

Indkøbsvejledning for behovstilpasset udsugningsventilation i eksisterende etageboliger

Øien, Turid Borgestrand; Wilke, Göran ; Fløe Sørensen, Carsten; Gunnarsen, Lars

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2023

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Øien, T. B., Wilke, G., Fløe Sørensen, C., & Gunnarsen, L. (2023). *Indkøbsvejledning for behovstilpasset udsugningsventilation i eksisterende etageboliger*. (1. udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2023 Nr. 16

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



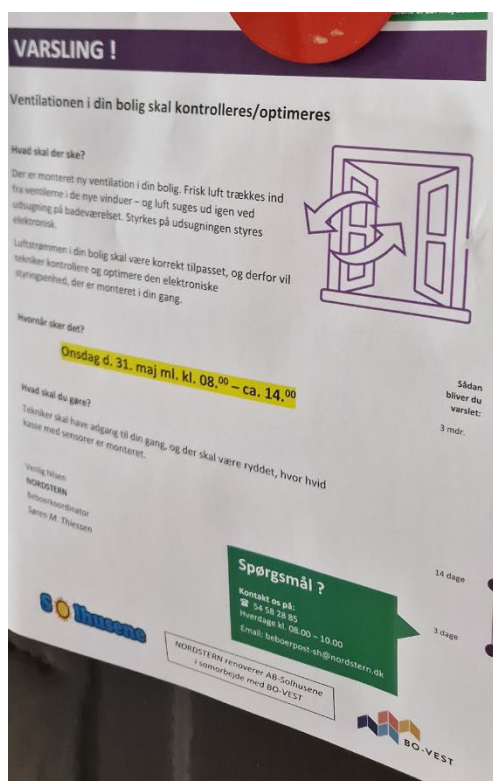
BUILD RAPPORT

2023:16

Indkøbsvejledning for behovs- tilpasset udsugningsventilation i eksisterende etageboliger

Turid Borgstrand Øien, Göran Wilke, Carsten Fløe Sørensen og Lars Gunnarsen

Indkøbsvejledning for behovstilpasset udsugningsventilation i eksisterende etageboliger



Turid Borgstrand Øien, Göran Wilke, Carsten Fløe Sørensen og Lars Gunnarsen

TITEL	Indkøbsvejledning for behovstilpasset udsugningsventilation i eksisterende etageboliger
SERIETITEL	BUILD-rapport 2023:16
FORMAT	PDF
UDGAVE	1. Udgave
UDGIVELSEÅR	2023
UDGIVET DIGITALT	September 2023
FORFATTER	Turid Borgestrand Øien, Göran Wilke, Carsten Fløe Sørensen, Lars Gunnarsen
SPROG	Dansk
SIDEANTAL	42
LITTERATURHENVISNINGER	Side 42
EMNEORD	Bygningsreglementet, Indeklima, Ventilation
ISBN	978-87-563-2120-4
ISSN	2597-3118
FOTO	Angivet ved de enkelte fotos
UDGIVER	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.build.aau.dk Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

Indhold

INDKØBSVEJLEDNING FOR BEHOVSTILPASSET UDSUGNINGSVENTILATION I EKSISTERENDE ETAGEBOLIGER.....	1
FORORD	4
INDLEDNING	5
KONCEPTET BEHOVSTYRET BOLIGVENTILATION	6
BR's kapacitetskrav vs. mindstekrav	7
Ventilations og reguleringsprincip	9
Overordnede prisestimer for anlægsøkonomien	10
SPECIFIKATIONER OG KRAV FOR VENTILATION OG AUTOMATIK	13
Ventilation	13
I den enkelte lejlighed	15
Disponering af føringsveje	15
Motoriserede spjæld (VAV-spjæld)	16
Erstatningsluft	18
Selvstændigt emhætteafkast	20
Overførsel af luft mellem rum	21
Brand- og røgsikring	24
Anbefalinger i forbindelse med etablering af behovsstyret boligventilation	25
Automatik	26
Krav og anbefalinger til VAV-spjæld, styrebokse og lokalt netværk	28
Krav til indeklimamålere	28
Cloudtjeneste til dataopsamling, styring og rapportering	29
Anbefalinger vedrørende cloudtjeneste	30
Aflevering og drift	31
Ansvarsforhold i forbindelse med aflevering og idriftsætning af behovsstyret udsugning	31
Aflevering, drift og vedligeholdelse af anlæg	32
Energiforhold	33
Anbefalinger til aflevering og drift	34
MYNDIGHEDSBEHANDLING OG DISPENSATIONSANSØGNING	35
Byggeregler	35
Behov for dispensation	36
Tilpasning til den aktuelle bygning	38
Anbefalinger til dispensationsansøgning	40
REFERENCER	41
BAGORD	42

Forord

Et relativt nyt koncept *Behovsstyret udsugningsventilation* kombinerer et traditionelt ventilationsprincip med indeklimamålinger, IT og cloudstyring af luftskiftet i den enkelte lejlighed. Løsningen, som blander velkendte ventilationskomponenter med sensorer, datakommunikation og algoritmer i skyen, er afprøvet i forbindelse med Landsbyggefondens renoveringer af ældre etageejendomme.

I lyset af de indhøstede erfaringer, har Landsbyggefonden besluttet at få udarbejdet en indkøbsvejledning, som kan guide boligafdelinger og rådgivere, som overvejer at etablere behovsstyrt boligventilation som alternativ til fx balanceret ventilation.

Vejledningen er skrevet med baggrund i de seneste års viden fra de tre første demonstrationsprojekter og de erfaringer, der er høstet. Exergi Aps, WSP A/S og Indemiljørådgiver Aps har været engageret i udvikling og sparring for boligorganisationerne undervejs i projekterne. De case-specifikke erfaringer er her omsat til mere vejledende beskrivelser og anbefalinger, der bedre kan tilpasses de aktuelle bebyggelser og lokale forhold.

Konceptets resultater i et givent byggeri afhænger i høj grad af, at man får stillet de rigtige krav til løsninger, ikke mindst på en måde, der tager højde for den ønskede performance og drift. Valg i de tidlige projektfaser kan have betydning for boligkvalitet og indeklima, energiforbrug og miljøbelastning, samt effektivt boligareal og anlægs- og driftsøkonomi. Herudover har demonstrationsprojekterne omfattet forhold, der har krævet dispensation fra myndighederne. Erfaringerne om kvalificering til fremtidige projekter i branchen omfatter også overvejelser om, hvad og hvordan der dokumenteres i denne del af byggesagen.

Vi vil gerne takke dem, der har bidraget til denne vejledning. I skriveprocessen har det været vigtigt at trække bredt på branchens viden. Udkastet blev sendt til høring hos 21 brancheaktører, herunder repræsentanter fra boligorganisationer, rådgivere og myndigheder med erfaring fra demonstrationsprojekter og andre tilgrænsende projekter. Tak til høringsparterne for de vigtige bidrag efter gennemlæsningen af manuskript og input til specificering af opmærksomhedspunkter og sagsforhold i både projekt, udbud og myndighedsproces.

BUILD, Sektion for Byggeteknik, Processer og Indeklima

Anne Kathrine Frandsen

Vicedirektør og konstitueret sektionsleder

Indledning

Ventilation af boliger er afgørende for at opretholde et godt indeklima, der understøtter trivsel, sundhed og produktivitet. Passende ventilation er desuden en vigtig forudsætning for at undgå skimmelsvampevækst og andre fugtrelaterede problemer, der kan skade beboerne og medføre behov for bygningsrenovering.

Valg af ventilationsløsning ved en renovering afhænger af en række lokale forhold. Kerneydelsen er dog, at en bygnings rum forsynes med en passende mængde frisk luft, samtidig med, at energiforbruget holdes nede. Eksisterende bygningers status og geometri, herunder de eksisterende ventilationssystemer er afgørende for valg af løsninger. Renovering af ældre etagebyggerier kan fx indbefatte bevaringsværdige byggerier, hvor man ønsker mindst muligt fysisk indgreb i bygningsmassen, små lejligheder, hvor man vil bibeholde størst muligt effektivt boligareal, eller ambitiøse bygherrer, der vægter boligkvalitet højt. Desuden er der et stigende krav til den professionelle bygningsejer om at indtænke bæredygtige løsninger, fx ved at reducere materialeforbrug ved etablering af ventilation, og ved at sikre optimal drift.

En række renoveringsprojekter i almene boliger gennemføres nu med behovsstyret udsugningsventilation, hvor luftskiftet i hver bolig styres individuelt. Kombinationen af udsugningsanlæg og styrings-automatik har rejst en række spørgsmål fra boligafdelinger og rådgivere.

Denne indkøbsvejledning, giver en første introduktion til behovstilpasset udsugningsventilation med en række anbefalinger.

Formålet med vejledningen er at samle specifikationer og krav for den behovsstyrede udsugningsventilation til brug i ansøgning og sagsbehandling omkring byggetilladelse, projektering, udførelse og videre drift.

Vejledningen beskriver indledningsvis systemkrav til ventilationskonceptet, herunder krav til ventilationssystem, krav til den bagvedliggende automatik og IT-løsning, samt en række brugerkrav. Sidst i vejledningen omtales dispensationsmuligheder i forhold til bygningsreglementets krav samt en kort omtale af aftaler, test og fortløbende kvalitetssikring af det samlede ventilationssystem.

Ved *mindre* renoveringsprojekter, hvor der ikke ændres anvendelse eller bygges til, er det ikke et lovkrav at opfylde *seneste* Bygningsreglement, men derimod de krav der var gældende ved byggeriets opførelse. Typisk vil boligforeninger have målsætninger om mere ambitiøse mål for såvel indeklima som energiforbrug og miljøbelastning. Med den politiske aftale om bæredygtigt byggeri i 2021 (BPST, 2022; Indenrigs- og Boligministeriet, 2021) kan det forventes, at der også vil komme officielle klimakrav til renoveringer.

Konceptet behovsstyret boligventilation

Behovsstyret boligventilation er en nytænkning af udsugningsventilation, hvor luftskiftet i hver lejlighed *styres og varieres*, så der sikres et godt indeklima og et minimalt energiforbrug. Da behovet for frisk luft i de enkelte lejligheder varierer, efter antal beboere, og ikke mindst deres brugsmønster over tid, vil individuel styring af luftskiftet reducere overventilation og give betydelige energibesparelser sammenlignet med løsninger med konstant udsugning. Omvendt vil styringen sikre et forhøjet luftskifte, når behovet for frisk luft er særlig stort. Energiforbruget er sammenligneligt med forbruget ved balanceret ventilation med varmegenvinding, men konceptet lader sig etablere med mindre omfattende indgreb i bygningerne og mindre investeringsbehov.

Behovsstyret ventilation baseres på et simpelt ventilationsprincip, der forudsætter løbende målinger af luftens kvalitet og automatik med et tilhørende IT-system. Indeklimamålinger, lokale vejrprognoser samt feedback fra motorstyrede VAV-spjæld, anvendes til at optimere den enkelte lejligheds luftskifte. Omdrejningspunktet er et Internetbaseret IT-system, hvor alle informationer samles og styresignaler beregnes. Dette bliver i det følgende omtalt som en *cloud-tjeneste*. Målinger og dataopsamling sikrer samtidigt løbende dokumentation af styresignaler og indeklimaets kvalitet, med mulighed for feedback til såvel brugere som driftspersonale.

Behovsstyring af den enkelte lejlighed/zone baseret på indeklimamålinger er ikke en ny teknologi, men anvendes allerede i kontorer og undervisningslokaler, hvor luftskiftet tilpasses i det enkelte lokale og med udgangspunkt i det aktuelle indeklima. I den aktuelle udformning af behovsstyret boligventilation, er omdrejningspunktet en dynamisk model¹, hvor 'produktion' af fugt og CO₂ i lejligheden løbende måles og sammenholdes med lokale vejrprognoser. Dette giver grundlag for at beregne behovet for frisk luft i den efterfølgende 5. minutters periode og justere udsugningen i overensstemmelse med det aktuelle behov.

Et interessant aspekt er, at den mekaniske udsugning baseret på automatik sikrer det luftskifte, som beboerne *ikke* selv håndterer. Hvis beboerne fx selv bidrager ved udluftning, ved åbne vinduer eller hyppig brug af emhætte, reduceres det mekaniske luftskifte automatisk.

¹ Styrealgoritmer dokumenteres i den kommende BUILD-rapport om behovsstyret boligventilation (Øien m.fl., U.U).

BR's kapacitetskrav vs. mindstekrav

Boliger ventileres generelt med et fast luftskifte, der er fastsat som mindst $0,3 \text{ l/s m}^2$ suppleret med et krav om, at der skal kunne udsuges mindst 15 l/s fra bade og wc-rum og 20 l/s fra køkkener. Det er ændringer i bygningsreglementet (BR) pr. 1.1.2021 og 1.1.2022 som har banet vej for nye ventilationsløsninger i boligsektoren. Det hidtidige krav om *balanceret* ventilation er bortfaldet, forudsat at energiforbruget ikke stiger ved brug af de nye løsninger.

