



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## **BR's boligventilationskrav. Beherskes kravene og efterleves de i nye boliger?**

*Tekniske samtaler. Nye målinger*

Bergsøe, Niels Christian

*Publication date:*  
2011

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Bergsøe, N. C. (2011). *BR's boligventilationskrav. Beherskes kravene og efterleves de i nye boliger? Tekniske samtaler. Nye målinger.* (1 udg.) SBI forlag. SBI Bind 2011 Nr. 21

### **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](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# BR's boligventilationskrav. Beherskes kravene og efterleves de i nye boliger?

Tekniske samtaler. Nye målinger





# BR's boligventilationskrav. Beherskes kravene og efterleves de i nye boliger?

Tekniske samtaler. Nye målinger

Titel	BR's boligventilationskrav. Beherskes kravene og efterleves de i nye boliger?
Undertitel	Tekniske samtaler. Nye målinger.
Serietitel	SBi 2011: 21
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2011
Forfatter	Niels C. Bergsøe
Sprog	Dansk
Sidetæl	41
Litteratur- henvisninger	Side 35
Emneord	Ventilationskrav, Bygningsreglementet, radonmålinger, lufttæthedsmålinger
ISBN	978-87-563-1544-9
Fotos Omslag	Fotos side 25 og 26: Isolink. Øvrige fotos: Niels C. Bergsøe Foto: Isolink
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post sbi@sbi.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

# Indhold

Sammenfatning .....	5
Baggrund, formål og omfang .....	5
Del 1: Tekniske samtaler .....	5
Konklusioner .....	5
Del 2: Nye målinger .....	6
Resultater .....	6
Konklusioner .....	6
Indledning .....	8
Baggrund .....	8
Formål .....	10
Omfang .....	10
Del 1: Tekniske samtaler .....	11
Fremgangsmåde .....	11
Resultater .....	12
Tekniske samtaler .....	12
Tidligere målinger .....	16
Konklusioner, Del 1 .....	18
Del 2: Nye målinger .....	21
Omfang .....	21
Resultater .....	23
Udetemperatur .....	23
Udelufttilførsel .....	23
Klimaskærmens tæthed .....	24
Termografering .....	25
Radonforekomst .....	26
Temperatur og relativ luftfugtighed .....	27
Beboernes kommentarer .....	28
Diskussion .....	28
Konklusioner, Del 2 .....	33
Litteratur .....	35
Bilag .....	36

# Forord

Denne undersøgelse skal medvirke til at afklare, om der er behov for at iværksætte særlige initiativer i tilknytning til bygningsreglementets krav til ventilation i boliger, så det sikres, at der optræder hygiejnisk og sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima, herunder at fugtforholdene kontrolleres.

Rapporten er udarbejdet for Erhvervs- og Byggestyrelsen.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet  
Energi og miljø  
September 2011

*Søren Aggerholm*  
Forskningschef

# Sammenfatning

## Baggrund, formål og omfang

Ventilation har afgørende betydning for luftkvaliteten i bygninger, og samtidig kan ventilationen udgøre en væsentlig andel af en bygnings energiforbrug. Der er indikationer af, at energibestemmelserne og ventilationsbestemmelserne i bygningsreglementet kædes sammen på en sådan måde, at det antages, at der er sammenhæng mellem utilfredsstillende luftkvalitet og de reviderede energibestemmelser.

Formålet med undersøgelsen har været, at tilvejebringe mere klarhed over om bygningsreglementets ventilationsbestemmelser på boligområdet beherskes i branchen, og om bestemmelserne efterleves i praksis, herunder om de byder særlige barrierer, og på denne baggrund vurdere, om der er behov for at iværksætte initiativer som fx regelændringer, sanktioner, kontrol, information eller vejledning.

Undersøgelsen er gennemført i to faser. I fase 1 er der gennemført tekniske samtaler med en række personer i udvalgte kommuner, organisationer og virksomheder. Endvidere er der foretaget en litteratur- og informations-søgning efter erfaringer fra nyere feltundersøgelser, som på relevante områder kunne understøtte såvel de tekniske samtaler som den efterfølgende fase 2. I fase 2 er der gennemført målinger og besigtigelser i 33 nye boliger bestående af 24 fritliggende enfamiliehuse og 9 etageboliger.

## Del 1: Tekniske samtaler

På baggrund af kontakt til udvalgte kommuner, organisationer og virksomheder er der gennemført tekniske samtaler med en række personer, som hver på sit felt har tilknytning til området ventilationsforhold i boliger. Det vurderes, at det gennem samtaleformen er lykkedes at opnå et bredere billede af den adspurgtes viden og synspunkter, end det havde været muligt at opnå på baggrund af et trykt spørgeskema eller et interview i fastlagte rammer. Nogle af samtalerne er gennemført ansigt til ansigt, mens andre er gennemført telefonisk.

## Konklusioner

Sammenfattende har de adspurgte ved de tekniske samtaler ikke kunnet understøtte indikationerne af, at det er en almindelig antagelse, at energieffektivt byggeri er "for" tæt og som følge heraf medvirkende til utilfredsstillende indeklima i nye boliger. De har heller ikke kunnet bekræfte, at de nyeste energibestemmelser giver anledning til forringet indeklima i nye boliger.

De adspurgte har ikke kunnet pege på specifikke barrierer for overholdelse af bygningsreglementets ventilationskrav på boligventilationsområdet. De adspurgte giver dog udtryk for, at reglementets tekst bør granskes med henblik på bedre og klarere formuleringer. Produkt- og udførelsesmæssigt peges på vigtigheden af, at der anvendes bedre udeluftventiler, at der sker en udvikling af mere effektive emhætter, og at det i højere grad sikres, at indregulering af ventilationsanlæg foretages korrekt. Det er et ønske, at bygningsreglementet tillader "behovsstyret" ventilation, samtidig med at der fortsat er behov for information til beboere om, at overdreven spareiver kan medføre fugtproblemer.



## Del 2: Nye målinger

I fase 2 er der foretaget målinger i 33 nye boliger bestående af 24 nye, fritliggende enfamiliehuse (15 med mekanisk ventilation, 9 med naturlig ventilation) og 9 etageboliger (6 med mekanisk udsugning, 3 med balanceret mekanisk ventilation). Enfamiliehusene er opført mellem 2007 og 2009 med undtagelse af ét, som er opført i 2006. Samtlige etageboliger er opført i 2009.

I samtlige boliger er der foretaget måling af udelufttilførslen og rumluftens temperatur og relative fugtighed. Boligens udelufttilførsel er målt ved hjælp af passiv sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode. Rumluftens temperatur og relative fugtighed er registreret ved hjælp af elektroniske dataloggere.

I enfamiliehusene er der endvidere foretaget måling af radonindholdet i rumluften. Målingerne er foretaget ved hjælp af passive detektorer (dosimetre) med sporfilm med filter. Desuden er der i enfamiliehusene foretaget måling af klimaskærmens tæthed. Målingen er foretaget ved hjælp af trykprøvning i henhold til DS/EN 13829.

### Resultater

Tabel 1 nedenfor sammenfatter resultaterne af målingerne.

Tabel 1. Sammenfatning af resultater fra målinger i 24 fritliggende enfamiliehuse og 9 etageboliger.

