	39 690	767 981
Sum nåverdikostnad utskiftning		2 078 290
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	76 261	1 475 615
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	10 453 270	kr

## Økonomialternativ 8.3

I tabell 106 ses beregningen av total nåverdi for økonomialternativ 8.3.

Tabell 106: Økonomialternativ 8.3

<b>Alternativ 8.3</b>		
<b>Forutsetninger</b>		
Analyseperiode	30	år
Kalkulasjonsrente	0,031	
Energipris	0,824	kr/kWh
Kvadratmeterpris	83 061	kr/m <sup>2</sup>
<b>Resultater sjaktberegninger</b>		
Nødvendig sjaktareal	10,6	m <sup>2</sup>
Kostnad sjakter	880 033	kr
<b>Resultater energiberegninger</b>		
Årlig energibehov	92 550	kWh/år
<b>1. Anskaffelses- og restkostnader</b>		
12 Nybygg	Investeringskostnad	
Grunnpris ventilasjonsanlegg	4 287 500	kr
Prisforskjell aggregater	0	kr
Prisforskjell kjøkkenhetter	247 083	kr
Prisforskjell avkastvifte	0	kr
Prisforskjell branntiltak	898	kr
Varmeanlegg	126 833	kr
Sum investeringskostnader	4 662 314	kr
<b>2. Forvaltningskostnader</b>		
<b>3. Drifts- og vedlikeholdskostnader</b>		
32 Vedlikehold	Årlig vedlikeholdskostnad	Nåverdikostnad vedlikehold
	kr	kr
Vedlikehold ventilasjonsanlegg	73 500	1 422 187
<b>4. Utskiftnings- og utviklingskostnader</b>		
41 Utskiftning	Årlig utskiftningskostnad	Nåverdikostnad utskiftning
	kr	kr
Filter i aggregat	67 718	1 310 309
Filter i kjøkkenhette	39 690	767 981
Sum nåverdikostnad utskiftning		2 078 290
<b>5. Forsyningskostnader</b>		
51 Energi	Årlig energikostnad	Nåverdikostnad energi
	kr	kr
Kostnad energi	76 261	1 475 615
<b>6. Renholdskostnader</b>		
<b>Løsningens totale nåverdikostnad</b>		
Total nåverdikostnad	10 518 440	kr