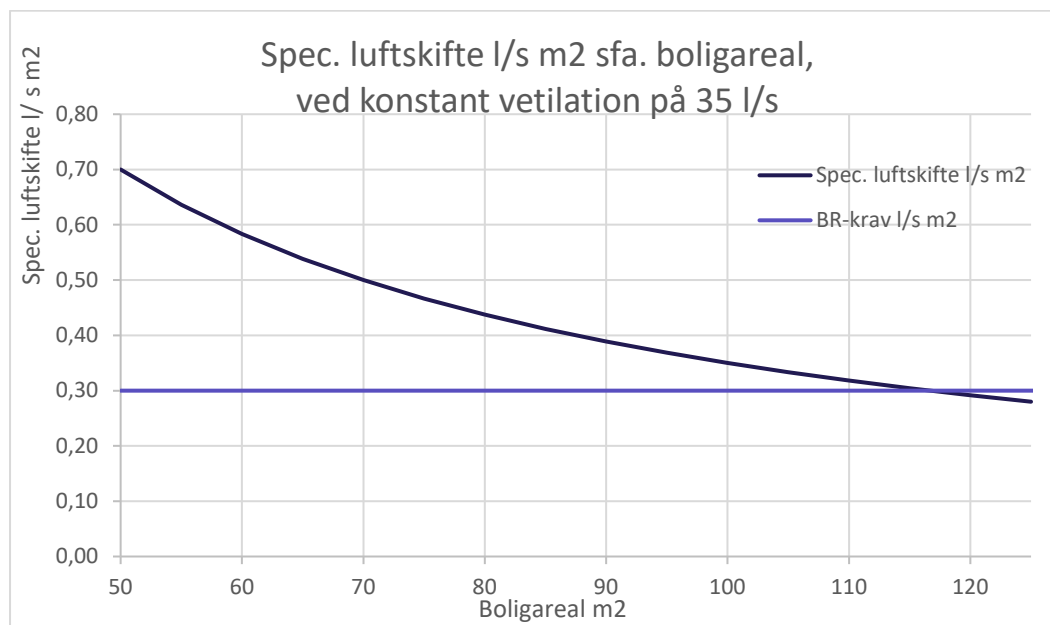
Pr. 1.1.2022 blev det tilladt, at luftskiftet i perioder *halveres* i forhold til de generelle krav ($0,3 \text{ l/s m}^2$), *hvis* ventilationen i hver bolig styres automatisk og individuelt, ud fra målinger af indeklimate. De nye regler for et luftskifte *under* $0,3 \text{ l/s m}^2$ gælder dog ifølge vejledningen kun for tidspunkter, hvor en bolig er tom.

Boligafdelingerne kan søge om dispensation fra ovennævnte krav hos kommunen. Læs mere herom under afsnittet Myndighedsbehandling og dispensationsansøgning.

Kapacitetskravet til udsugningsanlæg i køkken og bad giver et gennemsnitligt luftskifte, der langt overstiger de $0,3 \text{ l/s m}^2$ for mindre lejligheder.

For en lejlighed på 70 m^2 , som *ikke* har ventilationsstyring, og derfor er indreguleret til at overholde kapacitetskravene, giver dette et konstant luftskifte på $0,5 \text{ l/s m}^2$. Det er 67% over mindstekravet på $0,3 \text{ l/s m}^2$. Da de danske almene boliger i gennemsnit er omkring 75 m^2 er resultatet ofte en overventilering med tilhørende stort energispild.

I nedenstående figur vises luftstrømmen per kvadratmeter bolig for forskellige boligstørrelser ved konstant udsugning i køkken (20 l/s) og bad (15 l/s).



Figur 1. Luftstrømmen per boligareal ved konstant udsuget luftstrøm på 15 l/s fra bad og WC-rum og 20 l/s fra køkken for forskellige boligstørrelser. Det andet krav i BR på 0,3 l/s m² er vist som reference.

Den tidligere nævnte ændring i BR betyder, at luftskiftet i en lejlighed må nedreguleres i forhold til kapacitetskravene, *forudsat* at styringen baseres på fortløbende målinger af fugt og CO₂. Manuel nedregulering er ikke tilladt.

Der ligger således en stor besparelse ved variabel ventilation af små lejligheder som følge af muligheden for at regulere luftskiftet ned fra kapacitetskravene til 0,3 l/s m².

Ændringen i BR giver herudover mulighed for yderligere energibesparelser ved at gå helt ned til 0,15 l/s m², hvis boligen er tom. Bygningsreglementet har dog en grænse for den beregnede energibesparelse som følge af luftskifte på *under* 0,3 l/s m² (fastsat til maksimalt 30 timer per måned).

En sidegevinst ved behovsstyret ventilation er, at indeklima og faktiske luftmængder dokumenteres for de enkelte lejligheder. Sidstnævnte betyder fx, at skjulte fejl og blokeringer i de enkelte spjæld bliver synlige for den driftsansvarlige. Samtidig åbner dette for feedback til brugerne om lejlighedens faktiske indeklimaforhold.

Behovsstyret boligventilation adskiller sig fra *balanceret* ventilation ved at trække uopvarmet luft ind i boligen direkte fra facaden. I *balanceret* ventilation udnyttes energien i udsugningsluften til at forvarme udeluft, som via kanalsystem efterfølgende føres frem til bygningens enkelte rum. Dette giver en energibesparelse, som behovsstyret ventilation ikke har som standard.

Fravalget af traditionel varmegenvinding i forbindelse med behovsstyret ventilation skyldes, at dette kræver et separat rørsystem med udeluftstilførsel til alle rum, hvilket er

både pladskrævende og en dyr løsning. Her er det vigtigt at sammenholde de betydelige investeringer med de sparede energiudgifter.

I *behovsstyret* ventilation sikres energibesparelser ved at undgå overventilation med tilhørende energispild. Det er dog ikke givet, at denne energibesparelse er stor nok til, at behovsstyret ventilation kan komme helt ned på niveau med balanceret ventilation *med* varmegenvinding, jf. kravet i bygningsreglementet. Se mere herom under afsnittet Myndighedsbehandling og dispensationsansøgning.

Du kan læse mere om konceptet behovsstyret boligventilation samt erfaringer fra det første demonstrationsprojekt hos Højstrupparken FAB, Odense i rapporten 'Behovsstyret ventilation i ældre etageboliger' (Øien, m.fl. U.U.).

Supplerende varmegenvinding

Ved behovsstyret boligventilation trækkes afkastluften fra alle lejligheder i en eller flere opgange op på tag via et udsugningsanlæg. Det betyder, at, som vist i Figur 1, har en lejlighed på 60 m² behov for luftstrøm på ca. 36 l/s, hvilket for en boligblok med 24 boliger vil give en mulig energikilde på ca. 850 l/s eller ca. 3000 m³/h varm og fugtig luft med en temperatur på ca. 22°C året rundt.

I balanceret ventilation overføres hovedparten af energien i afkastluften til den friske udeluft, som bliver forvarmet før den blæses ind i de enkelte rum. Udfordringen kan være, at det er pladskrævende at etablere rørsystem til fremføring af forvarmet frisk luft fra tag til alle beboelsesrummene i en bygning.

Ventilations og reguleringsprincip

Behovsstyret udsugning er i bund og grund et klassisk udsugningssystem for etageejendomme, hvor en udsugningsventilator er placeret i fx uudnyttet loftrum med lodrette kanalsystemer til de enkelte lejligheds udsugning fra køkken og bad/toilet. Det der gør systemet til *behovsstyret* udsugning, er introduktionen af indeklimamonitorering i lejligheden og regulering af motoriserede VAV-spjæld på udsugningskanalen fra henholdsvis køkken og bad/toilet i forlængelse af de målte værdier og vejrprognoser. Tilførslen af erstatningsluft sker fra facaden fx via indtag bag en radiator, under sålbænk eller gennem et vindue. Mulighederne for forvarmning af erstatnings-luft for at undgå gener fra tilførsel af kold udeluft, skal tages i betragtning i forhold til valg af friskluftsindtag.

Anlæggets opbygning består overordnet af følgende elementer:

- trykstyret udsugningsventilator tilsluttet kanalsystem
- kanalsystem med udsugning fra køkken og bad/toilet og afkast over tag
- indeklimamåler centralt placeret i boligen
- fugt- og tilstedeværelsessensor i bad/toilet til sikring af tilstrækkelig udsugning ved brug af toilet og efter bad
- trådløst netværk til datahjemtagning fra indeklima målere
- erstatningsluft fx via facade eller vinduer

- sikring af luftudveksling imellem lejlighedens rum
- sikring mod træk og støj i henhold til gældende krav på området
- brand- og røgsikring af systemet
- sikring af al fortrådning mellem komponenter samt etablering af internetforbindelse til 3. parts regulering
- Cloud-service, som opsamler måledata, vejrprognoser med videre og beregner det nødvendige luftskifte.

Opmærksomhedspunkter:

- Sikring mod partikelindtrængning og trækgener kan eventuelt etableres med filtre i forbindelse med ventilationsåbningerne og luftindtag gennem radiatorer eller vinduer med luftindtag og forvarmning af udeluften ved varmeveksling med indeluften.
- Placering af filter i emhætte, så fedt i aftrækskanaler begrænses/undgås, og at filter samtidig kan tilgås nemt ved halvårlige skift.
- Potentialet i at udnytte eksisterende aftrækskanaler med deres nuværende dimension, og hensyntagen til den deraf begrænsede kapacitet.
- Vil der i et projekt med behovstilpasset ventilation baseret på en cloud tjeneste være behov for at skabe sikkerhed for, at den færdige løsning er robust, og at alle kommunikationsveje fungerer. Cloud tjenesten vil typisk være udfordret af, at den vil være nyudviklet og være omfattet af særlige krav til, at personfølsomme oplysninger ikke kan aflæses af folk uden bemyndigelse. Det bør overvejes, at de involverede før udrulning i en større bebyggelse demonstrer, at deres systemer fungerer og kan kommunikere hensigtsmæssigt i en mockup i en enkelt opstilling eller prøvelejlighed.
- Den valgte ventilationsløsning kan have betydning for principperne i praksis for varmeregnskaber. I ventilationsløsninger, hvor udeluft passerer gennem radiatorer, kan placering af varmefordelingsmålere eventuelt give udfordringer.

Overordnede prisestimer for anlægsøkonomien

Forventninger til økonomi spiller en stor rolle, når der ved en renovering overvejes *behovsstyret* ventilation som et alternativ til *balanceret* ventilation. For den traditionelle løsning med balanceret luftskifte findes der et gedigent erfaringsgrundlag, hvad angår investeringer.

Overfor dette står, at behovsstyret ventilation på den ene side genbruger dele af den traditionelle ventilationsløsning med ventilator og rør til udsugning i køkken og bad, men omvendt udelader varmeveksler og kanalsystem til fremføring af forvarmet luft til alle rum i alle lejligheder. Sidstnævnte giver en betydelig økonomisk besparelse, som kan blive ganske betragtelig, hvis eksisterende kanaler fra naturlig ventilation kan genbruges. Dette er ikke tilfældet ved balanceret ventilation.

På den anden side skal den tekniske løsning i behovsstyret ventilation suppleres med to VAV-spjæld i alle lejligheder, samt en række IT-komponenter og services. Det 'nye' i konceptet er automatik, med indeklimamåling, datakommunikation og styring, som

inkluderer en række IT-tjenester. Indtil nu har der kun været ét firma, som har leveret automatik og styring til behovsstyret boligventilation, herunder de tre demonstrationsprojekter. Omvendt findes der en række virksomheder, som markedsfører de nødvendige komponenter og services. Hvis der er en stor interesse for behovsstyret ventilation, er der således grundlag for, at en række virksomheder vil kunne tilbyde forskellige løsninger i relation til automatik, måling og styring, og dermed sikre konkurrence og faldende priser.

Behovsstyret boligventilation er et nyt koncept, hvor det pt. kun er ét demonstrationsprojekt i drift og to under etablering. De giver selvsagt et beskedent erfaringsgrundlag. En særlig udfordring i forhold til prisestimer er de forskellige former for prissætning af IT-ydelser, hvor betaling opkræves via en kombination af investering og betaling ved start, samt årlige abonnementer. Det betyder, at 'pakken' *automatik, måling og styring* kan udbydes med en lav investering, hvor det omvendt opereres med høje abonnement-tariffer, og eventuelt en lang bindingsperiode. Boligafdelinger, som ønsker at stå frit i forhold til efterfølgende service-aftaler for IT-drift og lave årlige omkostninger, vil omvendt acceptere lidt højere opstartsomkostninger. Videre indgår der i konceptet behovsstyret ventilation forskellige former for rapportering og feedback til driftsorganisation og beboere. Her vil boligorganisationernes eventuelle særlige ønsker, som kræver specialdesignede rapporter og visualisering, give betydelige pristillæg.

I nedenstående tabel er der vist nogle intervaller for skønnede omkostninger til henholdsvis investeringer og årlige driftsomkostninger, baseret på et spinkelt datagrundlag. Det skal derfor understreges, at der må forventes tilbud, som kan ligge udenfor de givne intervaller. Som tabellen viser, ligger den største del af udgifterne til at etablere kanaler og ventilationsanlæg, hvor ejendommens aktuelle indretning er helt afgørende.