	Gns. udeluft- tilførsel [l/s pr. m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	Radon, årsmiddel [Bq/m <sup>3</sup> ]	Tæthed [l/s pr. m <sup>2</sup> ] v. 50 Pa	Gns. temp. inde [°C]	Gns. RH% inde [%]	Gns. temp. ude [°C]	Gns. RH% ude [%]
Alle enfamiliehuse (n=24)	0,25 <sup>2)</sup>	58 <sup>5)</sup>	1,40 <sup>6)</sup>	22,0 <sup>7)</sup> 22,3 <sup>8)</sup>	33,1 <sup>7)</sup> 33,8 <sup>8)</sup>	-1,7 <sup>7)</sup> 0,0 <sup>8)</sup>	75,8 <sup>7)</sup> 54,0 <sup>8)</sup>
Enfamiliehuse mek. vent. (n=15)	0,29 <sup>3)</sup>	44 <sup>5)</sup>	1,14 <sup>6)</sup>	22,0 <sup>7)</sup> 22,2 <sup>8)</sup>	29,5 <sup>7)</sup> 31,8 <sup>8)</sup>	-1,7 <sup>7)</sup> 0,0 <sup>8)</sup>	75,8 <sup>7)</sup> 54,0 <sup>8)</sup>
Enfamiliehuse nat. vent. (n=9)	0,19 <sup>4)</sup>	92 <sup>5)</sup>	1,82	22,1 <sup>7)</sup> 22,3 <sup>8)</sup>	36,7 <sup>7)</sup> 37,2 <sup>8)</sup>	-1,7 <sup>7)</sup> 0,0 <sup>8)</sup>	75,8 <sup>7)</sup> 54,0 <sup>8)</sup>
Alle etageboliger (n=9)	0,35	-	-	22,5	42,1	7,9	85,0
Etageboliger mek. uds. (n=6)	0,36	-	-	22,4	41,7	7,9	85,0
Etageboliger bal. mek. (n=3)	0,34	-	-	22,7	42,9	7,9	85,0

<sup>1)</sup> Arealbasis er boligernes bruttoetageareal.

<sup>2)</sup> n=21 (ekskl. hus 8, 22 og 23).

<sup>3)</sup> n=13 (ekskl. hus 8 og 22).

<sup>4)</sup> n=8 (ekskl. hus 23).

<sup>5)</sup> Geometrisk middelværdi.

<sup>6)</sup> Ekskl. hus 19, se figur 9 side 24.

<sup>7)</sup> Gennemsnit ca. 12 uger (måleperiode radon).

<sup>8)</sup> Gennemsnit ca. 1 uge (måleperiode udelufttilførsel).

### Konklusioner

5 huse, svarende til ca. 25 procent af de undersøgte enfamiliehuse hvor der er opnået resultater af måling af udelufttilførslen, har en udelufttilførsel, som lever op til bygningsreglementets krav om 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> etageareal. I 16 huse er udelufttilførslen lavere end 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup>. De 5 huse, som lever op til kravet, er alle med mekanisk ventilation. Ingen af de naturligt ventilerede huse lever op til kravet. Samtlige etageboliger lever op til kravet.

Bygningsreglementets krav til klimaskærmens tæthed efterleves i 15 af 24 huse, svarende til ca. 63 procent. 5 naturligt ventilerede huse består ikke

tæthedskravet, og af disse ligger 2 huse henholdsvis 50 procent og 100 procent over tæthedskravet.

Som vist i tabel 1 ovenfor er den geometriske middelværdi for radonmålingerne  $58 \text{ Bq/m}^3$ . 4 huse af 5, som har en årsmiddelværdi større end  $100 \text{ Bq/m}^3$ , er naturligt ventilerede, og 2 af disse 4 huse består ikke tæthedskravet.

3 huse, som alle er med mekanisk ventilation, lever op til både tæthedskravet og kravet til udelufttilførsel og har en radonårsmiddelværdi lavere end  $100 \text{ Bq/m}^3$ .

Måleresultaterne viser en svag negativ korrelation mellem radonkoncentrationen og den gennemsnitlige udelufttilførsel dvs. faldende radonkoncentration med stigende udelufttilførsel. Der kan ikke påvises sammenhæng mellem den målte tæthed og den målte radonkoncentration.

# Indledning

## Baggrund

Der forekommer i stadigt stigende omfang beretninger om, at indeklimaet i bygninger opleves utilfredsstillende. Indeklimaet omfatter almindeligvis *de termiske forhold* (lufttemperatur, strålingstemperatur, lufthastighed), *luftkvaliteten* (luftens indhold af forureninger som fugt, partikler, gasser og dampe herunder lugt og radon), *de akustiske forhold* (lydstyrke, frekvensfordeling, efterklangstid) og *lysforholdene* (belysningsstyrke, overfladereflektanser eller luminanser, lysfarve, kontraster, reflekser).

For så vidt angår luftkvaliteten, så har bygningsreglementets ventilationsbestemmelser grundlæggende til formål at sikre basisventilationen. Basisventilationen kan defineres som den ventilation, der under normal anvendelse af bygningen er nødvendig for dels at tilvejebringe et hygiejnisk og sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima dels at kontrollere fugtforholdene i rummene. Når belastningen fra personer, aktiviteter eller solindfald overstiger, hvad der svarer til normalforholdene, er der behov for supplerende ventilation. Muligheden for at supplere ventilationen sikres ved, at boligen udstyres med oplukkelige vinduer, og ved at emhætten i køkkenet kan indstilles til forceret drift. Under visse omstændigheder kan wc- og baderum eventuelt udstyres med en udsugningsventilator beregnet til periodisk drift.

Rumluftens CO<sub>2</sub>-indhold tages ofte som indikator for luftens forurening med organiske stoffer afgivet fra personer. Stofferne kan ved tilstrækkelig høje koncentrationer medføre ubehagelig eller generende lugt, og ventilationen har blandt andet til formål at holde lugtintensiteten på et tåleligt niveau. Det kan argumenteres, at den nødvendige udelufttilførsel for at opnå acceptabel luftkvalitet, når alene rumluftens CO<sub>2</sub>-indhold tages i betragtning, er ca. 4 l/s pr. person. Bygningsreglementets krav til ventilationens størrelse i boliger ligger væsentligt over det personrelaterede udeluftbehov.

Der tilvejebringes konstant ny viden og nye opdagelser, hvad angår forureninger i rumluften. Aktuelt er der eksempelvis undersøgelsesresultater, som viser, at der i rumluften kan optræde høje koncentrationer af formaldehyd (Logadóttir & Gunnarsen, 2008), at forekomsten af radon i nye enfamiliehuse er reduceret i forhold til tidligere opførte huse (Jensen, 2008), og at udsættelse for phthalater efter alt at dømme kan medføre fedme, diabetes og autisme foruden udvikling af astma og allergi, som længe har været dokumenteret (Olesen, 2008). Det fremherskende emne for det stigende antal beretninger om utilfredsstillende luftkvalitet er imidlertid relateret til vækst af mug- og skimmel.

Den grundlæggende årsag til forekomst af mug- og skimmelproblemer i bygninger er, at den relative luftfugtighed er høj, som igen skyldes, at der er ubalance mellem ventilationen over tid og den mængde fugt, der afgives til rumluften. Når det gælder boliger, er afgivelsen af fugt til rumluften i første række knyttet til beboernes tilstedeværelse og adfærd i boligen, men også uhensigtsmæssige konstruktioner og anvendelse af fugtige byggematerialer kan medføre forhøjet fugtniveau. Byggetekniske fejl som fx utætheder i tag og vvs-installationer kan naturligvis også føre til, at der forekommer forhøjet fugtniveau indendørs.

Der er fra mange sider udarbejdet informationsmateriale til beboere om behovet for ventilation og hensigtsmæssig brug af boligen, så risikoen for mug- og skimmelproblemer nedbringes. Et nyere tiltag er etablering af hjemmesiden [www.skimmel.dk](http://www.skimmel.dk), som primært er rettet mod beboere i almene boli-

ger, selvom alle kan have nytte af informationen. Hjemmesiden har som mål at oplyse beboere og driftspersonale i lejeboliger om bekæmpelse af skimmelsvamp blandt andet gennem undervisningsforløb for driftspersonale. En del af informationsmaterialet foreligger på otte forskellige sprog. Hjemmesiden er udarbejdet i et samarbejde mellem Landsbyggefonden, Grundejernes Investeringsfond og SBI.

Ligeledes rettet mod beboere har det tidligere Velfærdsministerium (senere Indenrigs- og Socialministeriet; efterfølgende erstattet af henholdsvis Socialministeriet og Indenrigs- og Sundhedsministeriet) udsendt to pjecer. Den ene pjece er rettet mod lejere i almene boliger, mens den anden er rettet mod lejere i privat udlejningsbyggeri. Pjecerne er foruden dansk udarbejdet på engelsk, tyrkisk, arabisk og urdu.

