

'Smart behovsstyret ventilation' – demonstrationsprojekt FAB Højstrupparken

Indledning

Ændringer i bygningsreglementet (BR) pr. 1.1.2021 og 1.1.2022 åbner op for helt nye ventilationsløsninger i boligsektoren. Det hidtidige krav om balanceret ventilation er bortfaldet, forudsat at energiforbruget ikke stiger. Fra nytår er det tilladt at luftskiftet i perioder *halveres* ift. de generelle krav ($0,3 \text{ l/s m}^2$) hvis ventilationen i hver bolig styres individuelt, ud fra målinger af indeklima.

'Smart behovsstyret ventilation' er et 'opgør' med *balanceret* ventilation og hidtidig regulering.

- For det *første* styres udluftningen i den enkelte lejlighed ud fra det aktuelle behov for frisk luft. Det sikrer et godt og dokumenteret indeklima med mindst muligt luftskifte/energitab. Cloudstyret ventilationen klarer det nødvendige luftskifte, som beboerne ikke håndterer ved åbne vinduer etc.
- For det *andet* erstattes det dyre rørsystem som sender forvarmet luft til alle rum, af væsentlig billigere former for varmegenvinding. Hovedparten af energibesparelsen er dog allerede sikret ved at det samlede luftskifte - sfa. optimeret styring i hver lejlighed - er betydeligt lavere.

I FAB Højstrupparken i Odense, gennemfører Landsbyggefonden et demonstrationsprojekt, hvor de to ventilationsløsninger stilles overfor hinanden i to helt ens bygninger. Én bygning med *smart behovsstyret* ventilation og ét med *traditionel balanceret* ventilation. Projektet har kørt siden august og det er nu mulighed at levere et kvalificeret årsestimat.

Resultater

- Samlet *luftskifte* er 20% *lavere* ved *behovsstyret* ventilation. Ventilationen skruer først op når forureningen er høj, hvilket betyder at det fjernes mere absolut fugt og CO_2 , for hver ventileret m^3 .
- Gennemsnitlig *luftfugtighed* og *CO_2 -koncentration* følges ad i de to bygninger, men den relative andel med høje – ikke anbefalede – koncentrationer, er lidt lavere i den *behovsstyret* ventilation.
- *Stuetemperaturen* er op til $0,5^\circ$ højere ifm. *balanceret* ventilation (målt 1,2 m. over gulv). Forklaring: Større forskel i temperatur loft vs. gulv da forvarmet luft leveres tæt ved loft, mens termostater der styrer radiatorernes varmeafgivelse, er placeret ca. 0,6 m. over gulv.
- *Energiforbrug* ved *behovsstyret* ventilation *uden* varmegenvinding forhøjer det samlede vægtede energiforbrug med 4 – 5% ift. *balanceret* ventilation. Hvis blot 25% af afkastluften anvendes til rumopvarmning eller produktion af varmt brugsvand, opnås et lavere samlet energiforbrug.
- Den *faktiske varmegenvinding* i *balanceret* ventilation er ca. 35%, når det tages højde for uønsket temperaturstigning tæt ved loft, hvilket øger det samlede varmetab via klimaskærm.
- Anslået forskel i *anlægssum* på ca. 35% til den *behovsstyrede* løsnings favør (kilde: LBF). Herfra skal der trækkes investering i varmegenvinding, f.eks. opvarmning i tagetage, opgang og kælder eller supplerende produktion af varmt brugsvand eller centralvarme i luft/vandvarmepumpe.

Konceptet som er udviklet af EXERGI og BUILD/SBI, er i virkeligheden ikke nyt, men en klassisk udsagningsløsning med en digital twist & Cloud. Firmaet IC-Meter tilbyder en færdig samlet løsning.

Boliger har behov for frisk luft

Alle boliger har behov for frisk luft. Mennesker er den største forurener af luften i boliger, hvor forureningen svinger afhæng af antal mennesker og aktivitet. Men byggematerialer, møbler og tekstiler giver også sit bidrag til at boligens luft bliver forurennet. Hertil kommer at brug af vand til bad, rengøring og madlavning forøge fugtindholdet i luft. Forurennet og fugtig luft er skadelig for vort helbred, og høj fugtighed kan give skimmelsvamp etc.

Senest er det dokumenteret at god ventilation kan reducere risikoen for spredning af Corona.

De første krav om ventilation

Det er en lang tradition i Danmark for krav om ventilation i boliger. Det startede med fokus på fugt, hvor det blev stillet krav om udsugning i boligens 'våde' rum – køkken og bad. Ved at fjerne fugtig luft i de 'våde' rum holdes risikoen for fugt og skimmel holdes nede. Samtidig betyder udsugning i de 'våde' rum at det automatisk suges frisk luft udefra ind i boligens 'tørre' rum – stue, entre og soveværelser. Det sker enten via utætheder i bygningen eller ventiler i vinduer og vægge. Ventiler er klart at foretrække fordi det giver muligt at styre indsugning af frisk luft imellem de 'tørre' rum.