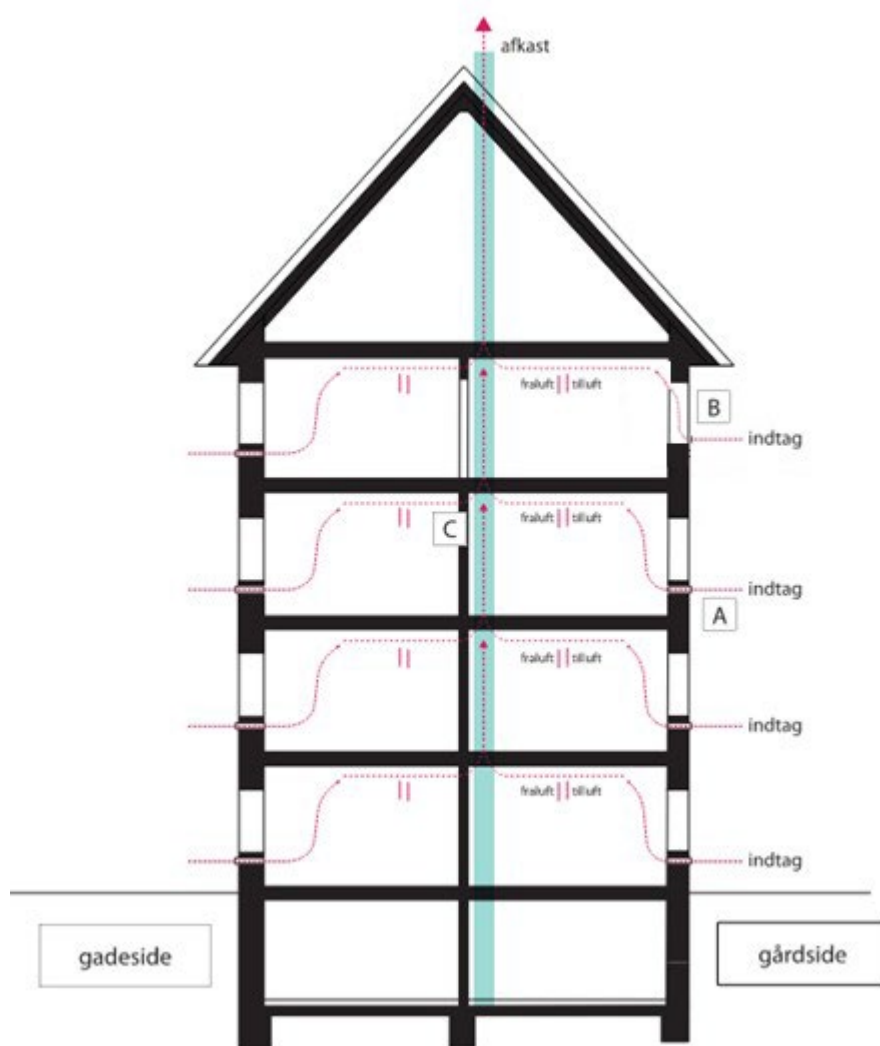
Tabel 1. Prisestimer baseret på de foreløbige erfaringer fra demonstrationsprojekterne. Estimaterne tager således ikke højde for særlige forhold i de enkelte projekter, herunder udgifter til fx hultagning i tagflade for indhejsning af ventilationsanlæg etc. Priserne kan derfor variere.

Foreløbige prisestimer for indkøb og arbejder, gennemsnit per bolig og ekskl. moms.		
Leverance	Specifikation	Pris / kroner ekskl. Moms pr. bolig
VENTILATION		
Rørføringer og kanalsystemer for udsugning fra bad og toilet, samt luftindtag og afkast herunder hultagning, lukning, isolering og hætte over tag	Inklusive brandsikringsautomatik og indregulering af VAV-spjæld m.m. Prisen varierer afhængig af merpris for tilvalg i forhold til specifik radiatorløsning eller vindue.	20.000 – 28.500
Ventilationsaggregat	1 anlæg pr. 1-2 opgang (pris angivet pr. bolig)	2.500 - 5.000
MÅLING, STYRING OG AUTOMATIK		
Indkøb og installationsarbejder af:	• indeklimamålere (batteridrift), • gateways/trådløst netværk (fx LoRa) til dataopsamling • styrebokse (typisk én pr. opgang)	3.000 – 6.000
IT-opsætning og tilpasning af Cloud-service	Prisen afhænger af om boligafdeling ønsker særlige rapporter, brugerlogin osv.	500 – 2.000
Drift og overvågning af trådløst netværk, styrebokse og Cloud-tjeneste	Årlig udgift til lokal drift og overvågning af trådløst netværk samt Cloud-tjeneste, der også omfatter analyser og beregning af styresignaler, samt rapportering til drift og beboere.	500 – 1.000

Specifikationer og krav for ventilation og automatik

Ventilation

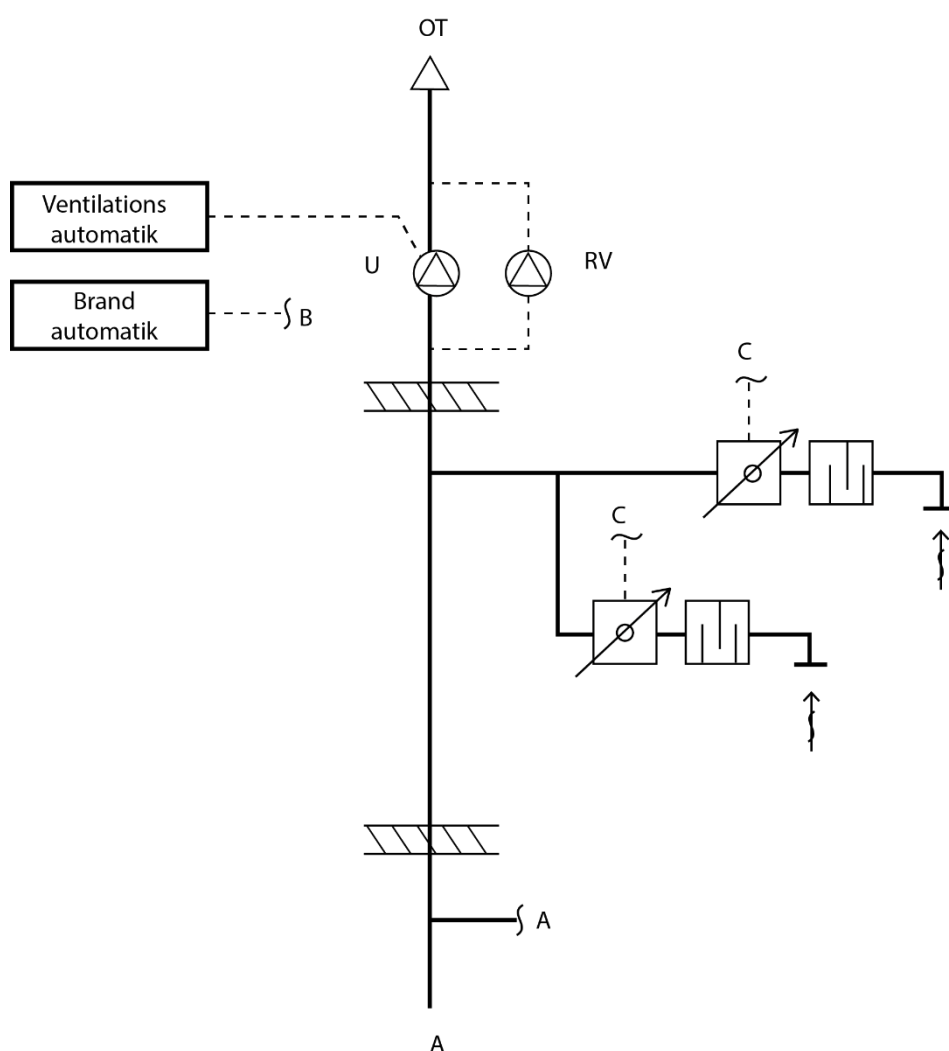
Anlægget opbygges som et trykstyret anlæg med fastholdelse af trykket i kanalsystemet, der påvirkes af ændringen af de motoriserede spjæld i de enkelte lejligheder. Som illustreret i Figur 2, føres afkast fra behovsstyret udsugning over tag.



Figur 2. Eksempel på forenklet principsnit af behovsstyret udsugningssystem. I denne detaljeringsgrad er emhætteerne ikke vist. C viser det fælles aftræk i bolig fra køkken og bad/toilet, mens A (indtag ved sølbænk eller under vindue) og B (indtag gennem eller over vindue) viser to forskellige muligheder for indtag af udeluft. Tegning: NOVA5.

Nedenstående Figur 3 viser et princip for kanalføringen for en lejlighed med lodret fordeling til øvrige etager samt hovedsystemet i tagrum. Tagrummet er her opbygget som røgventileret system med separat røgventilator i tagrum som bypass omkring udsugningsventilatoren for den daglige drift af behovsstyringen. Nødvendige brand-, røg- og/eller røgevakuerings-spjæld for henholdsvis brandsikret eller røgventileret system er ikke vist, og skal varetages af den projekterende/udførende i forbindelse med den valgte

systemopbygning. Der skal ved gennemføringen tages stilling til brandadskillelser mellem boligerne, se mere herom under afsnittet for brand- og røgsikring.



A: Kanalsystem til lejligheder

B: Forsyning til brandsikring (røgventilering / spjældsikret)

C: Forsyning til cloud (3.parts netværk)

Figur 3. Eksempel på ventilationsprincipdiagram af behovsstyret udsugningssystem. NB: Cloudstyring for 3. parts automatikregulering er ikke vist. Tegning: WSP.

I mange tilfælde vil de eksisterende aftrækskanaler gå helt til kælderen. Såfremt kælderen kobles på systemet, kan konstant luftskifte sikres ved indbygning af volustat på kanalsystemet mod kælderen. Der skal sikres tilstrækkelig erstatomsluft, som i de fleste tilfælde vil være eksisterende vinduesventiler (ved høje kældre) eller riste i kældervæggen.

I den enkelte lejlighed

Der skal etableres et grundudsug for den samlede lejlighed for opfyldelse af bygningsreglementets krav til minimum luftmængde. For at sikre en forceret udsugning ved brug af bad og toilet anbefales VAV-spjæld suppleret med en lokal føler (PIR/bevægelses sensor og fugtmåler), der automatisk og umiddelbart opregulerer luftsiftet.

Udsugningen for grundventilering af den enkelte lejlighed skal som udgangspunkt ske fra køkken og bad, på grund af krav om at undgå overførsel af forurenede luft fra et mere forurenede rum til et mindre forurenede rum. Det vil samtidigt være en hel naturlig placering, da eksisterende aftrækskanaler er placeret i køkken og bad, hvor de er ført over tag.

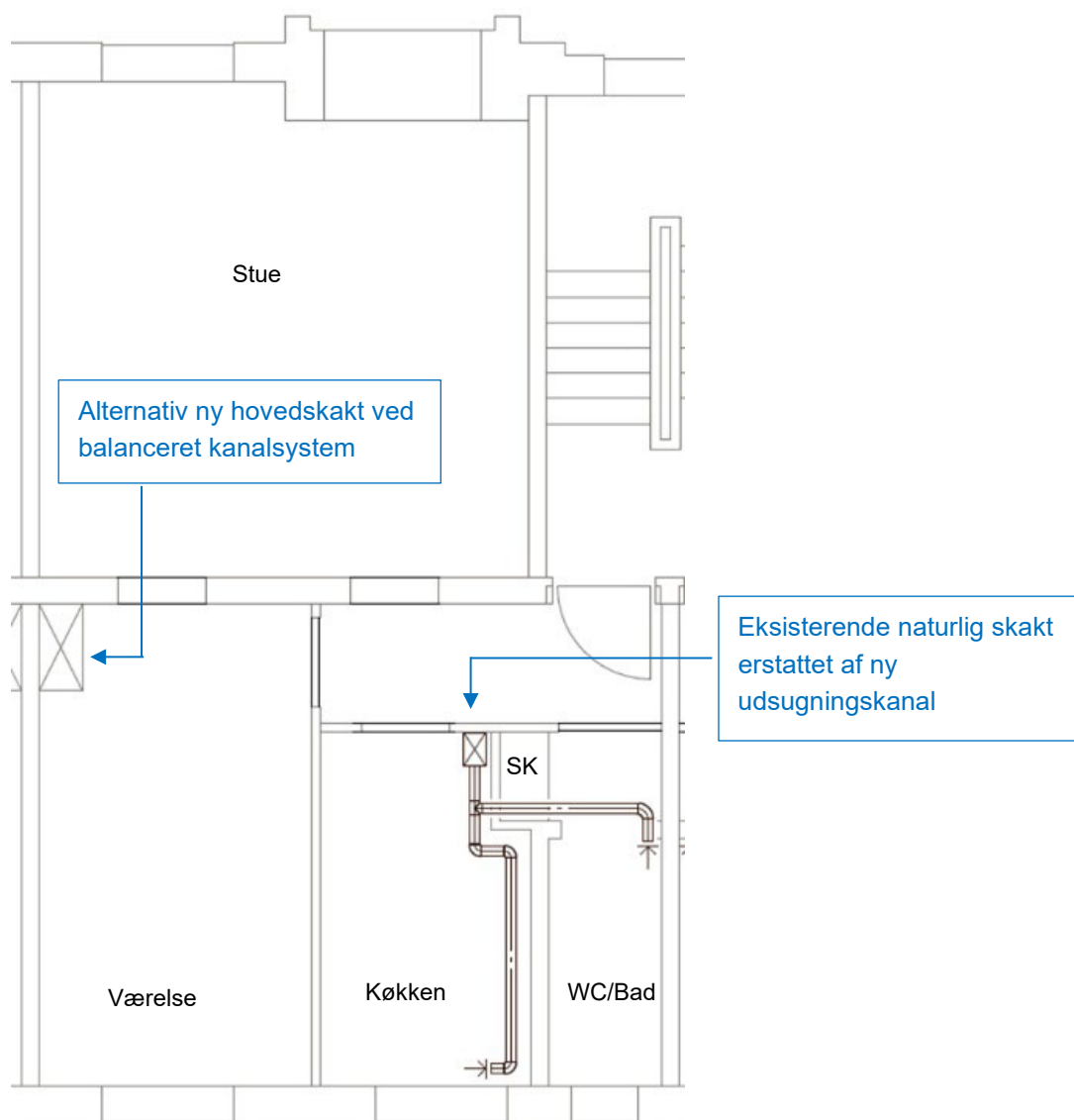
Disponering af føringsveje

Såfremt det er muligt, i forhold til renoveringens omfang, vil det være formålstjenligt at forsøge at udnytte eksisterende føringsveje. Dette skal ske med opmærksomhed på, at disse sandsynligvis vil kræve en udvidelse idet nye krav til ventilering af boligen ved mekanisk udsugning, sandsynligvis vil være øget i forhold til eksisterende fysiske størrelse/kapacitet.

Føringsveje vil skulle overvejes individuelt for hver enkelt byggesag i forhold til eventuelle eksisterende bygningskanaler, eksisterende udsugningssystemer placeret i skakte og i sammenhæng med eventuel ny indretning ud fra omfanget af den samlede renovering/ombygning. Det er op til den enkelte bygherre at søge teknisk bistand til udformning af det samlede udsugningssystem i eventuelt samarbejde med sin bygningsafdeling og/eller driftspersonale.