Rettet mod kommuner udsendte Velfærdsministeriet i juni 2008 en vejledning om skimmelsvamp i boliger (VFM & EBST, 2008). Formålet med vejledningen, som er udarbejdet af Velfærdsministeriet og Erhvervs- og Byggestyrelsen, er at sikre, at kommunalbestyrelsen i en konkret situation griber ind over for fugt og skimmelsvampevækst i boliger og opholdsrum efter de gældende lovbestemmelser. I august 2008 udsendte Velfærdsministeriet endvidere en vejledning til brug for ejere (udlejere) af private udlejningsejendomme (VFM, 2008). De to vejledninger skal støtte henholdsvis kommuner og udlejere af private udlejningsejendomme, der får henvendelser om forekomst af fugt og vækst af skimmelsvamp i boliger, eller hvor kommunen eller udlejeren på anden måde bliver opmærksom på fugt og skimmelsvampeproblemer i boliger og opholdsrum.

Sundhedsstyrelsen rådgiver om sundhedsmæssige aspekter i forbindelse med fugt og skimmelsvampe. I den forbindelse har styrelsen udarbejdet og udgivet materiale med anbefalinger for sundhedsfaglig rådgivning i forbindelse med personers ophold i bygninger med fugt og skimmelsvamp og en pjece om skimmelsvamp og helbred, se [www.sst.dk/skimme](http://www.sst.dk/skimme). Styrelsen har fx udarbejdet en orientering om samarbejdet mellem embedslægerne og kommunerne i sager om fugt og skimmelsvamp i boliger og andre bygninger. Orienteringen udgør et supplement til ovennævnte vejledning fra Velfærdsministeriet til kommunerne.

Også hjemmesiden [www.boligejer.dk](http://www.boligejer.dk) rådgiver om årsager til og bekæmpelse af skimmelsvamp. Erhvervs- og Byggestyrelsen står bag udvikling og drift af portalen.

Internationalt er opmærksomheden ligeledes rettet mod mug- og skimmel i bygninger. Som eksempel kan nævnes WHO's omfattende bog – næsten 250 sider – *Dampness and mould* (WHO, 2009). Bogen behandler indgående sundhedsmæssige aspekter ved udsættelse for skimmel, den beskriver de betingelser, som er bestemmende for, om der sker vækst, og den angiver metoder til at begrænse skimmelvækst i bygninger.

Ovennævnte hjemmesider og materiale udgør kun en brøkdel af den særdeles omfattende mængde af information og viden, der foreligger om mug- og skimmel i bygninger. Ikke desto mindre er der efter alt at dømme en stigende tendens til, at der forekommer sundhedsmæssige problemer, som kan relateres til mug- og skimmelsvampe i bygninger.

Med bygningsreglementerne fra 90'erne (BR 95 og BR-S 98) indførtes på ventilationsområdet kravet om, at ventilationsanlæg i boliger skal være i drift døgnet rundt, og der blev ændret på reglerne for aftrækskanalers tværsnitsareal og udeluftventilers fri åbningsareal. Ventilationsbestemmelserne har, for så vidt angår boliger, i øvrigt i hovedsagen været uændrede gennem de seneste ca. 25 år. I omtrent samme periode har boligarealet pr. person i etageboliger i gennemsnit været konstant, ca. 48 m<sup>2</sup> pr. person, mens boligarealet pr. person i småhuse er steget en ubetydelighed, mindre end ¼ procent pr. år, til nuværende ca. 58 m<sup>2</sup> pr. person (Danmarks Statistik, Statistikbanken).

I begyndelsen af 2006 blev bygningsreglementets energibestemmelser grundlæggende revideret. De reviderede bestemmelser trådte i kraft den 1. april 2006, og reglerne er i hovedsagen videreført i BR08.

Ventilation har afgørende betydning for luftkvaliteten i bygninger, og samtidig kan ventilationen udgøre en væsentlig andel af en bygnings energiforbrug. Der er indikationer af, at energibestemmelserne og ventilationsbestemmelserne kædes sammen på en sådan måde, at det antages, at der er sammenhæng mellem utilfredsstillende luftkvalitet og de reviderede energibestemmelser.

## Formål

Undersøgelsens formål har været, at tilvejebringe mere klarhed over om bygningsreglementets ventilationsbestemmelser på boligområdet efterleves i praksis, herunder om bestemmelserne byder særlige barrierer, og på denne baggrund vurdere, om der er behov for at iværksætte initiativer som fx regelændringer, sanktioner, kontrol, information eller vejledning.

## Omfang

Undersøgelsen er gennemført i to faser. Fase 1 omfatter tekniske samtaler med en række personer i udvalgte kommuner, organisationer og virksomheder, mens fase 2 omfatter målinger i 24 nye enfamiliehuse og 9 nye etageboliger. I denne rapport er fase 1 rapporteret i Del 1: Tekniske samtaler og fase 2 er rapporteret i Del 2: Nye målinger.

# Del 1: Tekniske samtaler

## Fremgangsmåde

På baggrund af kontakt til udvalgte kommuner, organisationer og virksomheder er der gennemført tekniske samtaler med en række personer, som hver på sit felt har tilknytning til området ventilationsforhold i boliger.

Samtalerne var oprindeligt planlagt gennemført som strukturerede interviews, og udgangspunktet for samtalerne var tilpassede interview- og spørgeskemaer – en form for spørgeguide. Det viste sig dog, at samspillet mellem emnet, den adspurgtes fagområde og i flere tilfælde den adspurgtes interesse for emnet medførte, at interviewet udviklede sig, så det mere havde karakter af en teknisk samtale end et interview med spørgsmål og svar. Formen gjorde, at på trods af at emnet for samtalen var forholdsvis veldefineret, var rammerne tilpas løse til, at det var nemt for vedkommende at komme ind på relaterede emner. Det vurderes, at det gennem samtalerne er lykkedes at opnå et bredere billede af den adspurgtes viden og synspunkter, end det havde været muligt at opnå på baggrund af et trykt spørgeskema eller et interview i fastlagte rammer. Nogle af samtalerne er gennemført ansigt til ansigt, mens andre er gennemført telefonisk.

Følgende parter har været inddraget:

- Vallensbæk kommune
- Egedal kommune
- Lyngby-Taarbæk kommune
- Byggeskadefonden
- Bolius, Boligejernes Videncenter
- Bygge- og Miljøteknik A/S
- Østergaard Miljø ApS
- Lotte Pia Uttrup, Rådgivende Ingeniører ApS
- Lind & Risør A/S
- Eurodan Huse
- Nilan A/S
- Exhausto
- Teknologisk Institut
- Rambøll Danmark A/S
- ALECTIA A/S
- Beboere i nye boliger

I sammenhæng med andre projekter er der inden for de senere år gennemført en række målinger i nye boliger. I afsnittet "Tidligere målinger" på side 16 refereres resultaterne af målinger af:

- luftskiftet i 9 enfamiliehuse opført i 2006/07
- luftskiftet i 2 nye enfamiliehuse opført i 2008
- luftskiftet i 1 rækkehus i Værløse; opført i 1912 totalrenoveret i 2007
- klimaskærmens tæthed i 25 lavenergiboliger

## Resultater

### Tekniske samtaler

Som beskrevet ovenfor har kontakten til og dialogen med personer fra de udvalgte kommuner, organisationer og virksomheder haft karakter af tekniske samtaler frem for interviews med konkrete spørgsmål og svar. Af hensyn til overblikket over den indsamlede information er det imidlertid nødvendigt at sammenfattende formulere, at følgende punkter har været drøftet:

1. *Har du viden om eller indtryk af, om der er en tendens til, at der i særlig grad forekommer (fugtrelaterede) indeklimaproblemer i nyopførte boliger?*
2. *Kan eventuelle problemer i nyopførte boliger efter din mening tilskrives bygningsreglementets ventilationsbestemmelser – eller andre bestemmelser i reglementet; fx kravet til klimaskærmens tæthed?*
3. *Er der (bolig-) ventilationsbestemmelser i reglementet, som burde strammes, slækkes eller tages ud?*
4. *Er der behov for supplerende eller nye (bolig-) ventilationsbestemmelser?*
5. *Er der efter din mening behov for, at der iværksættes særlige initiativer, for at intentionerne bag bygningsreglementets ventilationsbestemmelser på boligområdet realiseres?*
6. *Øvrige kommentarer og bemærkninger*

Nedenfor er de adspurgtes udsagn kategoriseret så vidt muligt efter ovenstående punkter.