Energihensyn og krav om balanceret ventilation

Ønsket om frisk luft er i konflikt med målsætningen om at minimere energiforbrug til opvarmning. Varm og fugtig luft indeholder væsentlig mere energi end kold og tør luft. Det betyder at hver gang vi ventilerer én m³ luft spilder vi energi.

Balanceret ventilation med varmegenvinding blev i sin tid svaret på denne udfordring. Konceptet rummer to dele. Det *første* er varmegenvinding, hvor den varme og fugtige afkastluft opvarmer koldt og luft som suges ind i bygningen.

Den *anden* del er, var at den forvarmede friske luft blev sendt ud til ejendommens alle rum via et finmasket rørsystem.

I bygningsreglementet var det frem til årsskiftet 1.1.2022 et krav om fast luftskifte i boliger på på 0,3 l/s m². Det svarer til at der halvdelen af luften i en bolig udskiftes i løbet af én time. Ventilation i boliger kører i dag med et fast luftskifte døgnet rundt.

Kritik af balanceret ventilation

Det er rejst tre kritikpunkter mod balanceret ventilation

- Forureningen i den enkelte bolig varierer kraftigt over døgnet afhængig af antal personer og aktiviteter. Et fast luftskifte er tit unødvendigt højt og somme tider for lavt luftskifte.
- Balanceret ventilation tager *ikke* højde for at beboerne selv lugter ud. Den balancerede ventilation tager så at sige patent på alt luftskifte, med risiko for ubalance når beboerne åbner vinduer osv.
- Varmegenvinding via f.eks. en krydsvarmeveksler er en god løsning. MEN investeringen i rørsystem på adskillige km, nedsænkede loft osv. er så stor, at den *ikke* kan hentes hjem via besparelser på varmeregningen. Det er ikke varmegenvinding som princip som er gal, men den *måde* som varmen genbruges på meget dyr og ineffektiv.

Bygningsreglementet er pr. 1.1.2021 og 1.1.2022 ændret

Ændringer i bygningsreglementet (BR) pr. 1.1.2021 og 1.1.2022 har taget højde for kritikken og åbner op for helt nye og ventilationsløsninger i boligsektoren. Det hidtidige krav om balanceret ventilation er bortfaldet, forudsat at energiforbruget ikke stiger. Fra nytår er det tilladt at luftskiftet i perioder *halveres* ift. de generelle krav ($0,3 \text{ l/s m}^2$) hvis ventilationen i hver bolig styres individuelt, ud fra målinger af indeklima.

Smart behovsstyret ventilation – optimeret udsugning

Smart behovsstyret ventilation har som eksplicit målsætning at sikre og dokumentere et godt indeklima, med et minimalt luftskifte og energitab. Den Cloudstyrede ventilation tager højde for beboernes forurening og udluftning, hvor den behovsstyrede ventilation *supplerer* med det luftskifte som brugeren ikke selv sikrer.

Kernen i smart behovsstyret ventilation er et traditionelt trykstyret udsugningsanlæg for en opgang eller hel bygning. Trykstyringen sikrer et konstant undertryk i kanalerne. Frisk luft suges ind i lejligheden via ventilers, typisk placeres bagved radiator eller tæt på loft i de 'tørre' rum. Det findes også løsninger hvor den friske luft føres ind i boligen via perforerede loftplader – jfr. kontor og skoler.

I de enkelte lejligheder installeres to styrbare spjæld (VAV-spjæld) – ét i køkken og ét i bad. I ejendommen installeres en Internet-tilsluttet boks som sikrer kommunikationen imellem Cloud og VAV-spjæld. VAV-spjæld modtager styreordre om ønsket luftmængde, og giver respons om faktisk luftskifte.

Midt i hver lejlighed installeres en indeklima målere som måler temperatur, relativ fugt og CO₂. Målingerne sendes op til en Cloud-løsning, hvor målingerne analyseres ift. udeluftens aktuelle temperatur og fugt.

Cloud-tjenesten opbygger en model for hver lejligheds produktion og bortskaffelse af hhv. fugt og CO₂. En prognose for det nødvendige luftskifte opstilles og opdateres hvert 5. min., hvorefter det sendes styreordre til de to VAV-spjæld med bestilling af ønsket luftskifte. Modellen modtager feedback fra spjæld om evt. afvigelser, f.eks. at et spjæld er blokeret.

Styrekonceptet vil med dagens terminologi betegnes som AI og Machine Learning. Alle indeklima-målinger og luftmængder dokumenteres i rapportering til ejendoms-administrator og beboere.

Smart behovsstyret ventilation – nytænkning af varmegenvinding

I lighed balanceret ventilation henter ventilationsanlægget varm og fugtig afkastluft med et betydeligt energiindhold. Opgaven er her at vælge et langt billigere alternativ balanceret ventilation med distribution af forvarmet luft til ejendommens alle tørre rum. Det er ikke fastlagt én bestemt løsning, men det er peget på tre muligheder alt efter de lokale muligheder.