Såfremt den nye føringsvej ikke planlægges samme sted som eksisterende aftrækskanaler er placeret, skal de eksisterende aftrækskanaler lukkes af. Det kan også overvejes, hvorvidt eksisterende kanaler har en beskaffenhed, der gør, at de kan udnyttes i forbindelse med et behovsstyret system. Der kan være flere forhold, som gør, at det ikke er muligt, men dette bør undersøges uanset, og senest i forbindelse med dispositionsforslaget.

De almindelige bygningsreglements krav til støj og trykforhold skal til enhver tid følges. Alle gennemføringer i dæk og vægge skal tættes/brandtættes mod bygningsdelen i henhold til gældende normer.



Figur 4. Eksempel på føringsveje vist i lejlighedsplan, med udsugningskanal i eksisterende skakt vs. ny hovedskakt ved balanceret kanalsystem. Tegning: WSP.

Figur 4 illustrerer forskellen i tab af nyttigt boligareal til ventilationsskakte med fremføring af kanaler og varmerør. Den behovsstyrede udluftningsventilation kræver en skakt i størrelsesorden 0,25 m², hvor den balancerede ventilation kræver en skakt i størrelsesorden 0,60 m². For 100 boliger giver mekanisk balanceret ventilation således et tab af nyttigt boligareal på ca. 35 m².

Motoriserede spjæld (VAV-spjæld)

Anlægget opbygges med motoriserede spjæld (ofte benævnt VAV-spjæld), som kan være med enten almindeligt målekors eller med ultralyd måling af volumenstrømmen gennem spjældet. Måling med ultralyd giver en mere nøjagtig måling og kan operere ved lavere luftmængder end med almindeligt målekors, men er også dyrere i indkøb. I begge

tilfælde gælder, at spjældene estimerer det faktiske luftskifte, som bruges til at optimere styringen, men også give feedback til styresoftware/cloud-tjeneste. Sidstnævnte er særlig interessant ved eventuelle blokeringer i rør eller spjæld. Spjæld skal være tilgængelige for service og fremtidig udskiftning.

Valg af spjæld skal overvejes i forhold til krav til målenøjagtigheden på baggrund af den mindste og højeste beregnede luftmængde for lejligheden. Dertil er det nødvendigt at tage de fysiske indbygningsmål af selve spjældet og krav til lige kanalstræk inden spjæld, som også er forskelligt fra de to typer, i betragtning.

Derfor skal kanalens fysiske føringsvej nøje planlægges i forhold til at opnå tilstrækkelig afstand før spjæld (i fraluftsretningen), så målenøjagtigheden og dermed regulering af luftmængden over spjæld opretholdes. Ved begrænsede fysiske rammer kan det derfor være nødvendigt at vælge et spjæld, som har lavere krav til afstand før spjæld for stadigt at opnå en god regulering af spjæld som fx ved valg af spjæld med ultralydsmåling.

Volumenstrømsmåling

Nøjagtigheden ved volumenstrømsmåling afhænger af tilstrømningsforholdene foran målekorset. Der bør tilstræbes en lang lige kanalstrækning foran målepunktet ifølge nedenstående tabel.

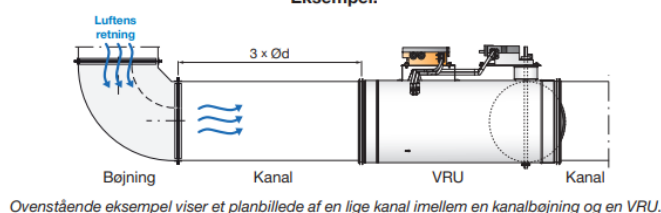
Hvis disse anbefalinger ikke overholdes, bliver volumenstrømsmålingen ustabil og dette resulterer i større unøjagtigheder ved regulering af de ønskede luftmængder. Med anbefalede lige kanalstrækninger foran målepunktet, bliver nøjagtigheden af volumenstrømsmålingen som vist i tabel.

Komponenter	Anbefalet lige kanalstræk foran målekorset
Bøjning	3 x Ød
Afgrening	4 x Ød
Spjæld	6 x Ød

Med anbefalet lige kanal foran enheden vil luftstrømnøjagtigheden være i overensstemmelse med nedenstående tabel.

Hastighed i kanal	Nøjagtighed af volumenstrømsmåling
> 3 m/s	+/- 5%
1,2 - 3 m/s	+/- 10%
0,7 - 1,2 m/s	+/- 25%

Eksempel:



Figur 5. Fabrikat eksempel af målenøjagtighed ved volumenstrømsmåling med almindeligt målekorset. Tegning: Lindab.

Derudover skal producentens krav til det nødvendige minimumsfortryk til reguleringsspjæld medregnes i den samlede beregning af SEL-faktor for anlægget. Herudover skal øvrige kanal- og komponentmodstande såsom lydsluse lejlighed, lydsluse hovedkanal, kontrolventiler, modstande over spjælbladet i eventuelle brand- og røgspjæld med videre medregnes (også ved fuldt åbent spjæld).

Støj fra spjæld minimeres ved indbygning af lydsluser i kanalsystemet monteret mellem udsugningspunktet og spjældet i den enkelte lejlighed.

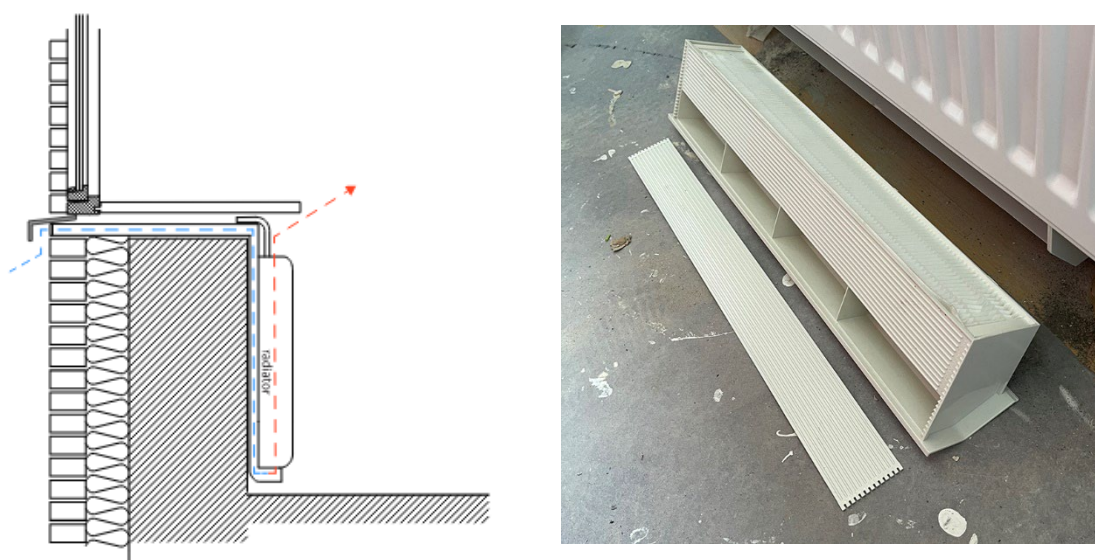
VAV-spjæld skal fortrådes til styreboks for signalgivning til 3. part (cloud). Fortrådning mellem spjæld og til styreboks udføres almindeligvis under el- eller automatikarbejdet.

Strømforsyninger udføres almindeligvis under el-arbejdet. Levering og montering af spjæld udføres almindeligvis under ventilationsarbejdet.

Der anbefales – **en** samlet leverance og montering af styreboks, fortrådning, strømforsyning og spjæld.

Erstatningsluft

Erstatningsluft skal tilvejebringes via facaden i opholdsrum og skal så vidt muligt ske med forvarmning af udeluften samt reduktion af trækgener. Det kan fx ske ved etablering af et friskluftsindtag bagved radiator, som føres op gennem radiatoren, hvor luften bliver forvarmet, eller som indtag via et vindue, hvor luften tilsvarende bliver forvarmet i vandrigen gennem vinduet, som vist i Figur 6 nedenunder.



Figur 6. Eksempel på indtag gennem sålbænk i facade med forvarmning gennem radiator samt gennem filterkasse i bund af radiator, snittegning t.v. og foto af filterkasse t.h. Tegning: Purmo. Foto: Mads Gudmand-Høyer.

Ved ovenstående løsning med filterkasse i bund af radiator, vil det være muligt at vælge mellem forskellige filtre som grovfilter, pollenfilter med videre.



Figur 7. Eksempel på indtag via vindue med forvarmning. Illustration fra LivingBetter.

Følgende almindelige krav og forudsætninger skal opfyldes ved den valgte løsning:

BR18, §424 (uddrag):

Udvendigt placerede luftindtag skal være placeret og udformet under hensyntagen til udeluftens renhed og temperaturforhold og således, at ventilationsluften tilføres på en for ventilationssystemet hensigtsmæssig måde og uden gene for omgivelserne.

BR18, §427 og §428 (uddrag):

Der skal samtidigt sikres en tilfredsstillende luftkvalitet og så der ikke tilføres stoffer, herunder mikroorganismer, som giver sundhedsmæssigt utilfredsstillende indeklimaforhold.

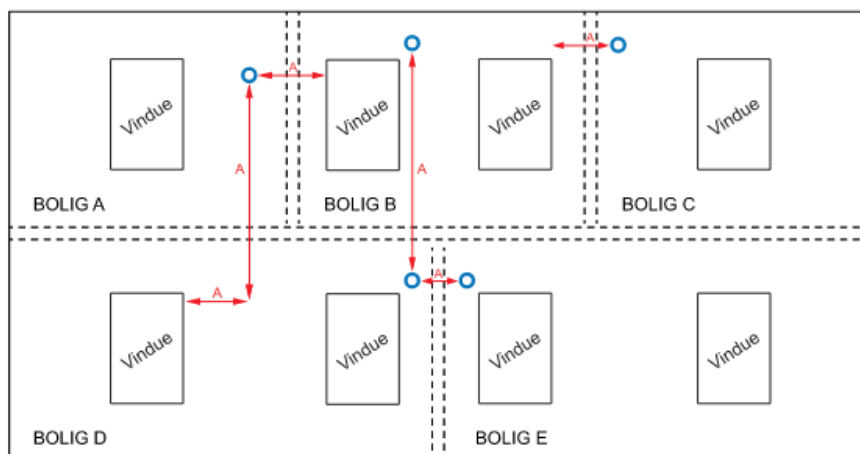
BR18, vejledning kap. 1.2 (uddrag):

Ventilationsåbninger direkte til det fri, bør i fornødent omfang kunne filtrere den indkomne luft og bør placeres således, at den indkomne luft er mindst muligt forurenet.

Derudover vil der være brandmæssige forhold til naboelighed, som skal tages i betragtning i forbindelse med placering af indtaget for erstatningsluften jf. DS428 (Dansk Standard, 2019). Følgende afstandskrav (A) mellem luftindtag, samt fra luftindtag til ikke-klassificerede åbninger i tilstødende brandsektioner eller tilstødende boliger som fx vinduer og døre, begge målt fra kant til kant, skal være opfyldt (uddrag):

- 1,0 meter målt vandret i ydervæg
- 2,5 meter målt lodret nedad i ydervæg.

Såfremt disse afstandskrav ikke kan opfyldes, er der krav om røgdetektor i indtaget. Alternativt skal det forsøges at opnå en samlet godkendt løsning ved en brandrådgiver såfremt røgdetektor ikke kan indbygges i indtaget, hvilket p.t. vil bero på hver enkelt sag.



Figur 8. Afstandskrav (A) i henhold til DS428 (Dansk Standard, 2019).

Selvstændigt emhætteafkast

Ved etablering af afkast fra emhætte ud i facaden, gøres der opmærksom på, at forholdet desuden kan være underlagt lokale myndighedsbestemmelser og muligheden bør således undersøges i dialog med den lokale myndighed for godkendelse.

Emhætter er vigtige for at undgå forurening og fugtbelastning af indeluften fra madlavning. Der bør derfor altid etableres emhætter ved modernisering af ventilationssystemerne. Der vil kunne argumenteres for, at mekanisk udsugning øger kastelængden af den forurenede luft fra emhætten væk fra facaden modsat ved åbning af et vindue, hvilket ikke umiddelbart stiller det ringere end ved naturlig bortledning gennem et køkkenvindue. Bestemmelserne i henhold til DS 447 jf. bygningsreglementets §421 skal følges med henblik på rensning af afkastluften. Ved afkast gennem facaden kræver standarden tilbageholdelse af 75% af de potentielt generende forureninger.

Driftstiden for emhætter er i de fleste boliger ikke lang, men kravene til omfangseffektivitet og deraf følgende krav til den udsugede luftstrøm giver kortvarigt store luftstrømme. Bygningsreglementets vejledningstekst angiver minimum luftmængder på 40 l/s for en god emhætteplacering i et lille aflukket køkken og 80 l/s for en højere placering af emhætten i et åbent køkken. Uden placeringskrav i et åbent køkken kommer kravet helt op på 120 l/s. Disse store og varierende luftstrømme og risikoen for stort indhold af lugt, fedtpartikler og fugt gør emhætterne vanskelige at håndtere i et centralt ventilationsanlæg.

Brug af emhætte forudsættes i forbindelse med Landsbyggefond-støttede renoveringssager at ske uafhængigt af det behovsstyrede udsugningsanlæg og at have selvstændig ventilator med afkast direkte til det fri. Kravet bygger på erfaringer med beboeradfærd og generel samdrift af ventilationssystemer og emhætter i almene

etageboliger. Rørføringer af afkast til henholdsvis facade eller afkast over tag har væsentlig forskellige konsekvenser for boligkvalitet i ældre etageboliger. Med opgraderede BR-krav til emhættekapacitet betyder afkast over tag (og tilhørende kanaler) en ikke uvæsentlig reduktion af boligarealet i mindre boliger.

Ved separat håndtering af afkastluften fra emhætteerne med afkast over tag eller mere direkte gennem facaden undgås, at de centrale ventilationsanlæg får vanskelige driftsvilkår. Her vil et behovstilpasset udsugningsanlæg være en løsning, der tilpasser sig efter forholdene, hvor drift af emhætten kan medføre et betydeligt mindsket behov for udsugning som anlægget løbende vil tilpasse sig.