1. *Har du viden om eller indtryk af, om der er en tendens til, at der i særlig grad forekommer (fugtrelaterede) indeklimaproblemer i nyopførte boliger?*

ad 1) Kommunerne har svært ved at udtale sig om nyopførte småhuse, da reglerne for byggesagsbehandling er ændrede, så kommunen ikke ser detaljerne i de enkelte sager. Bygherres og andres erklæringer om overholdelse af regler noteres og arkiveres. I nyopførte etageboliger fungerer den mekaniske udsugning generelt tilfredsstillende, og der er ingen tegn på skimmelsvampeproblemer. Det sker, at der i eksisterende kommunale ejendomme forekommer fejl ved indreguleringen af den mekaniske udsugning.

De adspurgtes almindelige udsagn er, at fugtrelaterede indeklimaproblemer i første række forekommer i eksisterende boliger - navnlig etageboliger. Kommentarer hertil er anført nedenfor i afsnittet *Øvrige kommentarer og bemærkninger*. Fugtrelaterede indeklimaproblemer i nye boliger har snarere at gøre med materialer og byggeprocessen.

Der er i nybyggeriet en stigende brug af gipsplader, og andre fugtfølsomme materialer. Også præfabrikerede, lette facadeelementer er følsomme overfor fugt. Der er vigtigt, at sådanne materialer og konstruktioner håndteres korrekt både på byggepladsen og under transport fra fabrik til byggeplads, så det undgås, at der indbygges fugt i de færdige konstruktioner.

Kvaliteten af byggematerialer herunder træ er ringere end tidligere. Brug af fugtige og ringe byggematerialer indebærer en risiko for, at der kan forekomme skimmelvækst i nye boliger.

Ligeledes kan uhensigtsmæssige byggeprocesser medføre, at der indbygges fugt og potentielle skimmelsvampeproblemer i konstruktionerne. Et eksempel er en rækkehusbebyggelse, som bygges "i længden", før der bygges "i højden", dvs. før der lægges tag på.

2. Kan eventuelle problemer i nyopførte boliger efter din mening tilskrives bygningsreglementets ventilationsbestemmelser – eller andre bestemmelser i reglementet; fx kravet til klimaskærmens tæthed?

ad 2) Som nævnt ovenfor er det ikke et almindeligt synspunkt blandt de adspurgte, at der er særskilte skimmelproblemer i nye boliger. Øvrige udsagn kan sammenfattes således:

Bygningsreglementets tæthedskrav *kan* potentielt føre til skimmelproblemer, men det er ikke givet.

Indførelsen af tæthedskravet har gjort det endnu vigtigere, at den nødvendige udelufttilførsel sikres ved anvendelse af gode og velfungerende udeluftventiler.

De udeluftventiler, som især anvendes i nybyggeriet, er alt for små, og der anvendes alt for få.

Eurodan Huse anvendte i mange år tallerkenventiler i ydervæggene, men i de senere år har det været spalteventiler i vinduerne. Spalteventiler i vinduerne er kundernes ønske. Udeluftventilerne lever antageligvis kun lige akkurat op til bygningsreglementets krav til åbningsareal.

3. Er der (bolig-) ventilationsbestemmelser i reglementet, som burde strammes, slækkes eller tages ud?

ad 3) Kommunerne har ingen kommentarer til de nuværende regler og ingen ønsker til ændringer. Udsagn fra andre adspurgte er:

Det kan have uheldige konsekvenser, at kommunen blot skal orienteres. Kommunen kan ikke gribe ind og stoppe fejlprojektering i tide.

Et emne, som sættes under dette punkt, er synspunkter på reglementets mulighed for i småhuse at kunne vælge mellem naturlig og mekanisk ventilation. Sammenfattende rækker synspunkterne fra:

Reglementets "nye" tæthedskrav medfører, at det er bydende nødvendigt at installere mekanisk ventilation. Ellers er det umuligt at opnå en udelufttilførsel på  $0,35 \text{ l/s pr. m}^2$ . Naturlig ventilation burde forbydes

via

Mange har efterhånden det synspunkt, at kun mekanisk ventilation fungerer. Ikke enig heri; naturlig ventilation kan fungere udmærket, forudsat at der anvendes gode udeluftventiler

til

Muligheden for at kunne vælge mellem naturlig ventilation og mekanisk ventilation må bevares.

I øvrigt er der følgende kommentarer til bestemmelserne:

Formuleringen  $0,35 \text{ l/s pr. m}^2$  er en klar forbedring i forhold til det tidligere  $0,5 \text{ h}^{-1}$ .

$0,35 \text{ l/s pr. m}^2$  er en passende ventilation, men den kunne formentlig være lavere – i hvert fald periodevis, fx når huset er tomt

En samlet udsugning på  $35 \text{ l/s}$  er tilstrækkelig, men emhættens evne til at opfange forureninger for eksempel fugt ved  $20 \text{ l/s}$  skal forbedres.

Spalten under dør til bad er vigtig. Der bør lægges større vægt på, at der findes en spalte under døren til baderum.



#### 4. Er der behov for supplerende eller nye (bolig-) ventilationsbestemmelser?

- ad 4) Det dominerende emne under dette punkt er, at der i bygningsreglementet eventuelt kunne indføres mulighed for at vælge behovsstyret ventilation som ventilationsalternativ.

Flere af de adspurgte ser gerne, at reglementet tillader behovsstyring af ventilationen. En nærmere diskussion af kriterier for styring af ventilationen afslører dog, at ikke alle har helt klare tanker på området. Der tænkes snarere i baner som fx simpel nedregulering eller forcing i visse situationer. Ét forslag er aktivering af forceret udsugning i bad, i det øjeblik bruseren tændes. Et andet forslag er, at ventilationen kan styres efter en registrering af, om der er personer til stede i boligen.

Andre kommentarer til dette punkt er:

I byfornyelses- og renoveringssager, som indbefatter vinduesudskiftning, bør der være krav om, at der skal monteres udeluftventiler. Eksisterende byggeri skal ikke leve op til nyere bestemmelser, derfor i øjeblikket ikke krav.

Der bør indføres ikke blot kontrol af, om bygningsreglementets (ventilations-) bestemmelser overholdes, men også sanktioner, hvis bestemmelserne ikke er overholdt.

Der bør indføres regler for maksimalt tilladeligt tryktab i ventilations-systemets kanalsystem.

#### 5. Er der efter din mening behov for, at der iværksættes særlige initiativer, for at intentionerne bag bygningsreglementets ventilationsbestemmelser på boligområdet realiseres?

- ad 5) Bygningsreglementets regler er ikke i sig selv årsag til skimmelsvampeproblemer i boliger, men formuleringerne i det forrige reglement var nemmere at håndtere.

Bygningsreglementets formuleringer bør ændres. Der er ofte tvivl om reglerne, så derfor bør reglerne skrives i klart sprog.

På trods af, at der allerede findes en mængde information til beboere om korrekt ventilation, er der fortsat behov for mere information.

#### 6. Øvrige kommentarer og bemærkninger

- ad 6) Undervejs i de tekniske samtaler er der afgivet en del kommentarer og bemærkninger, som ikke med rimelighed kan relateres til ovennævnte fem punkter.