- Den *første* mulighed er en traditionel krydsvarmeveksler, hvor tør og forvarmet luft bruges til direkte opvarmning af øverste etage/loftsrum, trappeopgang eller kæder. Bemærk at det kun er behov for at spare 5% af det samlede forbrug for at overgå balanceret ventilation.
- Den *anden* mulighed er at bruge afkastluftens energi til supplerende produktion af varmt brugsvand via varmepumpe. På denne måde kan store distributionstab i varmtvandsproduktion nedsættes, hvor løsningen samtidig åbner op for energiudnyttelse udenfor fyringsperioden.

- Den *tredje* mulighed er at lade energien i afkastluft opvarme centralvarmevandets frem- eller returløb ved brug af luft/vand varmepumpe, i kombination med sløjfestyring eller varmepumpe.

I demonstrationsprojekt FAB Højstrupparken er behovsstyret ventilation implementeret *uden* varmegenvinding. Årsagen var pladsmangel, samt et ønske om at undersøge i hvor høj grad optimerede luftskifte kunne erstatte varmegenvinding i balanceret ventilation.

Udgangspunktet for projekter med behovsstyret ventilation er dog at projektet skal omfatte en supplerende varmegenvinding som sikrer et *mindre* energiforbrug end ved balanceret ventilation.

Demonstrationsprojekt FAB Højstrupparken Odense – sammenligning af de to løsninger

To identiske bygninger med 15 lejligheder hver. I nr. 41 – 43 er det installeret behovsstyrt ventilation og i nr. 37 – 39 er det etableret decentral balanceret ventilation.



Balanceret ventilation

Bystævnevej 37 -39, Højstrup Parken

- Udsugning i køkken og bad
- Indblæsning af *forvarmet* luft i alle rum
- Konstant luftskifte i alle lejligheder



Behovsstyret ventilation

Bystævnevej 41 -43, Højstrup Parken

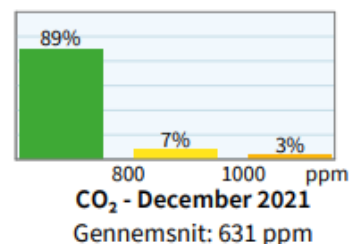
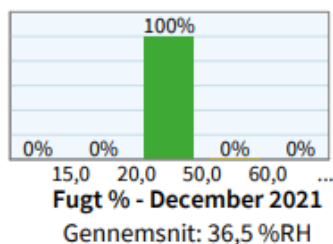
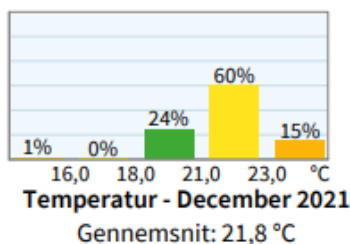
- VAV-spjæld i køkken og bad
- Frisk luft *uden* forvarmning
- Indeklima måles hvert 5. min (temp., %RH og CO2)
- Luftskifte i hver lejlighed styres ud fra aktuelle målinger af indeklimate ift. lokalt vejr

Målt indeklima – eksempler fra december 2021

Behovsstyret ventilation – Højstrupparken 41 – 43

Bygning: FAB Vent. styring Højstruppark... Adresse: Bystævnevej 41, 5200 Odense Areal: 1.177,6 m²

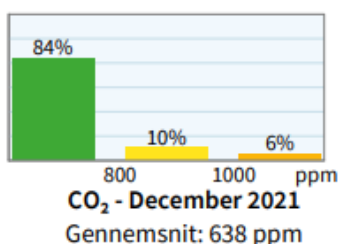
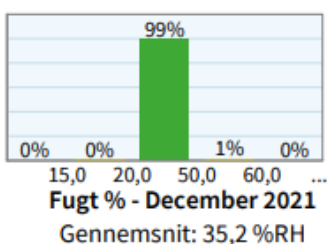
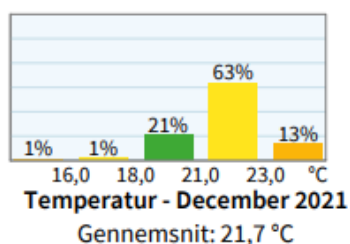
Indeklima



Balanceret ventilation – Højstrupparken 37 -39

Bygning: FAB Kontrolgruppe Højstruppar... Adresse: Bystævnevej 37, 5200 Odense Areal: 1.177,6 m²