Figur 9. Billede af facade med emhætteafkast skråt over køkkenvinduer og luftindtag til behovsstyret udsugningsventilation centralt under værelsesvinduer. Foto: Mads Gudmand-Høyer.

Billedet vist i Figur 9 illustrerer et væsentligt opmærksomhedspunkt for afkast af emhætteluft via facaden. Den forurenede udsugede luftstrøm bør ikke give markante gener for beboerne særligt i naboeligheder ved kortslutning mellem afkast og luftindtag, ved ophold på altaner eller udluftning gennem åbne vinduer. Den store fortynding af afkastluften, der opstår umiddelbart i udeluften, skal sammenholdes med de aktuelle typiske vindretninger og afstandsforhold.

Overførsel af luft mellem rum

For at sikre, at der ikke opstår for store trykforskelle mellem rum ved lukkede døre, skal der etableres luftoverførsel mellem rum enten via dør eller på anden vis, fx som ventil i væg. Bemærk, at dette er et generelt krav for al boligventilation, hvor tilførsel af frisk luft i de 'tørre' rum, og udsugning i køkken og bad, er en forudsætning for et godt indeklima i alle rum.

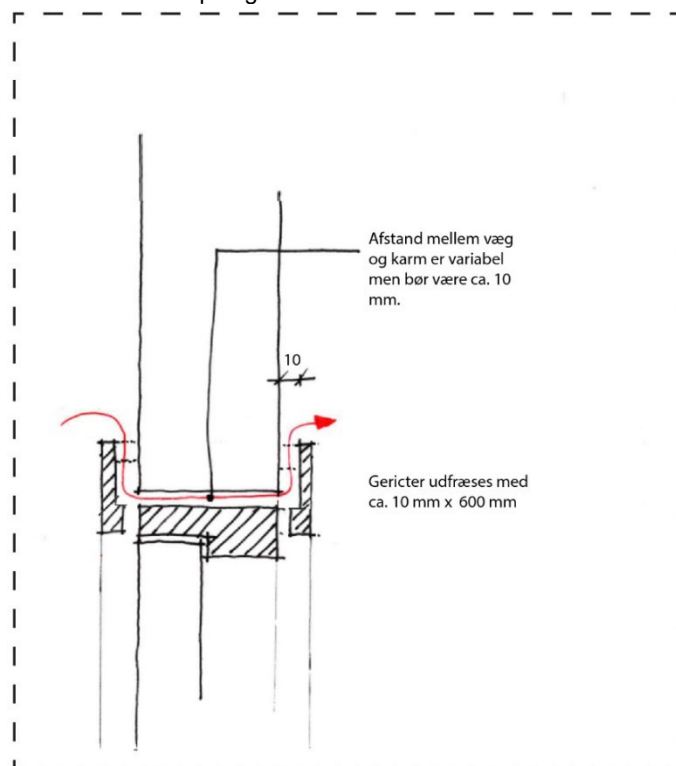
Overførsel af luft skal sikres mod tilstopning samt lydvandring mellem rum (overførsel af støj). Selvom der som udgangspunkt ikke er krav til reduktion af intern støj mellem rum i boligen, bør man stadig tage et hensyn til den enkelte familie mellem de voksne og

børn/teenagebørn, hvorfor dette bør iagttages. Tilstopning kan aldrig helt forebygges, men forskellige typer løsninger vurderes, at kunne minimere brugerens muligheder for at lukke af for eller tilstoppe luftoverførslen. Eksempelvis vil en luftspalte under dør let kunne tilstoppes og lyd vil let kunne vandre igennem. Som oplæg kan det udføres som en ventilationsspalte integreret i eksisterende dørkarm (eksempel 1, Figur 10) eller som ventil placeret i væg (eksempel 2, Figur 11).

Eksempel 1:

Løsning med ventilationsspalte integreret i eksisterende dørkarm.

Lav risiko for tilstopning af luftoverførslen.



Figur 10. Eksempel på luftoverførsel mellem rum via ventilationsspalte over dørkarm.
Tegning: NOVA5.

Der gøres opmærksom på, at det først vil skulle undersøges, hvorvidt det er muligt at etablere ovenstående løsning i forhold til eventuelt kabeltræk eller andet som kan være ført over dør, og som ikke gør det muligt, at etablere en ventilationsspalte. Det anbefales at undersøge dette ved at udtage et antal lejligheder, hvor karme afmonteres for visuel kontrol.

Der ligger allerede erfaringer for en ældre etageejendom i Københavns Kommune, hvor kabler var ført over dør, og som derfor ikke gjorde det muligt at etablere en ventilationsspalte. Det vil derfor skulle undersøges fra sag til sag.

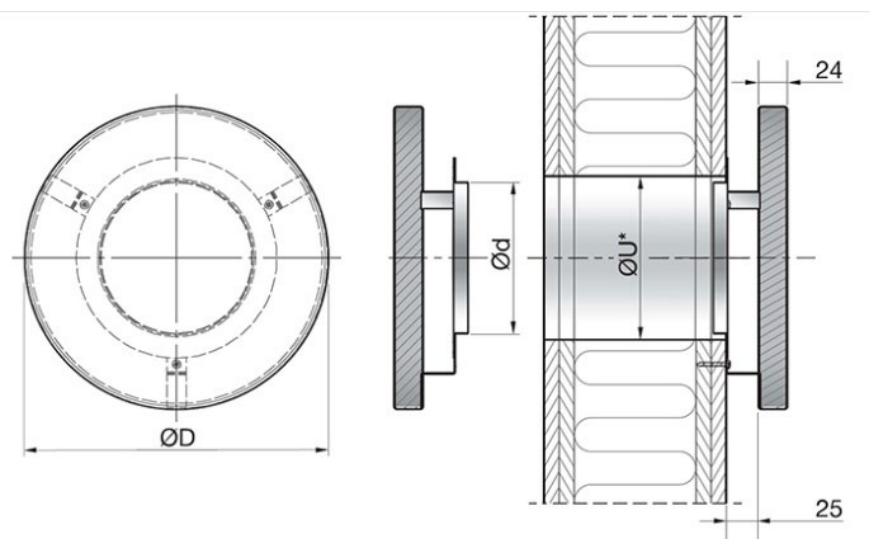
Ved etablering af åbninger for overføringsluft mellem boligens rum vil det normalt være tilstrækkeligt med sikring af, at den nødvendige lufthastighed ikke overstiger 1 m/s under

de normale driftsforhold. Hvis overføringsluften fra et rum på 20 m² skal håndteres uden alvorlige trækgener, skal åbningsarealet således være 20 m² x 0,003 m³/s m² / 1 m/s = 0,006 m².

Ved etablering som en spalte i en dørkarm (som i eksempel 1, vist i Figur 10 ovenover) svarer det til en spalte på 600 mm x 10 mm. Ved rund åbning mellem rummene (som eksempel 2 nedenunder, vist i Figur 11) skal åbningen have en diameter på 100 mm. Desuden skal runde plader til lyddæmpning og afbøjning af luftstrømmen foran åbningen ved en spalte på 12 mm have en diameter på 160 mm.

Eksempel 2:

Løsning med ventil placeret i væg og med to lyddæmpende bafler på hver side af væggen og med tilvalg for perforeret væggennemføring. Mulig risiko for tilstopning af luftoverførslen. Vurderes dog noget mindre end ved spalte under dør eller lignende. Denne løsning bør være mulig de fleste steder. Som vist i Figur 11 er OLC overtryksventiler tilgængelige i forskellige dimensioner, afhængig af ønsket luftgennemstrømning i den aktuelle situation. Åbningsarealet mod køkken og badeværelse skal normalt kunne håndtere større luftstrømme, og rummene skal derfor have et større åbningsareal mod adgangsvejene, der skal dimensioneres efter de forventede maksimale luftstrømme.



OLC størrelse (Ød)	ØD [mm]	ØU*	m [kg]
100	200	108-110	0,8
125	250	133-135	1,0
160	300	168-170	1,2

*ØU = Udskæringsmål i væg = Ød + 10 mm

Figur 11. Fabrikateksempel på luftoverførsel via ventil i væg, samt specifikationer for OLC overtryksventiler i forskellige dimensioner. Tegning fra Lindab.

Brand- og røgsikring

Der er som udgangspunkt to mulige principper for brand- og røgsikring af udsugningssystemet: 1) røgventileret- eller 2) spjældsikret system.

Røgventileret system:

Røgventilering har været den primære form når det kommer til etageboliger jf. norm for Brandsikring af ventilationsanlæg DS428 (Dansk Standard, 2019) (herefter benævnt 'brandnormen'). Princippet skal dog nøje overvejes i forhold til samspillet med det behovsstyrede udsugningssystem, idet arbejdsområdet for ventilatoren kan være meget forskelligt ved de to driftstilstande (almindelig drift og brand). Energiforbruget i almindelig drift, ved dimensionering med røgventilator, kan være højt i forhold til optimal arbejds punkt for behovsstyring.

Et behovsstyret system vil have et lavere energibehov i forhold til røgventilering, især når suget fra emhætten ikke er en del af systemet. Valg af røgventilator skal derfor træffes ud fra, at den også kan fungere som udsugningsventilator med et lavt henholdsvis højt arbejdsområde ved min./maks. luftmængde i forbindelse med henholdsvis røgventilering og behovsstyring samt ud fra en betragtning omkring energiforbruget. Hensigten med behovsstyret udsugningssystem er at opnå et lavt energiforbrug. Alternativt kan systemet opbygges med røgventilator tilkobles som bypass-ventilator omkring udsugningsventilatoren som før vist i Figur 3.

Jf. brandnormens kapitel 4.3.7 vil motoriserede spjæld (VAV) i lejligheden ikke have indflydelse på etablering af et røgventileret system (uddrag):

Undtaget er dog spjæld på kanaler i den yderste brandcelle eller tilsvarende brandmæssig enhed, hvor der ikke kan ske en røgspredning til andre brandceller eller brandmæssige enheder, såfremt spjæld er lukket eller svigter.

Kanalsystemet brandisoleres. Herudover skal røgventilerede anlæg, som skal være i drift under en brand etableres med pålidelig strømforsyning og kabelinstallation. Der henvises til norm for maskinsikkerhed.

Vær dog opmærksom på kravet omkring røgdetektor i indtaget, som beskrevet under 'Erstatningsluft' herover, idet dette kan være en væsentlig parameter for valget af et brandsikret system over et røgventileret system, i forhold til det normens krav p.t. foreskriver.

Spjældsikret system:

Ved et spjældsikret system, skal der monteres et brand- og røgspjæld mellem lejlighederne på kanalsystemet, fortrinsvist i lejlighedsskellet på den lodrette udsugningskanal ved etageadskillelsen. Systemet kan også opbygges med en brandsektioneret skakt hvormed, at spjæld monteres på afgreningen af skakten til lejligheden. Et spjældsikret system skal som udgangspunkt ikke brandisoleres. Der skal dog tages stilling til, at den brandmæssige adskillelse mellem boliger opretholdes, såfremt placering af spjæld afviger fra ovenstående.

Brandspjæld skal være med indbygget brandtermostat for aktivering af spjældet. Der fortrækkes fra samtlige brand- og røgspjæld til brandautomatikken samt mellem brandautomatik og udsugningsventilatoren for driftsstop ved brand. Indbygning af spjæld skal ske, så de er let tilgængelige. Der indbygges lemme i skakte / rørkasser for service- og kontroladgang.

Det er den enkelte bygningsejer, som skal vælge den mest passende løsning i forhold til bygningens fysiske udformning, samt de muligheder anlægsopbygningen giver for den pågældende ejendom.

Teknikrum:

Røgventilatorer og simpelt udsugningsanlæg uden varmegenvinding kan etableres i uudnyttet tagrum uden supplerende krav til brandsikring af bygningsdele under forudsætning af, at ventilatoren er udført af materiale klasse A2-s1,d0 og ventilatorens kabinet er udført af metal med et smeltepunkt på mindst 850 °C.

Er dette ikke tilfældet, skal teknikrummet hvor udsugningsventilatoren og eventuel røgventilator placeres, etableres som sin egen selvstændige brandcelle EI 30 A2-s1,d0 og hvor etageadskillelsen som bærer ventilator udføres som bygningsdel klasse REI 60. Teknikrummet må kun anvendes til ventilationsformål og andre tekniske installationer og ikke som depot eller rengøringsrum og lignende.

Ovenstående er gældende i henhold til DS 428 (Dansk Standard, 2019) og skal altid verificeres i forhold til eventuelle nye krav eller ændringer efter den på udførelsestidspunktet gældende brandnorm.

Brandautomatikken placeres fx i ventilationsteknikrummet.

Anbefalinger i forbindelse med etablering af behovsstyret boligventilation

Valg der skal træffes vedrørende ventilationsløsningen:

- valg af ventilationsløsning tages på baggrund af sammenligning med alternative ventilationsløsninger (balanceret ventilation, decentrale anlæg eller klassisk udsugning) – med særlig opmærksomhed på konsekvenser for boligkvalitet og driftsøkonomi og kommende LCA-krav
- valg af ventilationsløsning tages desuden på baggrund af de eksisterende fysiske forhold, herunder føringsveje for opbygning af kanalsystemet, placering af skakte og sugepunkter i lejligheden, samt muligheder for genanvendelse af eksisterende kanaler
- valg mellem brand- eller røgsikring baseres på en vurdering af de samlede luftmængder af udsugningssystemet, samt en eventuel røgventilering. Vær opmærksom på ventilering og brandsikring af kældre og/eller erhvervslejemål i ejendommen
- etablering af erstatningsluftindtag i facade, bør så vidt muligt ske så træk- og støjgener undgås

- valg af løsning for luftoverførsel mellem rum, der sikrer mod støj- og trækgener samt risiko for tilstopning
- valg af spjældtype vurderes i forhold til målenøjagtighed
- placering af udsugningsventilator skal opfylde brandkrav samt vurderes i forhold til mulighederne for at etablere varmegenvinding (i forhold til de fysiske pladsforhold).