Eksempelvis kan det af en kommentar antydningvis fremgå, at parameter X er årsag til skimmelproblemer i bygninger, men da den adspurgte ikke har afgivet kommentaren med dette i tankerne, er kommentaren anført her og ikke under et af punkterne ovenfor.

##### *Aftrækskanaler:*

I nye, naturligt ventilerede enfamiliehuse er der ofte emhætte, men ikke aftrækskanal.

I naturligt ventilerede enfamiliehuse ses ofte fejl ved aftrækskanalerne. Fx kan kanalforbindelsen mellem ventilen i rummet og hætten på taget mangle, eller kanalen kan have for lille dimension.

#### *FTX-anlæg:*

Vedligeholdelse af FTX anlæg i enfamiliehuse er mangelfuld – ofte er filterskift og -rensning påkrævet.

Tætheden af ventilationskanalerne i FTX-anlæg i nye huse er ikke altid tilfredsstillende.

#### *Udeluftventiler:*

En gennemgående bemærkning er: Spalteventiler duer ikke – brug kun tallerkenventiler. Nogle tilføjer: Spalteventiler giver anledning til støj og træk.

Opsang til arkitekter: Glem alt om udeluftventilens udseende – brug kun velfungerende tallerkenventiler og ikke billige spalteventiler.

I mange tilfælde lever udeluftventilerne ikke op til reglerne – mangler eller er for få og for små

Der bør generelt anvendes større og flere udeluftventiler frem for få og små – af hensyn til lufthastigheden i ventilen.

Én spalteventil pr. rum er ikke nok.

Løsningen med spalteventiler i vinduerne kan være nødvendig i boliger, hvor der er vinduer fra gulv til loft.

Typisk vælges ventilen af arkitekten. Valget sker på grundlag af rådgivers specifikation af åbningsareal, lydisolering mv.

#### *Beboeradfærd*

Efter badning er det for mange beboere praksis at åbne badeværelsesdøren til resten af huset, som derved fugtbelastes.

Der er eksempler på, at beboere har sat tætningslister på badeværelsesdøren. Derved hindres såvel effektiv udsugning efter badning som almindelig luftfjernelse og dermed tilførsel af erstatningsluft.

På grund af spareiver er der mange beboere, som

- udlufter alt for lidt
- lukker udeluftventiler
- lukker (blokerer) aftrækskanaler

#### *Årsager til forringet indeklima herunder luftkvalitet på grund af fugt og skimmel i eksisterende byggeri*

En almindelig fejl er manglende vedligeholdelse og fejl og mangler ved indreguleringen af den mekaniske udsugning.

Kuldebroer og mangelfuld isolering i klimaskærmen.

Indvendig efterisolering er ikke udført korrekt.

Spalte under dør til bad mangler.

Udsugning i bryggers i enfamiliehuse mangler ofte.

Uisolerede aftrækskanaler.

Aftrækskanaler for små og trænger til rensning.

Emhætte i køkken og udsugning i bad kører kun kortvarigt. Fx kan udsugningen i bad være styret via lyset, så udsugningen afbrydes hurtigt efter badning. Begge udsugninger bør være i drift i længere tid ad gangen.

Emhætter har utilstrækkelig effektivitet til at opfange fugt og forureninger. Der er behov for produktudvikling på dette område.

Beboere udlufter for lidt, lukker udeluftventiler og blokerer aftrækskanaler (foliemetoden).

Beboere møblerer for tæt på ydervægge.

Grundfugt, byggefugt og vandskader er ofte årsager til mug- og skimmelvækst.

#### *Ændringer af bygningsreglementets regler*

Det tager ofte længere tid for mindre entreprenører at lære nye regler at kende og bruge dem. For de større entreprenører går det hurtigere.

Konstaterede fejl - eventuelt på grund af ændrede regler - er ikke alene "Gør-Det-Selv"-fejl; mange fejl gøres af professionelle.

#### *Mekaniske ventilationssystemer*

Leverandører af mekaniske ventilationssystemer leverer udmærkede systemer, blandt andet fordi det er "pakkøløsninger". Når der er driftsproblemer, er det som regel ved anlæg, som er "flikket" sammen af forskellige fabrikater og af forskellige personer.

Der er for stor fokus på anlægsudgifterne til mekanisk ventilation. Der bør lægges større vægt på totaludgifterne.

#### *Beboersynspunkter, mekanisk ventilation*

Tilfredshed med ventilationssystemet; giver god luftkvalitet

Tilfredshed med gulvvarme, men ...

Meget ofte (altid) høj rumtemperatur. I et af husene kommenteres varmen af gæster, i et andet reguleres rumtemperaturen ved åbning af døre og vinduer, og i et tredje påtænkes det at anskaffe køleaggregat.

#### *Beboersynspunkter, naturlig ventilation*

Tilfreds "med pil opad" med luftkvaliteten.

Emhætte, udsugning i bad og spalteventiler i alle rum.

Der forekommer ikke dug i nævneværdig grad på vinduerne (huset bebos af 2 voksne, 2 halvstore børn og 2 hunde).

### **Tidligere målinger**

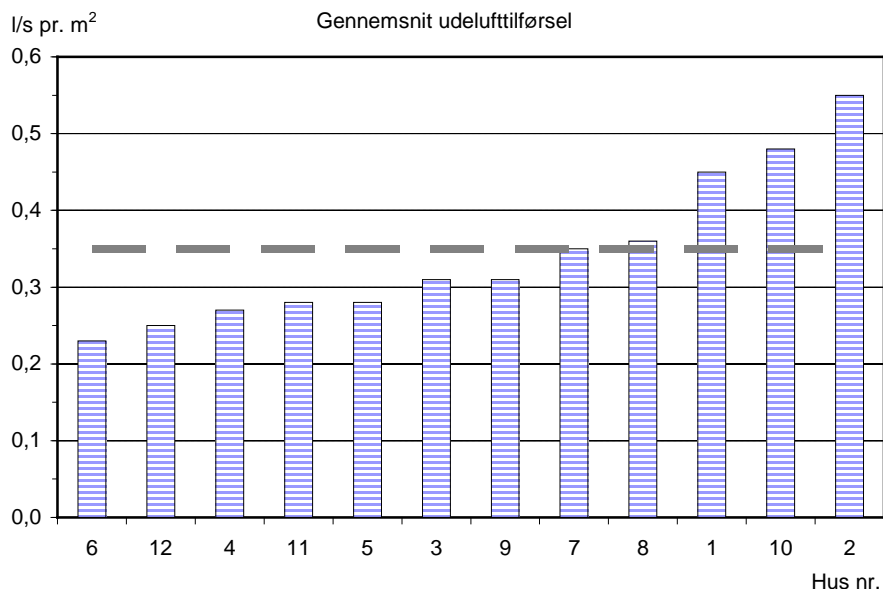
I sammenhæng med andre projekter er der inden for de senere år gennemført en række målinger i nye boliger. Tabel 2 viser resultaterne af ventilationsmålinger i 12 enfamiliehuse. Målingerne er gennemført ved hjælp af passiv multi-sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode, over en periode på ca. en uge. Resultatet for det enkelte hus er således et udtryk for det gennemsnitlige luftskifte i måleperioden, mens boligerne har været i brug.

Husene 1-9 i tabel 2 er svanemærkede, lavenergihuse opført i et nyt parcelhuskvarter i Herfølge syd for Køge. Husene indgår i projektet *Fremtidens parcelhuse*, se [www.fremtidensparcelhuse.dk](http://www.fremtidensparcelhuse.dk). Efterfølgende figur 1 viser de samme resultater, hvor udelufttilførslen er omregnet til l/s pr. m<sup>2</sup>.

Figur 2 viser et indvendigt hjørne i et børneværelse i ét af husene.

Tabel 2. Resultater af målinger af gennemsnitlig udelufttilførsel i 12 nye enfamiliehuse.