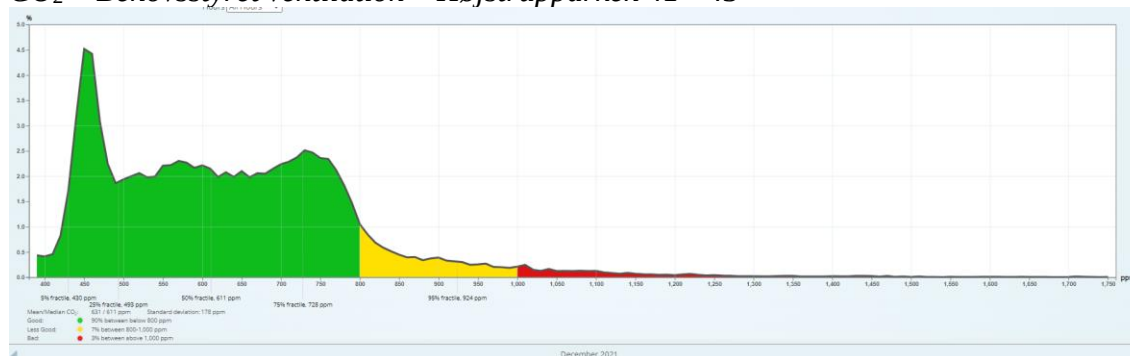
Indeklima



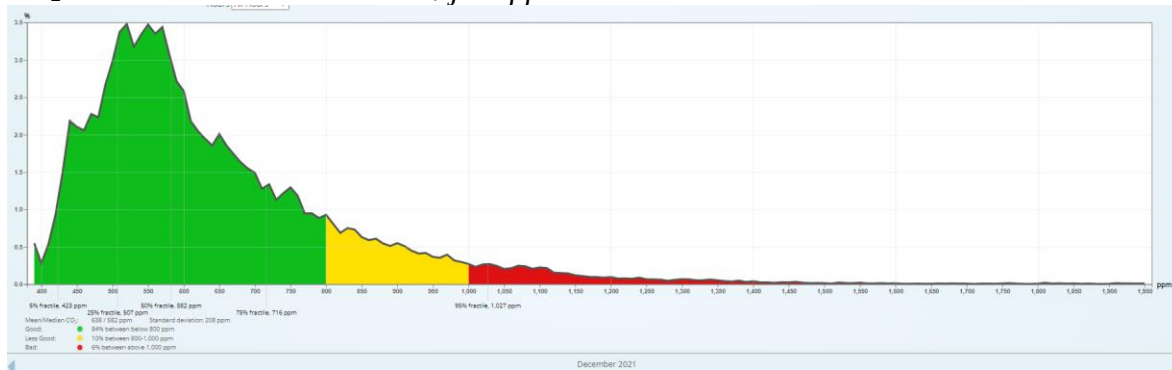
CO₂-koncentration

Den største forskel er i den relative andel høje – ikke anbefalede - CO₂-værdier. For den *behovsstyrede* ventilation er 3% af alle målinger i december over 1.000 ppm. For den *balancerede* ventilation er andelen dobbelt så høj - 6% af alle målinger i december over 1.000 ppm. Nedenfor vises den relative fordeling for alle CO₂-målinger i december måned i de to bebyggelser – i alt 250.000 målinger.

CO₂ – Behovsstyret ventilation – Højstrupparken 41 - 43



CO₂ – Balanceret ventilation – Højstrupparken 37 - 39



Ved at sammenligne de to grafer, ses at den behovsstyrede ventilation holder luftskiftet nede op til koncentrationen nærmer sig de 700 ppm. Til gengæld stiger dette ved højere koncentrationer, hvilket forklarer en mindre andel målinger over 1.000 ppm.

Relativ fugt

Udfordringer med høj luftfugtighed opleves primært i sommerhalvåret, hvor udeluften er varme og fugtig. Som oversigtstabellerne viser er det ingen fugtproblemer i december måned. Generelt har de to ventilationskoncepter ikke udfordringer med at holde luftfugtigheden nede.

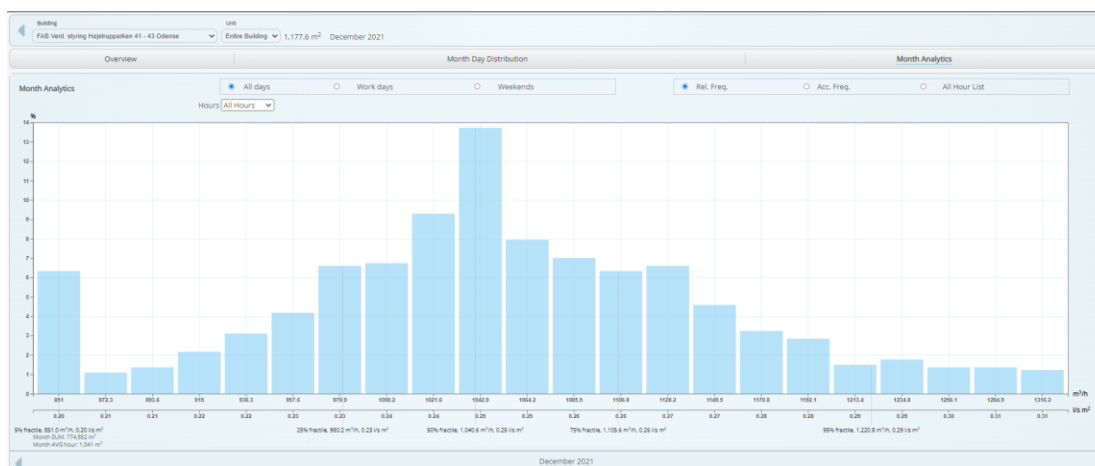
Temperatur

Temperatur i boligerne måles 1,2 m. over gulv. I hele perioden har temperaturen frem til begyndelsen af december har den målte temperatur været op til 0,5° højere in den balancerede ventilation. I december er temperaturen dog stort ens, hhv. 21,7 °og 21,8°.