Automatik

Luftmængderne for udsugningsventilationen styres ved regulering af VAV-spjældene ved automatiseret zonestyling, hvor hver lejlighed udgør en separat zone. Signalet til og fra VAV-spjældene kommunikerer via et traditionelt kablet netværk fx ModBus (åben protokol) til en styreboks. Disse kabler vil typisk føres lodret og koordineres med installationen af strøm til VAV-spjæld og styreboksen som placeres sammen med strømforsyninger til VAV-spjæld, fx i loftsrummet. En styreboks placeret i loftsrummet vil, via det kablede netværk, kommunikere med alle spjæld i en eller to opgange. Der anbefales – **en** samlet leverance og montering af styreboks, fortrådning, strømforsyning og spjæld.

Ved at styreboksen er forbundet med cloudtjeneste via Internet - kablet eller GSM - fungerer den som kommunikationsled mellem cloud og VAV-spjæld svarende til den gateway, der er kommunikationsled mellem de lokale indeklimamålere og cloudløsningen.

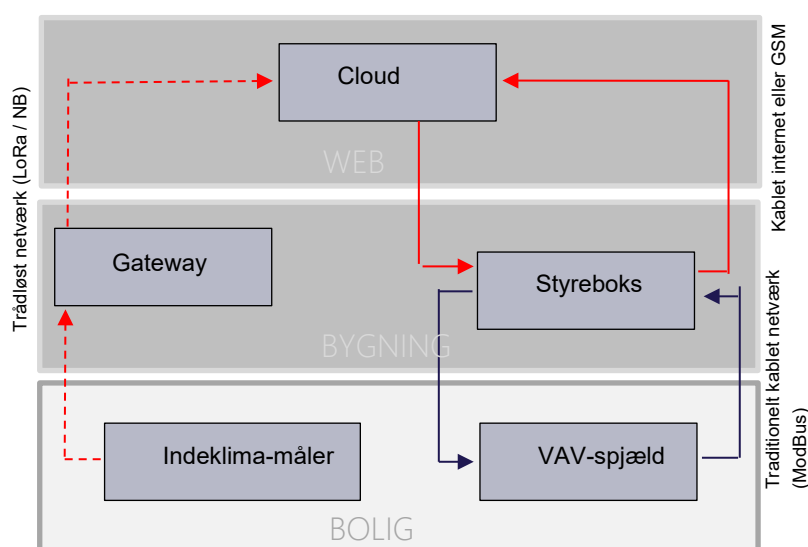
Indeklimamåleren kommunikerer med cloudtjeneste via et trådløst netværk, fx LoRa eller NB (Narrowband). Det er flere udbydere af målere og netværksservice. NB udbydes af teleselskaber, baseret på deres egne net og kan være en økonomisk attraktiv løsning, hvis det kun drejer sig om ganske få målinger, eller målere fordelt over et meget stort areal.

For boligforeningen med mange boliger (> 100 lejligheder/målere) er etablering af LoRa netværk tit økonomisk fordelagtigt. En boligafdeling kan enten indgå en aftale med en udbyder eller selv stå som ejer til lokalt LoRa-netværk, og evt. uddelegere driftsansvar til operatør. Dette kan være økonomisk fordelagtigt, ved stort antal målere, hvor afdelingen samtidig sikrer sig fuld råderet til ét generelt trådløst netværk til alle typer af målere

Boligafdelingens ejerskab til trådløst netværk er særlig relevant, hvis afdelingen senere overvejer at etablere andre typer af målinger, fx måling af varme eller varmt brugsvand i de enkelte lejligheder, eller trådløs overvågning af lås, døre eller fx intern afregning for elektricitet baseret på egne elmålere, bilopladning, solceller m.v.

Hvis LoRa-kommunikation vælges, bliver det typisk installeret nogle gateways/kommunikationsbokse i boligafdelingen, som står for det trådløse interne netværk for målerdata, og videresender dem til en cloudtjeneste. De enkelte gateways er tilsluttet Internet, og sikrer forbindelsen mellem målere og cloudtjeneste. Ved LoRa kommunikation opstilles der typisk én gateway pr. 100 – 200 lejligheder.

De enkelte styrebokse programmeres til at håndtere lokal styring af VAV-spjæld, i tilfælde af at kommunikationen til cloud bliver afbrudt. I disse tilfælde skal styreboksene instruere de enkelte spjæld til at sikre på forhånd aftalte luftmængder. Kommunikationen mellem styrebokse og cloud går begge veje, først modtager styreboksen individuelle styreinstruktioner som sendes til de enkelte VAV-spjæld, og dernæst uploades VAV-spjældenes beregning af faktisk luftskifte og evt. fejlbeskeder som alarmer i tilfælde af blokering af spjæld etc. Systemets forskellige enheder er illustreret i Figur 13.



Figur 12. De forskellige enheders kobling til henholdsvis trådløs kommunikation af målere og kablet kommunikation til styring af VAV-spjæld.

I VAV-spjæld leverer et varierende luftskifte i lejligheden på baggrund af de løbende cloud-beregninger af måledata, vejrprognoser og lejlighedsdata. Det ønskede luftskifte for den næste 5-minutters cyklus styres ved at beregningerne med måledata sammenholdes med det faktiske luftskifte i foregående cyklus.

Elinstallationer og nødprocedurer

De enkelte VAV-spjæld forsynes med fælles strøm og styres via fortrådning fra styreboks, typisk anbragt på loft. Styreboksen og gateways vil være forsynet med fast strøm (230 Volt).

Herfra føres der lodrette kabler med styresignaler og 24 volt til de enkelte VAV-spjæld. I tilfælde af nøddrift vil styreboksen også have et batteribackup. På udvalgte steder i ejendommen (loft) placeres der gateways til trådløs datakommunikation med de enkelte indeklimamålere. Indeklimamålerne (en pr. lejlighed) skal enten have batterier eller adapter og fast strøm (230 v).

Batteridrevne målere er billigere i etablering, men kræver mere i driftsomkostninger, samt de kræver at boligorganisationens får adgang til boligerne ved batteriskift. Ud over målehyppighed med 5 minutters målinger til styring af VAV-spjæld, kan også det

trådløse netværks dækning have betydning for batteriernes belastning. Ved løsninger med batterier og trådløse netværk kan det derfor være relevant at formulere krav om at LoRa netværk skal kommunikere på en given signalstyrke (SF-faktor).

Styrebokse og VAV-spjæld programmeres til at sikre henholdsvis 20 og 15 l/s (køkken og bad) i tilfælde af at kommunikationen til Cloud afbrydes.

Krav og anbefalinger til VAV-spjæld², styrebokse og lokalt netværk

- VAV-spjæld skal kunne levere luftmængder i et bredt interval. Bindingerne er at der altid skal kunne leveres mindst 0,15 l/s m² og at den udsugede luftstrøm skal kunne reguleres op til den luftstrøm der er størst af henholdsvis areal gange 0,3 l/s m² eller summen af udsugning på 15 l/s fra bad toilet rum og 20 l/s fra køkken
- styreboks skal levere signal til trinløs op/nedregulering af luftstrøm
- styreboks skal levere feedback til cloudtjeneste om faktisk leveret luftmængde, samt statuskoder for eventuelle fejl
- styreboks bør have flere udgange output/input fx ModBus, samt Internet-kommunikation
- styreboks bør være programmerbar til styring i forbindelse med Internetafbrud (fast luftskifte tilpasset lejlighed). Dette er en forudsætning i LBF støttede renoveringssager (samt i forbindelse med myndighedsdispensation)
- der skal være mulighed for at stoppe ventilatoren via styreboks ved beredskabsmeddelelser om fx kemikalieudslip eller lignende i området
- styreboks bør have batteribackup (kortvarig nøddrift)
- internet kabling op mod styreboks anbefales i forhold til GSM (driftsstabilitet og -omkostninger).

Det anbefales at specificere leverandørgarantier i forbindelse med:

- kapacitet i trådløst netværk, samt procedure for håndtering af driftsfejl
- optioner og abonnementspriser i forbindelse med udvidelser af netværk og ekstra målere
- håndtering af indeklimadata i forhold til regler om personhenførbare data – GDPR³.

Krav til indeklimamålere

Indeklimamåleren skal kunne måle relativ/absolut luftfugtighed og CO₂ med høj nøjagtighed, fx ved tolerancer på. +/- 50 ppm for CO₂, 0,2 °C og +/-2% for RH. Særligt for CO₂ sensoren gælder at man skal være opmærksom på hvordan måler/måledata kalibreres.

Placering af målere bør være rådgiveransvar og aftales med leverandør fx ved godkendelse af mockup på stedet. Måleren skal placeres centralt i lejligheden og den optimale placering vurderes for den enkelte lejlighedsindretning / lejlighedstype, men ofte

² Se øvrige anbefalinger til VAV-spjæld under afsnittet Motoriserede spjæld

³ Håndtering af denne type forhold er blevet beskrevet allerede i 2013, inden aktuelle GDPR-lovgivning trådte i kraft: <https://exergidk.files.wordpress.com/2016/12/notat-ic-meter-persondataloven-110413.pdf>

vil det være i det største rum eller i gang/entre. Måleren skal monteres 1,2 meter over gulv, på en indervæg som ikke er eksponeret for direkte solstråler, med en afstand på minimum 1,5 meter til radiator og siddeplads/seng. Indeklimamåleren bør ikke placeres i køkkenet (hvor hovedsuget er placeret), da der i forbindelse med madlavning kan være risiko for, at målingerne ikke er repræsentative for hele boligen.

Indeklimamålere vil enten benytte batteri eller adapter/fast strømforsyning til måling, software, samt dataupload til lokalt trådløst netværk. Etablering af fast strøm – som beboerne ikke kan afbryde – er omkostningsfuldt, men sikrer stabile måleserier. Hvis målerne er forsynet med batteri, skal man være opmærksom på batteriernes levetid, og tidsforbrug/omkostningerne ved udskiftning/opladning.

Anbefalinger vedrørende indeklimate målere

Det anbefales at specificere leverandørgarantier i forbindelse med:

- indeklimate målere, med høj nøjagtighed, fx +/- 50 ppm CO₂, og +/-2% for RH
- automatisk eller - som minimum - årlig kalibrering af CO₂-målerens skala
- batteriers driftstider (min. 3-5 år) samt at boligorganisationens personale selv kan skifte batterierne
- håndtering af funktionsfejl og udskiftning af indeklimate målere.

Cloudtjeneste til dataopsamling, styring og rapportering

Det anbefales at lade en internetbaseret IT-service stå for håndtering af alle data vedrørende bygninger og lejligheder, målere, VAV-spjæld, lokale vejrdato med videre. Cloudtjenesten kommunikerer med henholdsvis gateways til det trådløse netværk og styrebokse som er forbundne med VAV-spjæld. Bemærk at det ikke bør være behov for kommunikation lokalt *mellem* indeklimate målere og VAV-spjæld, da disse kan benytte separate lokale netværk i kommunikationen med cloud.

I det følgende beskrives koncept for den cloudtjeneste som er anvendt i forbindelse med behovsstyret boligventilering i henholdsvis FAB afdeling Højstrupparken og BO VEST afdeling Solhusene. Cloudtjenesten beregner for hvert 5. minut behovet for frisk luft i hver lejlighed, og dermed indstillingen af de enkelte VAV-spjæld. Luftmængden beregnes ud fra den aktuelle 'forurening' med henholdsvis CO₂ og fugt i lejligheden, sammenlignet med forholdene udenfor. Udeluftens CO₂-koncentration er i beregningerne fast sat til 400 ppm og udeluftens absolutte fugtindhold beregnes ud fra de lokale vejrpognooses timeværdier (hentes fra DMI eller yr.no) og udgør parallelle beregninger i forhold til de målte indeklimate værdier og fastsatte sætpunkter, der bestemmer styreordre for luftmængde. Den højeste af de to beregninger bestemmer luftskiftet, der fordeles på spjæld i køkken og bad i hver lejlighed.

Hvis den absolutte luftfugtighed ude er *højere* end indenfor (fx ved regnvejr), skal fugtberegningen ikke afgive et bud, da dette blot vil forhøje den relative luftfugtighed inde. Det betyder at det er behovet for frisk luft i relation til CO₂ eller mindstekravet om 0,15 l/s m² som er styrende.

Når data til opsamling og styring samles ét sted, tilmed fjernt fra selve bygningen, er det helt afgørende at den valgte cloud-udbyder leverer stabil og sikker drift, hvor bygningsejer/boligforening har ret til egne data, herunder muligheden for at overføre dem til en anden operatør – det anbefales at boligorganisationen sikrer sig rettigheder i forbindelse med data og proces ved evt. fremtidigt leverandørskift.

Alle data tilhører bygningsejeren, men det er stramme krav til hvordan disse må anvendes. De detaljerede målinger i de enkelte lejligheder kan anvendes til automatisk styring af de enkelte VAV-spjæld. Derimod må driften ikke se data for aktuelt indeklima på lejlighedsniveau.

Afdelingen må dog producere månedsrapporter⁴ til beboerne og eget brug, hvor indeklimaet og luftskiftet i de enkelte lejligheder beskriver. Disse rapporter er en oplagt service til beboerne, hvor driftstjenesten har ret til at kontakte og rådgive beboerne ud fra månedsrapporter. Denne service vil forhåbentlig fremme hensigtsmæssig brugeradfærd og afmystificere den automatiske styring af luftskiftet.

Cloud-tjenesten kan levere *rapporter* til driften med statistik baseret på:

- indeklima målinger generelt og i de enkelte lejligheder
- lokale vejrdata
- de beregnede luftmængder/styreordre
- elforbrug til ventilation, samt SEL-faktor
- varmetab som følge af luftskifte (uden varmegenvinding).