Hus	Opført år	Beskrivelse, varmeinstallation, ventilation, ...	Boligareal iflg. BBR [m <sup>2</sup> ]	Luftskifte [h <sup>-1</sup> ]
1	2006/07	Fritliggende, 1-plan, mursten, betontagsten, eget varmeanlæg, naturgas, solpaneler, gulvvarme, FTX	171	0,75 ± 22%
2	2006/07	Fritliggende, 1-plan, mursten, betontagsten, eget varmeanlæg, naturgas, gulvvarme, FTX	145	0,91 ± 15%
3	2006/07	Fritliggende, 2-plan, træbeklædning, tagpaptag, eget varmeanlæg, naturgas, gulvvarme, VP, FTX	83+83=166	0,50 ± 18%
4	2006/07	Fritliggende, 1-plan, mursten, tagpaptag, eget varmeanlæg, naturgas, gulvvarme, VP, FTX	150	0,36 ± 22%
5	2006/07	Fritliggende, 2-plan, mursten, betontagsten, varmepumpe, elektricitet, nat. vent., brændeovn	91+61=152	0,46 ± 23%
6	2006/07	Fritliggende, 2-plan, mursten, betontagsten, varmepumpe, elektricitet, nat. vent., jordvarme	91+51=142	0,35 ± 25%
7	2006/07	Fritliggende, 2-plan, træbeklædning, tagpaptag, eget varmeanlæg, naturgas, VP, FTX	110+64=174	0,49 ± 24%
8	2006/07	Fritliggende, 1-plan, mursten, betontagsten, eget varmeanlæg, naturgas, solpaneler, gulvvarme, FTX	167	0,60 ± 18%
9	2006/07	Fritliggende, 1-plan, træbeklædning, betontagsten, VP, elektricitet, FTX	167	0,51 ± 31%
10	2008	Fritliggende, 1-plan, mursten, tegltag, eget varmeanlæg, gulvvarme	120	0,58 ± 49%
11	2008	Fritliggende, 1-plan, mursten, tegltag, eget varmeanlæg, gulvvarme	120	0,33 ± 30%
12	1912/2007	Rækkehus, 1-plan, mursten, tagpaptag, eget varmeanlæg, naturgas	126	0,40 ± 16%

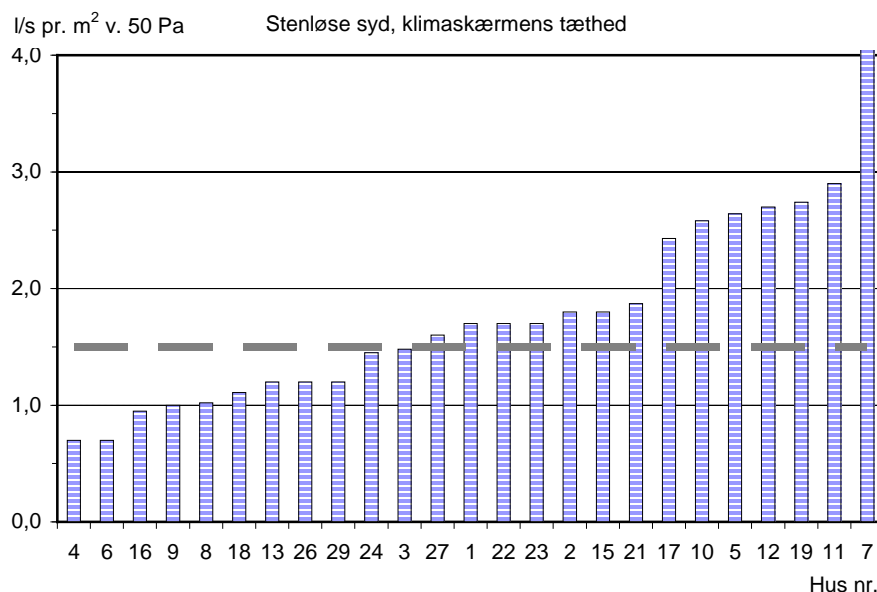


Figur 1. Udelufttilførsel i 12 nye enfamiliehuse. Den grå, punkterede linje angiver bygningsreglementets krav til mindste udelufttilførsel i enfamiliehuse, 0,35 l/s pr. m<sup>2</sup>.



Figur 2. Samme motiv i henholdsvis almindeligt foto og termografifoto. Billedet viser et indvendigt hjørne i et børneværelse. Billedet er fra én af boligerne i Herfølge, Fremtidens parcelhus.

Figur 3 viser resultaterne af målinger af klimaskærmens tæthed i 27 boliger i byområdet Stenløse Syd i Egedal kommune. Boligerne er opført som lavenergiboliger, og selvom boligerne er projekteret før det nuværende krav til klimaskærmens tæthed var gældende, var der under opførelsen stor fokus på at sikre tætte boliger. Der blev afholdt møder med de udførende for at sikre, at samlingsdetaljer blev udført korrekt.



Figur 3. Resultater af målinger af klimaskærmens tæthed i 25 boliger i Stenløse Syd, Egedal kommune. Den grå, punkterede linje angiver bygningsreglementets maksimalt tilladte udelufttilførsel ved trykprøvning med 50 Pa, 1,5 l/s pr. m<sup>2</sup>.

## Konklusioner, Del 1

Sammenfattende har de adspurgte ved de tekniske samtaler

- ikke kunnet understøtte indikationerne af, at det er en almindelig antagelse, at energieffektivt byggeri er "for" tæt og som følge heraf medvirkende til utilfredsstillende indeklima i nye boliger
- ikke kunnet bekræfte, at de nyeste energibestemmelser giver anledning til forringet indeklima i nye boliger

- ikke kunnet bekræfte, at der i særlig grad forekommer fugt- og skimmelp problemer i nye boliger
- ikke kunnet pege på specifikke barrierer for overholdelse af bygningsreglementets ventilationskrav på boligventilationsområdet

Sammenfattende har de adspurgte ved de tekniske samtaler udtalt,

- at fugt- og skimmelp problemer i boliger først og fremmest forekommer i eksisterende etageboliger
- at der kan være problemer med indreguleringen af den mekaniske udsugning i etageboliger – først og fremmest i eksisterende etageboliger
- at FTX-anlæg i nye enfamiliehuse indreguleres til at yde 35 l/s pr. m<sup>2</sup> hele døgnet. Emhætten er forsynet med forceringsmulig. Der sker ingen regulering af ventilationen i øvrigt, mens emhætten kører forceret drift
- at typiske udeluftventiler er simple spalteventiler monteret i vinduerne. Ventilene lever formodentlig (kun lige akkurat) op til bygningsreglementets krav, men fungerer i øvrigt ikke optimalt
- at fugt- og skimmelp problemer kan være relateret til andet end ventilationen i boligen og/eller beboernes adfærd. Problemerne kan være forbundet med forkert håndtering af byggematerialer, dårlige materialer, uhensigtsmæssige procedurer i byggeperioden, opstigende grundfugt, vandskader

Sammenfattende tyder resultaterne på,

- at der er behov for, at bygningsreglementets tekst på boligventilationsområdet granskes med henblik på bedre og klarere formuleringer
- at der er behov for, at det sikres, at der anvendes bedre udeluftventiler, dvs. ventiler som tilfører udeluften trækfrit, som indeholder støvfilter og evt. lyd-dæmpning, er enkle at betjene, lette at rengøre, kan betjenes fra gulv etc.  
Anvendelse af bedre udeluftventiler vil muligvis kunne reducere omfanget af fugt- og skimmelp problemer, hvor årsagen til problemerne er utilstrækkelig ventilation. Det må antages, at en del udeluftventiler bliver lukket, fordi de giver anledning til træk, støj eller lignende
- at der er behov for at overveje mulighederne for at sikre udelufttilførsel i etageboliger ved med udskiftning af vinduer i forbindelse med byfornyelse og renovering
- at der er behov for, at det sikres, at indreguleringen af ventilationsanlæg bliver gjort korrekt
- at der er behov for produktudvikling af emhætter, så der opnås bedre effektivitet ved 20 l/s
- at der er behov for, at kommunerne i højere grad udnytter den mulighed de har for at kræve, at der foretages en måling eller anden form for dokumentation fra en fugtsagkyndig, der efterviser, at kravet om kritisk fugtindhold i konstruktioner og materialer er opfyldt ved byggeriets afslutning. Kommunen kan stille kravet i byggetilladelsen
- at der er et ønske i branchen om, at "behovsstyret" ventilation tillades.  
I betragtning af at der som nævnt ovenfor kan forekomme problemer med indreguleringen af almindelige mekaniske udsugningsanlæg i etageboliger, er det nødvendigt at være opmærksom på at der kan være et øget eller særligt behov for kontrol af installation og drift.