I den behovsstyrede ventilation hentes kold frisk luft ind bagved radiatorer, ved vinduernes øverste del eller ved loft. Dette synes at give en mere ligelig temperaturfordeling luft vs. gulv, sammenholdt med balanceret ventilation, hvor forvarmet luft leveres tæt ved loft.

Luftmængder og entalphi – behovsstyret ventilation

Variationer i målt samlet luftskifte – relativ fordeling af månedens timemålinger. Bemærk den lave andel af luftskifte omkring 0, 3 l/s m².



Ud fra indeklima målinger og lokale vejrdato (timeværdier) kan luftens samlede energiindhold – entalphi – inde og ude opgøres for hver time. I kombination oplysninger om faktisk luftskifte i hver time med målt luftskifte kan samlede entalphi-tab beregnes opgøres ud fra.

For den behovsstyret ventilation *uden* varmegenvinding er entalphi-tabet 6,5 MWh i december måned.

Building FAB Vent. styring Højstrupparken 41 - 43 Odense		Unit Entire Building	1,177.6 m ³	December 2021
Overview		Month Day Distribution		Month Analytics
Air flow ventilation		774,852 m ³ /month	1,041 m ³ /h	289 l/s
Electricity Vent. system		64.3 kWh/month	86.4 kWh/h	SEL: 298.6 Ws/m ³ (J/m ³)
Enthalpy Losses		6,510 MWh/month	8.7 kWh/h	
December 2021				

Energiforbrug i hhv. behovsstyret *uden* varmegenvinding og balanceret ventilation

Måned	Behovsstyret ventilation Højstrupparken 41 - 43				Balanceret ventilation Højstrupparken 37 - 39				Bespørelse ved Behovsstyret ventilation	
	Rumvarme	El ventilation	Sum energi vægtet*	Sum energigift**	Rumvarme	El ventilation	Sum energi vægtet*	Sum energigift**	Sum energi vægtet*	Sum energigift**
	MWh	MWh	MWh	kr.	MWh	MWh	MWh	kr.	MWh	kr.
August	1,076	0,044	0,998	905	1,79	0,136	1,779	1,648	0,782	743
September	2,6552	0,066	2,382	2,140	3,413	0,292	3,457	3,218	1,074	1,078
Oktober	8,139	0,0797	7,070	6,284	6,992	0,211	6,343	5,718	-0,726	-566
November	12,045	0,0613	10,355	9,172	10,641	0,204	9,432	8,440	-0,922	-732
December	17,807	0,0643	15,25812	13,500	16,042	0,213	14,040	12,510	-1,218	-990
Årsum	41,722	0,315	36,062	32,000	38,878	1,055	35,051	31,533	-1,011	-467

* E-faktorer fra energimærke El:1,9 Fjernvarme 0,85
**Energipriser El: 2,25 kr./kWh Fjernvarme: 0,75 kr./kWh

Bemærk særlig at selv om entalphi-tabet i behovsstyret ventilation *uden* varmegenvinding er på hele 6,5 MWh i december måned (se foregående figur), så er varmemeforbruget i december kun 1,75 MWh højere end i bebyggelsen med varmegenvinding og balanceret ventilation.

Ved at sammenholde luftmængder, entalphitab før varmegenvinding, samt tilført rumvarme, kan den faktiske energibesparelse ved balanceret ventilation beregnes.

I december måned ville den balancerede ventilation have et *entalphitab* på 8 MWh, dvs. 1,5 MWh højere end ved behovsstyret ventilation sfa. af 25% større luftskifte. I den samme måned havde bygningen med balanceret ventilation en *varmeforbrug* som var 1,75 MWh lavere end behovsstyret ventilation. Med disse forudsætninger kan den faktisk varmegenvinding i balanceret ventilation beregnes til 40%, dvs. den resulterede varmebesparelse som følge varmegenvindingen.

For perioden august til december svarer varmebesparelse til en varmegenvinding 31%. For et helt år hvor fyringsperioden fylder mere, vil den samlede udnyttede varmegenvinding være ca. 35%.

Elforbruget i den behovsstyrede ventilation er ca. 30% af elforbruget i den balancerede løsning.

Varmer- og elforbrug (til ventilation) er vægtet med hhv. energimærkets energifaktorer og de aktuelle energipriser. For perioden august til december har de 15 lejligheder med behovsstyret ventilation haft et vægtet energiforbrug på 1 MWh mere end ved den balancerede ventilation.