Anbefalinger vedrørende cloudtjeneste

Der anbefales at stille krav til leverandør om:

- at data registreres og gemmes i format som egner sig for videregivelse til andre aktører i forbindelse med analyser, dokumentation eller videreførelse af drift og styring
- sikker og stabil IT-drift, hvor bygningsejer/boligforening har ejerskab til egne data, herunder til at få dem overført til en anden operatør
- IT-service, med personlige logins og GDPR-retningslinjer for forskellige brugers adgang
- online service, med fortløbende datahjemtagning, samt beregning af styreordre
- back up funktioner samt procedure ved fejl/alarmer (fra gateways, styrebokse, VAV-spjæld med videre)
- rapportering til drift samt separat rapportering til beboerne
- aftalte priser for drift og den fremtidige regulering, samt tariffer for ekstra opgaver.

⁴ Persondatakrav ift. indeklima målinger.

Aflevering og drift

Ansvarsforhold i forbindelse med aflevering og idriftsætning af behovsstyret udsugning

Behovsstyret boligventilation er et nyt koncept i boligsektoren, men en velkendt løsning i forbindelse med kontor- og undervisningslokaler. Dette ændrer dog ikke på den kendsgerning, at introduktion af automatik med måling og styring kan være en udfordring for bygherre og de valgte entreprenører.

I Landsbyggefondens tidligere demonstrationsprojekter, er hele automatik- og IT-delen blevet leveret som en bygherreleverance, suppleret med ekstra rådgivning. Ved ordinære renoveringsprojekter, vil det være en fordel, hvis ventilationsløsningen inklusive automatik og IT, leveres som én samlet ydelse. Dette kan for eksempel ske ved at den valgte ventilations-leverandør indgår en underentreprise med en IT-leverandør.

En af udfordringerne med boligventilationsprojekter er at de omfatter installationer i de enkelte lejligheder. Behovsstyret ventilation kræver dog væsentligt mindre arbejder sammenlignet med balanceret ventilation, hvor det skal etableres rørsystem til fremføring af forvarmet luft, over loft med videre. Til gengæld skal der installeres indeklimamålere og styrbare VAV-spjæld i de enkelte lejligheder, med dertil hørende datanetværk for datakommunikation.

Demonstrationsprojekter har vist at installation og opstart af indeklima målere kan være en udfordring og skærpet opmærksomheden på korrekt rækkefølge ved test og idriftsættelse. Installatører vil typisk ønske at installere, teste og klarmelde målerne med tilhørende registrering som ét samlet tiltag, hvor de har adgang til den enkelte lejlighed. Dette kræver koordinering med styringsleverandør.

Det foreslås, at ansvaret for driften af det trådløse netværk er klart placeret, samt for datahjemtagning er testet og sat drift *før* opgaven med at opsætte indeklima målere starter. Samtidig anbefales kvalitetssikring af installatørens registrering af måler-ID og lejligheds-ID, samt dokumentation om at målerne er i drift, og sender testdata til cloud.

Lignende forhold gælder opsætning af VAV-spjæld. Først skal der installeres styrebokse og trækkes datanetværk til alle køkken og bad i en opgang. Styreboks, netværk og det centrale udsugningsanlæg testes, og først derefter sættes VAV-spjæld op og testes. Det betyder at installatøren straks kan tjekke at spjæld går på netværk, og registrere spjæld-ID og navn på tilhørende styreboks.

Ved opsætning af faste spjæld (CAV) i de traditionelle ventilationsløsninger, skal installatør indregulere luftmængden og dernæst fiksere denne. I forbindelse med behovsstyret ventilation kan de nye opgaver ske automatisk via cloud. Cloudtjenesten kan, forsynet med de rigtige ID for målere, spjæld og lejlighedernes etageareal, automatisk kunne teste om spjældene rent faktisk leverer de krævede maksimums kapaciteter, og dernæst kan gå ned til henholdsvis 0,3 og 0,15 l/s m² baseret på

lejlighedernes registrerede arealer. Denne test kan ske via cloud, med op- og nedjustering af luftmængder for de enkelte VAV-spjæld.

De enkelte VAV-spjæld giver automatisk respons om det *faktiske* luftskifte, hvorfor fejl i spjæld og evt. blokeringer umiddelbart kan udpeges og dokumenteres.

Dernæst laves en test hvor samtlige spjæld sættes til maksimal kapacitet og til sidst minimum, dvs. 0,15 l/s m². Formålet med denne test – som sker via cloud og *uden* behov for adgang til lejlighederne – er at dokumentere, at ventilationsanlægget kan håndtere maks. belastning og omvendt meget lave luftskifte. Forudsat at elmålere på ventilationsanlæg er i drift kan SEL-faktor automatisk beregnes. Det foreslås som del af årlig service, en test, hvor den automatiske styring slås fra, hvorefter alle spjæld sættes til først maksimum og siden minimum.

Når indeklimatealere og VAV-spjæld begge er i drift, med datakommunikation til cloud, kan den automatiske styring slås til. Hvis et spjæld bliver blokeret, for eksempel ved et uheld eller som en bevidst handling fra en beboer, vil dette i cloudtjeneste fremstå som en fejlmelding, hvor det tilbagerapporterede luftskifte er markant lavere end styreordre. Driften kan, med afsæt i en sådan rapport søge adgang til boligen for at kontrollere ejendommens ventilationssystem.

Styringens algoritmer baseres på hyppige indeklimatealinger, men driften har ikke adgang til disse data, da de falder ind under GDPR-regler for personhenførbare data. Driften har omvendt adgang til månedsrapporter for de enkelte lejligheder som beskriver luftkvaliteten generelt, og som kan indgå i løbende rådgivning af beboerne, og henvendelser til lejere, hvor det ser ud til at være udfordringer.

Af hensyn til reduktion af risiko for mangler i grænsefladerne mellem leverancer anbefales det at udbyde behovsstyret udsugningssystem som én samlet systemleverance, hvor alle ydelser håndteres af én entreprenør. Det anbefales at lade systemansvar tilgå ventilationsentreprenøren, herunder levering og montering af de samlede ydelser inklusive levering og montering af tilhørende arbejder for el- og automatikarbejdet.

VVS- eller tømrerarbejdet kan i denne sammenhæng leveres som særskilte entrepriser, da den del der omhandler etablering af erstatningsluft, enten via radiator eller vindue ved facaden, ikke er opkoblet med automatik til det behovsstyret udsugningssystem idet, at radiatoranlægget eller vinduesfunktioner fungerer separat af udsugningssystemet. Ventilationsentreprenøren vil dog fortsat skulle sikre, at VVS- eller tømrerarbejdet er udført og sat i funktion i forbindelse med den samlede funktionsafprøvning af det behovsstyret udsugningssystem. Test af funktioner vil muligvis godt kunne afprøves, men selve indreguleringen af systemet kan ikke finde sted før alt er på plads.

Aflevering, drift og vedligeholdelse af anlæg

Der skal i forbindelse med aflevering af det behovsstyrede udsugningsanlæg foretages en funktionsafprøvning. Dette skal ske af det samlede system.

BR18, §450:

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationssystemet før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationssystemet overholder bygningsreglementets krav til specifikt elforbrug til lufttransport, luftmængder, samt at eventuelt behovsstyring fungerer efter hensigten.

Inden afprøvningen udføres, skal dokumentation for tæthedsprøvning og indregulering foreligge og entreprenøren skal foretage kontrol af hele systemet ved manuel test af alle funktioner og dokumentere resultatet i en fælles log for alle funktioner.

Grundlæggende skal følgende være opfyldt som forudsætning for efterfølgende funktionsafprøvning:

- bygningens tekniske anlæg er i drift og indreguleret
- bygningsautomatikken er fuldt implementeret, dokumenteret og indreguleret, herunder for opkobling til 3. parts netværk for opsamling af data fra indeklimamåler samt signal til regulering af motoriserede spjæld i lejligheder
- under måleperioden holdes vinduer og døre lukkede for at opnå stabile måleforhold.

Herefter kan funktionsafprøvning af det samlede system foretages. Der henvises generelt til bygningsreglementets krav til funktionsafprøvning (BR18, 2023) inklusive vejledningen.

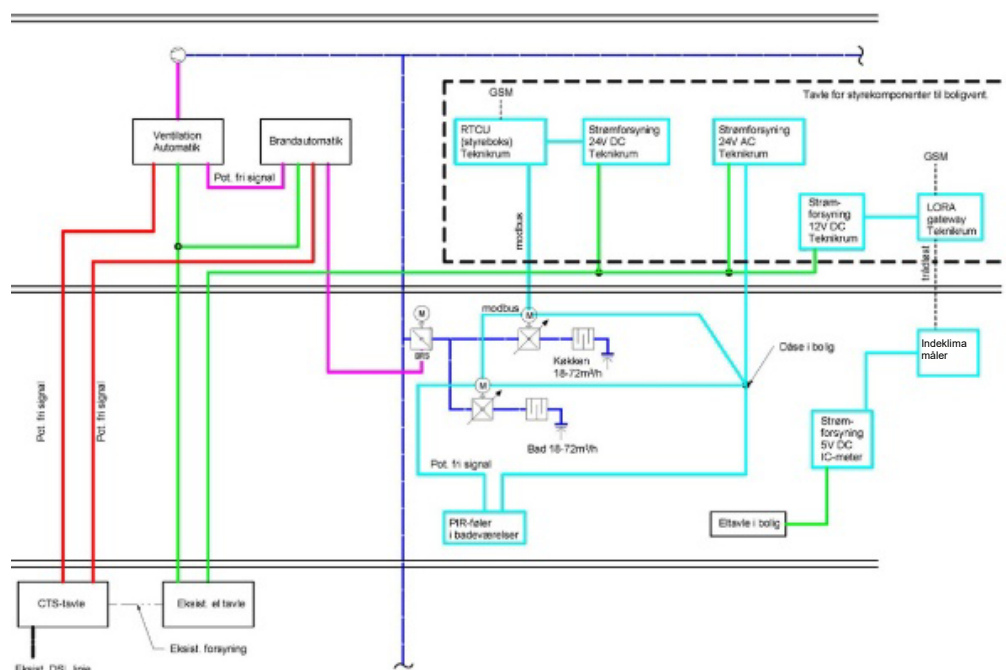
Det behovsstyrede udsugningsanlæg skal driftes og vedligeholdes af bygningsejeren, herunder udsugningsventilator, kanalsystem, kontrolventiler, motoriserede spjæld samt brandautomatik med tilhørende røgventilator og/eller brandsikringsspjæld samt kabling mellem disse enheder og komponenter.

I lighed med anden form for automatik, bør boligafdelingen, forud for aflevering og test, indgå en aftale med et ventilationsfirma eller serviceleverandør om den fortsatte drift og tilsyn med behovsstyret boligventilation. Den valgte samarbejdspartner deltager i test og dokumentation, hvor ansvar for drift overdrages i forbindelse med aflevering.

Energiforhold

Det anbefales at driftsorganisationen årligt foretager en beregning af ventilationsløsningens samlede energiforbrug. Dette kan fx ske ved at luftskifte omregnes til energitab, ved at sammenholde energiindholdet i henholdsvis målt indeklima med de lokale vejrdata. Ved en sådan beregning skal tillægges målt elforbrug. Hvor det samlede varmetab ved ventilation kan beregnes som følge af VAV-spjældenes respons af faktiske luftmængder kan dertil laves et estimat af varmetab. Det betyder omvendt, at varmetab via klimaskærm direkte kan beregnes som forskel imellem samlet varmekonsum/køb, minus forbrug til produktion af varmt brugsvand og minus varmetab forbundet med ventilation.

Herudover anbefales at man i en liste eller diagram, som i Figur 14, får koordineret systemkomponenter der kræver strømforsyning, så projektets forskellige fagfolk for ventilation, CTS og EI, hurtigt kan danne sig et overblik over omfanget af nye komponenter der skal indgå i det tilhørende fagprojekter.



Figur 13. Justeret principdiagram for styring og forsyning i Sallinghus. Tegning: WSP.

Anbefalinger til aflevering og drift:

- udbyd behovsstyret udsugning som en systemleverance
- foretag enkeltvis systemtest af hvert step, inden hele netværket forbindes
- foretag registrering af samtlige måler-ID og spjæld-ID i sammenhæng med tilhørende lejligheds-ID og med testdata til cloud
- sikre nødvendig serviceadgang til alle spjæld, motorer og samlebokse for fortrædninger mellem komponenter for optimale forhold i forbindelse med eventuel fejlsøgning
- sikre at alle forudgående arbejder forinden funktionsafprøvning er foretaget og dokumenteret
- indgå serviceaftale hvor leverandør deltager i test og afprøvning af anlægget *forinden* at ansvaret overdrages til bygherren.

Myndighedsbehandling og dispensationsansøgning

Baggrund

Ventilationsforholdene er ofte mangelfulde i ældre boligejendomme, hvorfor det kan være relevant at renovere ventilationsanlæggene gennemgribende. I den forbindelse er det vigtigt at være opmærksom på de gældende regler i Bygningsreglementet for at få bragt ventilationsforholdene på niveau med dagens standard.

Den teknologiske udvikling med billigere og mere stabile sensorer til måling af fugt, relativ fugtighed og CO₂ koncentrationer giver sammen med de muligheder, der ligger i løbende overførsel af måleværdier til centrale computere, der kan sammenholde de målte værdier med det aktuelle vejr og prognoser for vejret i de følgende timer, nye muligheder for behovstilpasning af ventilationen. Samtidigt er det vigtigt, at behovstilpasset udsugningsventilation giver stor frihed til at vælge en kraftig virkende emhætte, der ikke har direkte forbindelse med det generelle ventilationsanlæg. Når emhætten kører, må det formodes, at sensorerne viser lave værdier og nedregulerer den generelle boligventilation. Det samme vil ske når beboerne åbner vinduerne og lufte ud. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at erstatningsluften for den store luftstrøm som emhætten suger skal kunne håndteres af de etablerede luftindtag.