Driftsikkerhed er vigtig. Hvis styring af ventilationen fejler, er der afhængig af indretningen af systemet risiko for, at ventilationen permanent er for lav.

Som det også er kommet frem ved de tekniske samtaler ses der ofte unuanceret alene på anlægsomkostningerne til ventilation. Det medfører, at der ofte installeres komponenter med middelmådig holdbarhed og af ringe kvalitet. Forholdet kan være specielt vigtigt i forbindelse med behovsstyret ventilation.

Ved de tekniske samtaler var der ikke klarhed over styringskriterier. Det kunne være rumluftens relative fugtighed, men det kunne også mere simpelt være tilstedeværelsesregistrering.

- at der er behov for, at der udarbejdes yderligere information til beboere om, at overdreven spareiver kan medføre fugtproblemer

## Del 2: Nye målinger

### Omfang

Der er foretaget målinger i flere end 30 nye boliger bestående af dels fritliggende enfamiliehuse dels lejligheder i etageboligbebyggelser. Enfamiliehusene er opført mellem 2007 og 2009 med undtagelse af ét, som er opført i 2006. Samtlige etageboliger er opført i 2009. Boligerne er i hovedsagen tilfældigt udvalgt. Udvælgelsen er dog sket under hensyntagen til, at undersøgelsen, hvad angår enfamiliehusene, skulle omfatte både naturligt ventilerede og mekanisk ventilerede huse, standard typehuse og tilpassede typehuse og fra flere forskellige typehusfirmaer, huse med og uden kælder og huse i én og to etager. Formålet med at udvælge huse med forskellige karakteristika har ikke været at undersøge, om der eventuelt kan konstateres forskelle i måleresultaterne i afhængighed af særlige kendetegn – bortset fra ventilationsprincippet – men alene for at undgå, at det samlede billede af undersøgelsens resultater skulle blive påvirket af én bestemt hustype. For så vidt angår etageboligerne, indgår dels boliger med mekanisk udsugning og udeluftventiler dels boliger med mekanisk indblæsning og udsugning.

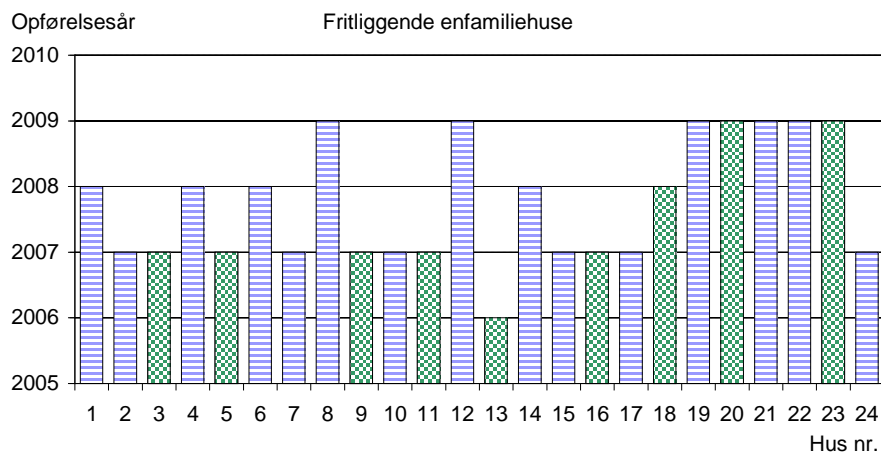
Det har i enkelte tilfælde været nødvendigt at ekskludere målinger helt eller delvis, fx fordi begivenheder i familien vanskeliggjorde målingens gennemførelse eller fordi beboerne flyttede på måleudstyret, så resultaterne ikke er pålidelige. Datamaterialet omfatter i hovedsagen resultater fra målinger i 24 enfamiliehuse og 9 etageboliger. Tabel 3 nedenfor sammenfatter oplysninger vedrørende ventilation og opvarmning i enfamiliehusene. De undersøgte etageboliger omfatter 3 boliger med mekanisk indblæsning og udsugning og 6 boliger med mekanisk udsugning og udelufttilførsel gennem udeluftventiler.

I samtlige boliger er der foretaget måling af udelufttilførslen og rumluftens temperatur og relative fugtighed. Boligens udelufttilførsel er målt ved hjælp af passiv sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode. Måleperioden har været 1-2 uger, og resultatet af målingen er den gennemsnitlige udelufttilførsel i måleperioden. Rumluftens temperatur og relative fugtighed er registreret ved hjælp af elektroniske dataloggere. Dataloggerne har i de enkelte boliger været anbragt i et centralt beboelsesrum, typisk stuen. I sammenhæng med opsætning og nedtagning af udstyret er beboerne spurgt ud om deres vurdering af ventilationsforholdene og luftkvaliteten i boligen.

I enfamiliehusene er der endvidere foretaget måling af radonindholdet i rumluften. Målingerne er foretaget ved hjælp af passive detektorer (dosimetre) med sporfilm med filter. Der er anvendt to detektorer i hvert hus; den ene anbragt i soverummet og den anden i stuen. Eksponeringstiden har været ca. 2,5 måneder, og resultatet af målingen er årsmiddelværdien for radonindholdet i rumluften i huset. Detektorerne er præpareret, leveret og efterfølgende analyseret af Gammadata Mätteknik AB, Uppsala, Sverige ([www.gammadataradon.com](http://www.gammadataradon.com)).

Endelig er der i enfamiliehusene foretaget måling af klimaskærmens tæthed. Målingen er foretaget ved hjælp af trykprøvning i henhold til DS/EN 13829. Bortset fra ét hus, hvor der kun er foretaget måling ved overtryk, er der i alle huse udført måling ved både undertryk og overtryk. I huset, hvor der alene er foretaget overtryksmåling, var dampspærren blotlagt over et større område, og da en undertryksmåling medfører en risiko for, at dampspærren beskadiges, blev undertryksmålingen udeladt.





Figur 4. Opførelsesår for de undersøgte enfamiliehuse. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.

Tabel 3. Opførelsesår, energimærke, ventilation og opvarmning i de undersøgte enfamiliehuse.

Hus nr.	BBR medd.	Energimærke	Ventilation	Varmeinst.	Opv. middel	Supp.
1	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
2	Nej	A2	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
3	Ja	-	S	Eget anlæg	Naturgas	
4	Ja	-	FTX	VP	Elektricitet	
5	Ja	-	S	Eget anlæg	Naturgas	
6	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
7	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	Brændeovn
8	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
9	Ja	-	S	Eget anlæg	Naturgas	
10	Nej	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
11	Ja	-	S	Eget anlæg	Naturgas	
12	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Olie	
13	Ja	-	S	Eget anlæg	Naturgas	
14	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Olie	Brændeovn
15	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
16	Nej	-	S	VP/Jordv.	Elektricitet	
17	Ja	A2	FTX	VP/Jordv.	Elektricitet	Brændeovn
18	Ja	-	S	Eget anlæg	Olie	
19	Ja	-	FTX	VP	Elektricitet	Brændeovn
20	Ja	-	S	VP/Jordv.	Elektricitet	
21	Ja	B	FTX	VP/Jordv.	Elektricitet	
22	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	
23	Ja	-	S	Eget anlæg	Olie	
24	Ja	-	FTX	Eget anlæg	Naturgas	

I tilknytning til trykprøvningen er der foretaget termografering og lufthastighedsmålinger med henblik på lokalisering af de mest fremtrædende utætheder i klimaskærmen. Udvalgte resultater af termograferingerne er vist i afsnittet Termografering side 25. Nærværende undersøgelse har imidlertid først og fremmest haft til opgave at registrere klimaskærmens tæthed, mens fejlsøgning ikke indgår. Trykprøvninger, termograferinger og lufthastighedsmålinger er foretaget af Isolink ApS ([www.isolink.dk](http://www.isolink.dk)).