Den ekstra energiregning til de 15 beboerne er i alt beskeden – 457 kr. eller 31 kr. lejemål.

Årsestimat

Ud fra de hidtidige målinger er det med afsæt i DRY lavet et estimat af energiforbrug i et helt driftsår.

Årsestimat											
Måned	Behovsstyret ventilation Højstrupparken 41 - 43				Balanceret ventilation Højstrupparken 37 - 39				Besparelse ved Behovsstyret ventilation		
	Rumvarme	El ventilation	Sum energi vægтет*	Sum energiudgift**	Rumvarme	El ventilation	Sum energi vægтет*	Sum energiudgift**	Sum energi vægтет*	Sum energiudgift**	
	MWh	MWh	MWh	kr.	MWh	MWh	MWh	kr.	MWh	kr.	
August	1,076	0,044	0,998	905	1,79	0,136	1,779	1.648	0,782	743	
September	2,6552	0,066	2,382	2.140	3,413	0,292	3,457	3.218	1,074	1.078	
Oktober	8,139	0,0797	7,070	6.284	6,992	0,211	6,343	5.718	-0,726	-566	
November	12,045	0,0613	10,355	9.172	10,641	0,204	9,432	8.440	-0,922	-732	
December	17,807	0,0643	15,258	13.500	16,042	0,213	14,040	12.510	-1,218	-990	
Januar	20	0,065	17,124	15.146	18	0,211	15,700	13.974	-1,424	-1.173	
Februar	21	0,065	17,974	15.896	19	0,211	16,550	14.724	-1,424	-1.173	
Marts	16	0,065	13,724	12.146	14	0,211	12,300	10.974	-1,424	-1.173	
April	10	0,065	8,624	7.646	8,5	0,211	7,625	6.849	-0,999	-798	
Maj	4	0,065	3,524	3.146	3,5	0,211	3,375	3.099	-0,149	-48	
Juni	1,5	0,065	1,399	1.271	2	0,211	2,100	1.974	0,701	702	
Juli	1,5	0,065	1,399	1.271	2	0,211	2,100	1.974	0,701	702	
Årssum	115,722	0,770	99,827	88.524	105,878	2,529	94,801	85.098	-5,026	-3.426	

* E-faktorer fra energimærke El:1,9 Fjernvarme 0,85

**Energipriser El: 2,25 kr./kWh Fjernvarme: 0,75 kr./kWh

Det estimeres at for hele året vil behovsstyret ventilation *uden* varmegenvinding give et merforbrug på ca. 10 MWh varme oget mindre forbrug på 1,8 MWh el. Det svarer til at energimærket er forøget med 5 MWh eller 4 kWh/m².

De 4 kWh/m² skal sammenlignes med at det samlede varmeforbrug til varmt brugsvand typisk udgør 25 kWh/m². Hvis blot 25% af afkastluftens energiindhold udnyttes til energiformål, vil den behovsstyrede ventilation have et samlet lavere energiforbrug.

Den ekstra energiregning, uden varmegenvinding ifm. behovsstyrte ventilation er dog ganske beskednen. Som det fremgår af ovenstående fremskrivning, er afdelingens ekstraregning ca. 3.500 kr. pr. år, hvilket svarer til 230 kr. pr lejer og år.

Regneeksemplet illustrer indirekte hvor økonomisk *ineffektiv* traditionel varmegenvinding er med fremføring af forvarmet luft de enkelte rum i en bygning. For en bygning med 15 lejligheder taler vi om en merinvestering på nogle hundrede tusinde kr. som reelt kun giver nogle få tusinde kr. besparelse på den årlige energiregning.