Det er vigtigt at være opmærksom på muligheder for forbedring af ældre bygningers ventilation, uden at forbedringerne af ventilationsforholdene samtidigt sænker brugsværdien af de renoverede boliger. Her er det særligt vigtigt at være opmærksom på, at de ældre etageboliger sjældent umiddelbart har føringsveje for nye kanaler og rør.

Betydningen af andre renoveringsopgaver skal også indtænkes. Her skal særligt betydningen af vinduesudskiftninger og andet, der giver bygningen større lufttæthed, vurderes.

Endeligt er det vigtigt at være opmærksom på prisen for investeringen og sammenholde den nødvendige investering med driftsudgifterne i de påtænkte løsningsmuligheder.

Byggeregler

Ved renovering af ventilationen i ældre etageboliger er det afgørende at være opmærksom på gældende byggeregler. De centrale regler fremgår af Figur 15.

Det fremgår desuden af vejledning til Bygningsreglementets bestemmelser om ventilation i beboelsesbygninger, hvordan eftervisning af energirammen skal udføres for andre ventilationsløsninger end den normale med balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding og forvarmning af indblæsningsluften. Her kan man læse, at kravet til primærenergiforbrug er opfyldt, hvis det på baggrund af beregningen kan dokumenteres, at det alternative ventilationssystem ikke har et højere primærenergiforbrug end det mekaniske ventilationsanlæg.

For boliger med et behovsstyret ventilationssystem, er beregning af energibehovet til eftervisning af energirammen begrænset af at det må antages at ventilationen reduceres fra 0,3 l/s pr. m² til et lavere niveau, dog ikke mindre 0,15 l/s. pr. m², og at dette må ske i maksimalt 30 timer pr. uge.

Bygningsreglementets § 443

I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Såfremt ventilationssystemet ved måling er i stand til at regulere udelufttilførslen efter tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold i boligen, er det dog tilladt at reducere udelufttilførslen til 0,15 l/s pr. m² i en længere periode over døgnet, hvis boligen ikke er i anvendelse.

Stk. 2. Boligens grundluftskifte skal tilvejebringes med et ventilationssystem. Hvis ventilationen foretages med et mekanisk ventilationsanlæg, skal dette have indblæsning i beboelsesrummene og udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften. Såfremt et andet ventilationssystem anvendes, skal dette på en tilsvarende måde kunne opfylde bygningsreglementets krav, og tillige skal det sikres, at primærenergibehovet ikke forøges.

Stk. 3. Køkkener i boliger skal forsynes med emhætte. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning, afkast til det fri og tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning.

Stk. 4. En emhætte skal for at have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen have en luftstrøm på mindst 120 l/s. Denne luftstrøm kan dog reduceres ved anvendelse af korrektionsfaktorer, såfremt emhættens udformning og placering understøtter dette i en konkret byggesag. Præ-accepterede korrektionsfaktorer er angivet i bygningsreglementets vejledning om ventilation. En anden måde at dokumentere tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavningen er en emfangsevne på mindst 75 pct. i overensstemmelse med de relevante teststandarder for emhætter.

Stk. 5. I bade- og wc-rum i boliger skal der kunne udsuges mindst 15 l/s. I wc-rum uden bad og i bryggers skal der kunne udsuges mindst 10 l/s. I køkkener skal der kunne udsuges mindst 20 l/s.

Figur 14. Uddrag af gældende Bygningsreglement vedrørende ventilation af boliger (BR18 2023).

Behov for dispensation

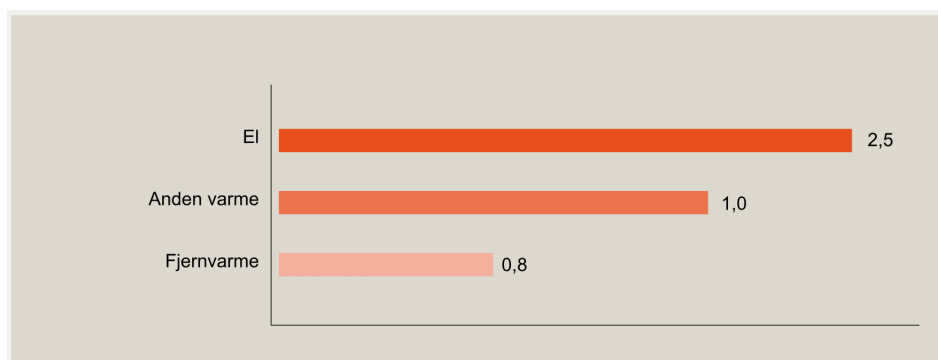
For at udnytte de muligheder, der ligger i behovstilpasning af boligventilation baseret på moderne sensorteknologi og cloudtjenester, kan det være relevant at ansøge om

dispensation fra bygningsreglementets ret skrappe krav til behovstilpasning af ventilationen.

Det er her særligt begrænsende at kravene, der skal opfyldes for at sænke udelufttilførslen til 0,15 l/s m² omfatter at både luftkvaliteten skal måles til at være tilfredsstillende, og at boligen ikke er i anvendelse. Der kan berettiget argumenteres for en mere modulerende tilgang, hvor reguleringen af ventilationen til stadighed tager højde for kravet om tilfredsstillende luftkvalitet, således at ventilationen kan reguleres fra 0,3 l/s m² eller det behov, der kan udledes af udsugning af 15 l/s fra baderum og 20 l/s fra køkkener.

De fleste kommuner, der skal behandle en ansøgning om at fravige Bygningsreglementet så mulighederne i behovstilpasset udsugningsventilation udnyttes, vil kræve en gennemregning af det forventede årlige forbrug af primærenergi både til den traditionelle løsning med balanceret mekanisk ventilation og til den påtænkte løsning med behovstilpasset udsugningsventilation. Det anbefales, at beregningen tager udgangspunkt i den aktuelle bygning, at der medtænkes de forekommende utætheder i klimaskærmen, der nedsætter betydningen af varmegenvindingen i den balancerede løsning, og at særligt elforbruget tydeliggøres til de to alternative løsninger.

Det er den hidtidige erfaring, at primærenergiforbruget ved henholdsvis behovstilpasset udsugningsventilation og balanceret mekanisk ventilation ligger ret tæt på hinanden med større forbrug af varme ved udsugningsløsningen og et større forbrug af elektricitet ved den balancerede løsning.



Figur 15. Bygningsreglementets vejledning om energifaktorer ved omregning til primærenergi for forskellige energikilder.

Der kan være argumenter til fordel for behovstilpasset udsugningsventilation i det reducerede behov for føringsveje. Da det er meget CO₂ belastende at opføre bygninger, er et stærkt argument for behovstilpasset udsugningsventilation i etageboliger, at der ikke skal etableres føringsveje på bekostning af eksisterende nyttigt boligareal.

I mange ældre lejligheder har der ikke været etableret emhætter med afkast til det fri, hvorfor det indgår i mange renoveringsprojekter. På linje med den øvrige ventilationsløsning, er der en række forhold der bør afklares i den aktuelle sag, herunder

emhættens afkast. I Københavns Byggelov fra 1939 og de første Bygningsreglementer fra 1961 skulle aftrækskanaler til naturlig ventilation placeres over tag. Dette har blandt andet været for at styrke den naturlige opdrift, mens for mekanisk ventilation har formuleringen "over tag" siden BR82 været erstattet af "til det fri". For DS 447 (2019b) - som BR har henvist til siden 1995 - er normen for emhætteafkast dog stadig "over tag" medmindre afkastluften renses så den ikke fører til gener for omgivelserne. Herudover kan de aktuelle lokalplaner have særlige bestemmelser for emhætteafkast. Ved ældre etageboliger kan det dog være udfordrende at etablere central udsugning og afkast over tag – både grundet nye kanalføringer og reduceret boligareal. Her vil en dispensation til at etablere afkast gennem facaden ofte være en attraktiv mulighed. Den nødvendige kanaldimension for afkastluften fra emhætterne i 5 lejligheder vil være 315 mm. Det kan med isolering og fastgørelse give et pladskrav til skakten for opføring af kanalen til afkast over tag på ca. 0,5 m x 0,5 m, der for 100 boliger giver et samlet pladskrav på 25 m².

Tilpasning til den aktuelle bygning

Ved ansøgning til den aktuelle kommune om relevante dispensationer for at kunne udnytte behovstilpasset udsugningsventilation i størst muligt omfang er det vigtigt at medtage overvejelser af relevans for den aktuelle bygning. Det kan være:

- Forventninger til reduceret ventilation både i forlængelse af bygningsreglementets krav og baseret på en mere realistisk vurdering af brugen af boligerne og mulighederne for at reducere den udsugede luftstrøm alene baseret på de målte værdier for relativ luftfugtighed og CO₂ koncentration.
- Muligheder for udnyttelse af aktuelle temperaturdata for alle lejligheder, suppleret med lokale vejprognoser til optimeret drift af afdelingens varmecentraler. Ved at styre fremløbstemperatur og flow med baggrund i boligernes temperaturforhold og vejprognoser, kan der spares 10% af varmen, i forhold til traditionel styring alene baseret på aktuelt vejr.
- Føringsveje alene for udsugningskanaler og sammenligning med de større føringsveje ved balanceret mekanisk ventilation for både udsugning og indblæsning samt varmevand til varmefflade i ventilationsanlægget.
- Velfungerende udsugningsanlæg (tilfredsstillende luftskifte og acceptabelt elforbrug, SEL-faktor), kan bibeholdes med behovsstyret ventilation. Trykstyrede ventilatorer sikrer et konstant undertryk i kanalerne, og dermed et varierende luftskifte, alt efter de luftmængder som lejlighedernes VAV-spjæld efterspørger. Ventilationsanlæggene behøves ikke at integreres i selve styringen, hvis de har den nødvendige kapacitet til at regulere udsugningen efter det aktuelle behov.
- Muligheder for varmegenvinding fra afkastluften. Det kan være med varmepumpe til opvarmning af varmevand til gulvvarmeanlæg, til delvis opvarmning af varmevand til radiatorer eller til delvis opvarmning af brugsvand.

- Afvejningen mellem fravær af emhætter og lugtgener på grund af overføringsluft gennem utætheder i lejlighedsskel, etablering af føringsveje til fælles eller individuelt afkast over tag eller den umiddelbart tilgængelige løsning med afkast gennem facaden skal afvejes i forhold til de aktuelle muligheder.

Opsummering

Der skal søges dispensation fra kommunen,

- hvis der ønskes en styring, hvor luftskiftet kan gå under de 0,3 l/s m², uden gener for indeklimaet, selv om der er personer til stede
- hvis der *ikke* gennemføres supplerende varmegenvinding, som kan sikre en besparelse på *minimum* 5% af det primære energiforbrug til ventilation.

Det anbefales:

- at der søges om dispensation fra det supplerende krav om tom lejlighed i forhold til styring mellem 0,3 og 0,15 l/s m², for at opnå maksimal energibesparelse, samt hvordan kravet skal udmøntes, fx ½ person i vågen eller sovende tilstand
- at der søges om dispensation i forhold til BR's energikrav, *medmindre der etableres en form for varmegenvinding*, som giver en reduktion af det primære energiforbrug på *minimum* 5%.

Anbefalinger til dispensationsansøgning

- modulerende drift af udsugningsanlæg i området 0,15 l/s m² – 0,30 l/s m² baseres på målte værdier af CO₂ koncentration og relativ fugtighed i boligens største rum, uden hensyntagen til om der er nogen hjemme
- individuelle emhætter udføres med afkast til det fri, eventuelt gennem facade
- opregulering af udsugning fra baderum baseres både på relativ fugtighed og persondetektering i selve rummet
- der udføres beregning af investeringsbehov
- der udføres beregning af forbruget af primærenergi
- der vedlægges vurdering af tab af nyttigt boligareal ved balanceret mekanisk ventilation
- der vedlægges vurdering af øgede driftsudgifter ved alternativ etablering af decentrale balancerede anlæg med estimeret levetid på ca. 10 år
- hvor eksisterende forhold er klassiske udsugningsanlæg, kan ændring til behovsstyret boligventilation søges som optimering af eksisterende forhold – uden dispensationsansøgning – efter aftale med byggemyndighed.

Referencer

BPST (2022). *National strategi for bæredygtigt byggeri*. Bygge- og Planstyrelsen
<https://bpst.dk/da/Byggeri/Baeredygtigt-byggeri/NY-National-strategi-for-b%c3%a6redygtigt-byggeri#introduktion>

BR18 (2023). *Bygningsreglementet gældende juni 2023*. Social- og Boligstyrelsen.
<https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/22/Krav> .

Dansk Standard (2019). *DS428: Brandsikring af ventilationsanlæg* (inkl. tillæg 1 + 2:2021).

Dansk Standard (2021). *DS447: Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer*

EXERGI (2022). *Statusrapport efter et års drift. 'Smart behovsstyret ventilation' - demonstrationsprojekt FAB Højstrupparken*. Hentet fra <http://www.bit.ly/3CyaO2c>

Indenrigs- og Boligministeriet (2021). *National strategi for bæredygtigt byggeri*.

Øien, T.B., Wilke, G. Sørensen, C. F. og Gunnarsen, L. (under udgivelse). *Behovsstyret ventilation i ældre etageboliger. Koncept, beregninger og vurderinger af indeklime, energiforbrug og brugertilfredshed*. BUILD-rapport.

Indkøbsvejledning for behovstilpasset udsugningsventilation i eksisterende etageboliger

Denne indkøbsvejledning gennemgår specifikationer, krav og opmærksomhedspunkter til brug ved implementering af behovsstyret udsugningsventilation i etageboliger og de delsystemer, der skal etableres. Herunder hvordan kravene specificeres i forhold til gældende lovgivning, den aktuelle bygning og de systemer renoveringen tager udgangspunkt i. Derudover beskrives etablering af ventilation og automatik, samt den ønskede performance og drift af systemet. Vejledningen omfatter også anbefalinger til processen med opmærksomhedspunkter til implementering, ansvarsfordeling, styringsdokumenter og datahåndtering.