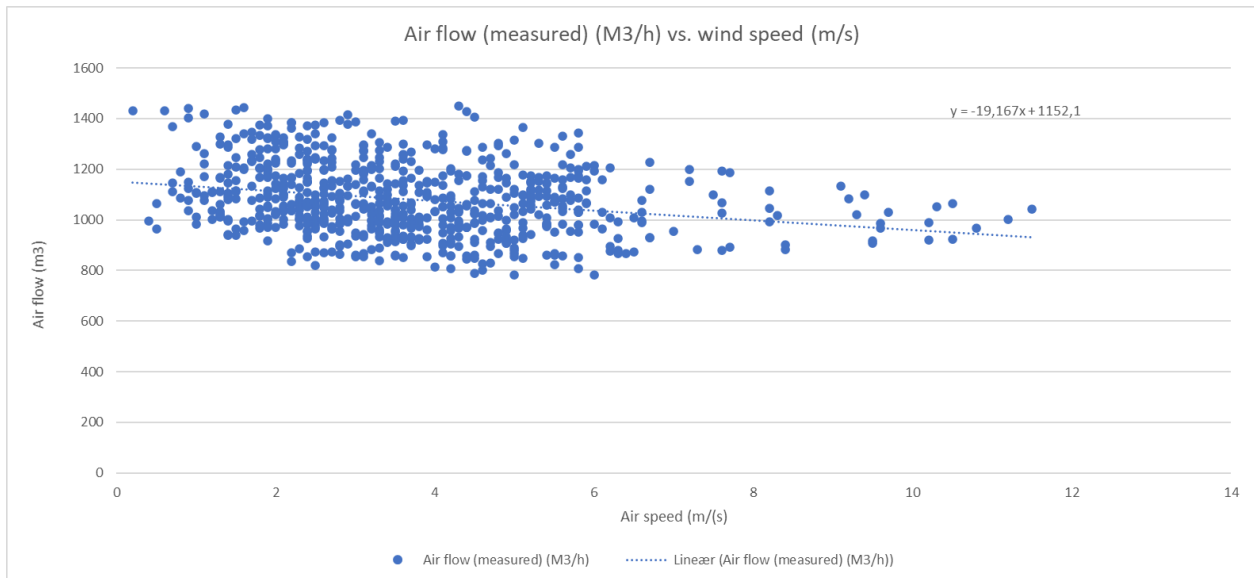
Supplerende varmegenvinding

På trods af at behovsstyret ventilation kun har et marginalet større energiforbrug, handler konceptet om at det skal indeholde en eller anden form for supplerende varmegenvinding. Det kan, som nævnt i notat f.eks. ske ved produktion af varmt brugsvand eller centralvarme, eller opvarmning af trappeopgang, loftetage eller kældere, via almindelig varmeveksling.

Bilag**Luftskiftet under varierende vindforhold**

Behovsstyret ventilation sikrer det nødvendige supplerende luftskifte som brugeren eller bygningen ikke håndterer via naturlig ventilation/infiltration. I timer med stærk vind forøges den naturlige ventilation som følge af utætheder i klimaskærm. Det betyder omvendt, at behovet for *mekanisk* ventilation – alt andet lige – er mindre i timer med stærk vind.

Dette forhold er illustreret i nedenstående figur – FAB, Højstrup Parken september 2021.



Lejligheder med højest CO₂-koncentration – 95% fraktiler

Balanceret ventilation

Floor area m ²	Temperature AVG	Humidity AVG	CO ₂ AVG ▾
80.4 m ²	24.4 °C	56.0 %RH	1,142 ppm
80.4 m ²	22.5 °C	58.1 %RH	915 ppm
74.4 m ²	23.4 °C	56.5 %RH	888 ppm
80.4 m ²	22.1 °C	60.1 %RH	887 ppm
131.3 m ²	23.0 °C	55.7 %RH	877 ppm
76.3 m ²	22.3 °C	57.6 %RH	843 ppm
70.4 m ²	23.1 °C	52.8 %RH	785 ppm
76.3 m ²	24.9 °C	54.6 %RH	776 ppm
70.4 m ²	23.4 °C	55.1 %RH	739 ppm
76.3 m ²	23.1 °C	54.4 %RH	700 ppm
74.4 m ²	22.5 °C	61.5 %RH	691 ppm
70.4 m ²	22.7 °C	54.7 %RH	670 ppm
74.4 m ²	22.6 °C	54.5 %RH	653 ppm
72.4 m ²	23.7 °C	54.6 %RH	516 ppm
69.4 m ²	21.4 °C	57.1 %RH	496 ppm
October 2021			

Behovsstyret ventilation

Floor area m ²	Temperature AVG	Humidity AVG	CO ₂ AVG ▾
76.3 m ²	22.0 °C	61.8 %RH	1,316 ppm
131.3 m ²	21.8 °C	60.4 %RH	1,028 ppm
72.4 m ²	24.7 °C	54.1 %RH	1,026 ppm
80.4 m ²	23.5 °C	60.2 %RH	952 ppm
70.4 m ²	23.1 °C	57.8 %RH	914 ppm
76.3 m ²	24.1 °C	54.2 %RH	901 ppm
74.4 m ²	21.8 °C	61.4 %RH	887 ppm
80.4 m ²	24.5 °C	56.5 %RH	875 ppm
74.4 m ²	23.2 °C	55.5 %RH	873 ppm
80.4 m ²	28.3 °C	44.3 %RH	803 ppm
70.4 m ²	22.6 °C	55.5 %RH	781 ppm
69.4 m ²	24.3 °C	54.0 %RH	659 ppm
74.4 m ²	22.0 °C	55.8 %RH	622 ppm
76.3 m ²	22.8 °C	56.4 %RH	586 ppm
70.4 m ²	24.3 °C	50.0 %RH	576 ppm
October 2021			

Online visning af styring

☒ Control Order — Airflow ☐ Measured Airflow

Floor area	Temperature	Humidity	CO ₂	Exhaust air
70.4 m ²	22.1 °C	42.8 %	510 ppm	7.2 l/s
70.4 m ²	22.1 °C	42.8 %	510 ppm	4.7 l/s
80.4 m ²	23.4 °C	39.4 %	932 ppm	20.0 l/s
80.4 m ²	23.4 °C	39.4 %	932 ppm	15.0 l/s
70.4 m ²	21.6 °C	43.0 %	421 ppm	7.2 l/s
70.4 m ²	21.6 °C	43.0 %	421 ppm	4.7 l/s
80.4 m ²	22.1 °C	46.1 %	595 ppm	7.3 l/s
80.4 m ²	22.1 °C	46.1 %	595 ppm	4.8 l/s
72.4 m ²	24.0 °C	39.6 %	456 ppm	7.2 l/s
72.4 m ²	24.0 °C	39.6 %	456 ppm	4.7 l/s
70.4 m ²	21.4 °C	41.3 %	807 ppm	20.0 l/s
70.4 m ²	21.4 °C	41.3 %	807 ppm	15.0 l/s
80.4 m ²	21.7 °C	44.3 %	760 ppm	20.0 l/s
80.4 m ²	21.7 °C	44.3 %	760 ppm	15.0 l/s
76.3 m ²	22.4 °C	43.8 %	636 ppm	7.2 l/s
76.3 m ²	22.4 °C	43.8 %	636 ppm	4.7 l/s

Dokumentation af luftmængde, elforbrug og entalphytab for hver time med baggrundsparemetre

Date	Weekday	Time	▼ Air flow (measured) m ³ /h	Energy & Enthalpy		Indoor Climate			Local Weather					
				Electricity Ventilation	Enthalpy Losses	Temperature	Humidity	CO ₂	Temperature	Humidity	Δ Humidity in/out	Direct sun power	Wind Speed	Wind Direction
				Wh/h	kWh/h	°C	%	ppm	°C	%	g/m ³	Wh/h m ²	m/s	
27.10	Wed	21:00-22:00	1,454.248	160.0	4.4	22.1	53.1	604	13.8	90.3	0.0	0.0	7.5	↖ SW 236.1°
7.10	Thu	20:00-21:00	1,453.096	154.8	8.5	22.7	49.7	646	11.4	79.6	2.0	0.0	1.4	↘ SE 153.7°
29.10	Fri	12:00-13:00	1,447.178	162.7	6.8	22.3	48.3	566	13.0	70.8	1.6	115.0	4.9	↑ S 186.2°
27.10	Wed	19:00-20:00	1,444.245	160.0	4.3	22.1	53.0	595	13.8	90.0	0.0	0.0	7.6	↖ SW 232°
27.10	Wed	20:00-21:00	1,437.397	170.0	4.2	22.1	53.2	619	13.9	90.1	-0.0	0.0	7.6	↖ SW 234°
27.10	Wed	22:00-23:00	1,436.686	160.0	4.6	22.2	52.8	594	13.6	89.7	0.2	0.0	7.6	↖ SW 233.7°
29.10	Fri	11:00-12:00	1,436.500	158.8	7.1	22.2	48.3	589	12.2	74.9	1.5	224.6	5.2	↑ S 187.1°
27.10	Wed	10:00-11:00	1,430.230	161.3	3.8	21.9	51.8	557	14.1	87.0	-0.1	0.1	8.5	↖ SW 234.9°
29.10	Fri	22:00-23:00	1,429.285	152.8	7.1	22.4	46.8	554	12.1	74.3	1.5	0.0	5.6	↑ S 180.2°
29.10	Fri	10:00-11:00	1,429.053	160.0	7.8	22.0	48.4	599	10.9	79.5	1.6	149.9	5.0	↑ S 189.2°
29.10	Fri	21:00-22:00	1,425.690	160.0	7.7	22.4	47.0	568	12.0	71.3	1.8	0.0	6.2	↑ S 177.7°
8.10	Fri	22:00-23:00	1,421.660	143.7	8.8	22.2	51.0	712	9.6	90.8	1.8	0.0	1.3	← E 90.3°
25.10	Mon	23:00-24:00	1,421.246	151.4	7.1	21.8	46.5	606	10.3	86.4	0.9	0.0	3.9	↑ S 192.2°
8.10	Fri	21:00-22:00	1,420.375	150.0	9.0	22.2	51.3	773	9.6	90.1	2.0	0.0	1.5	← E 103.7°
27.10	Wed	09:00-10:00	1,419.119	151.3	3.9	21.8	51.8	558	13.8	88.1	-0.1	0.1	7.9	↖ SW 239.7°
30.10	Sat	22:00-23:00	1,416.989	160.0	7.7	22.1	48.2	576	11.2	77.6	1.7	0.0	4.7	↑ S 180.9°
3.10	Sun	21:00-22:00	1,416.519	153.2	5.2	22.4	57.8	694	14.0	91.6	0.8	0.0	6.4	↖ SW 243.4°
26.10	Tue	20:00-21:00	1,414.627	158.6	6.4	21.9	47.9	612	10.5	94.5	0.5	0.0	3.7	↖ SW 207.7°
25.10	Mon	22:00-23:00	1,414.458	150.0	7.5	21.8	46.5	613	9.9	86.2	1.1	0.0	4.0	↖ SW 203.2°

Alle data kan udtrækkes som regneark/csv-fil.