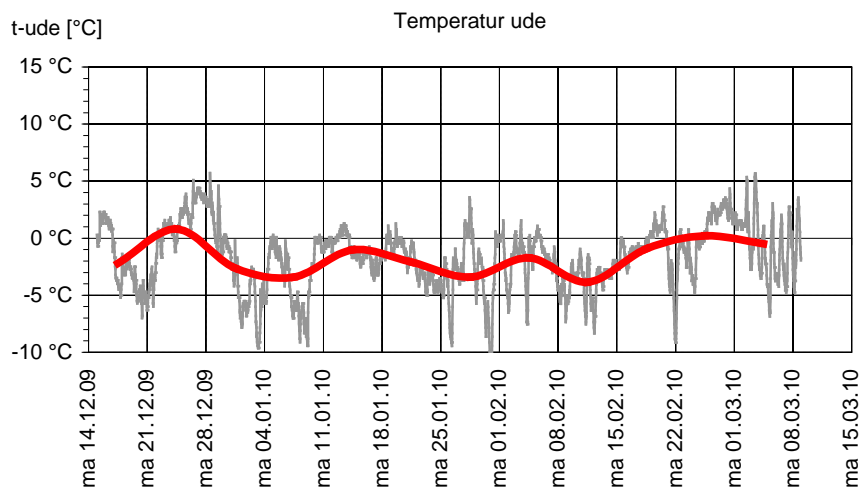
Af hensyn til overskueligheden i figurerne er der i dette afsnit ikke angivet usikkerheder på de målte størrelser. Usikkerhederne fremgår af figurer i bilaget side 36.

## Resultater

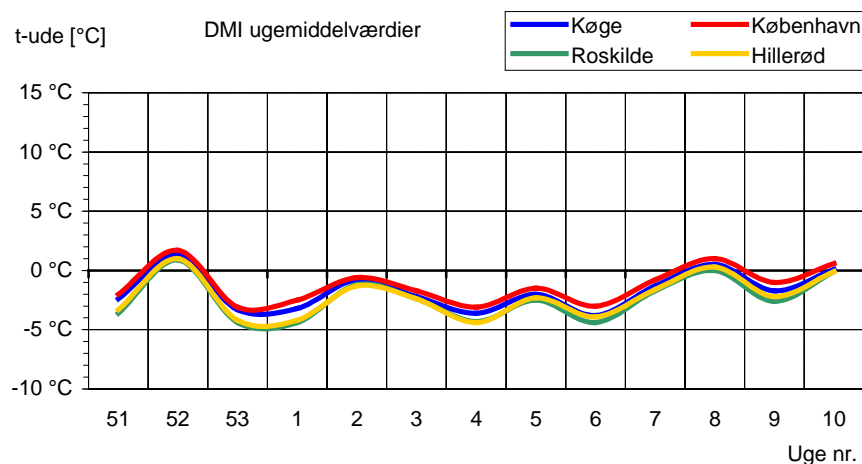
### Udetemperatur

Figur 5 og figur 6 viser henholdsvis målt udetemperatur og DMI's målinger af udetemperaturen (4 målestationer) i den 12 ugers periode, hvor der er målt i enfamiliehusene. Den gennemsnitlige udetemperatur er målt til  $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Målingerne i etageboligerne er gennemført i ugerne 19 og 20, hvor vejret var koldt og blæsende for årstiden, men ikke så koldt som perioden, hvor der er målt i enfamiliehuse. Den gennemsnitlige udetemperatur er målt til  $7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Figur 5. Målt udetemperatur. Udetemperaturen er målt for hver 30 minutter, vist ved den grå kurve. Den røde kurve viser ugemiddelværdier.

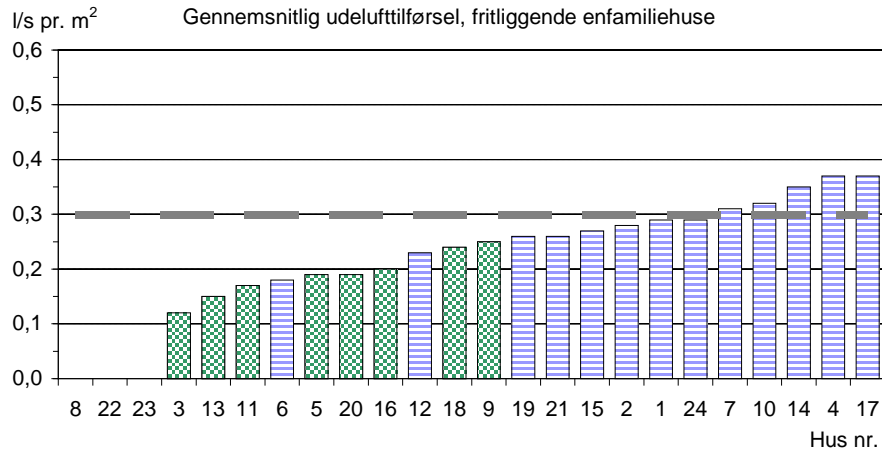


Figur 6. Udetemperatur, DMI's ugemiddelværdier fra målestationerne Køge, Roskilde, København og Hillerød.

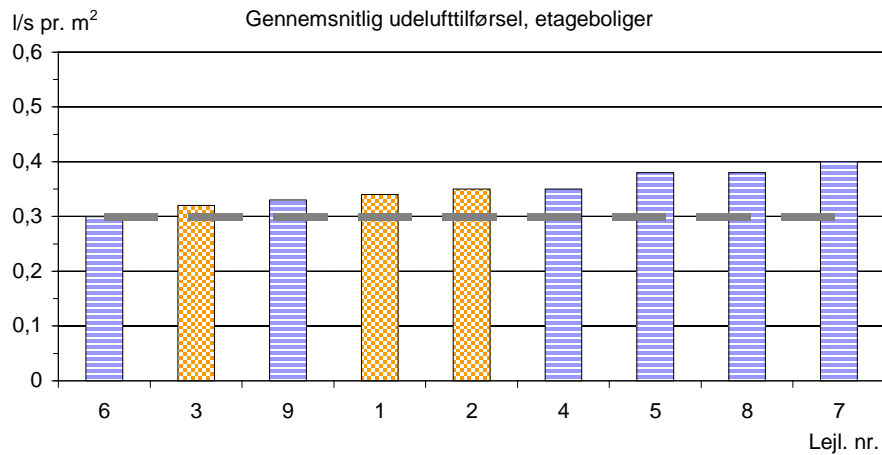
### Udelufttilførsel

Figur 7 og figur 8 viser resultaterne af målingerne af den gennemsnitlige udelufttilførsel i henholdsvis enfamiliehusene og etageboligerne. I begge figurer er resultaterne arrangeret efter stigende værdi. Resultaterne er vist i enheden  $\text{l/s pr. m}^2$ , hvor arealbasis er bruttoetagearealet. Størrelsen er indført i BR10, og mindstekravet til udelufttilførsel i boliger er  $0,3\text{ l/s pr. m}^2$ . Kvantitativt er kravet uændret i forhold til tidligere reglementer. Figur 31 side 37 i Bilag viser måleresultaterne i den ofte anvendte enhed luftskifte,  $\text{h}^{-1}$ , baseret på boligens nettovolumen.

Ventilationsmålingen i hus 22 er bortfaldet på grund af hændelser i familien, mens målingerne i husene 8 og 23 er bortfaldet, fordi familierne påvirkede måleudstyret. I de nævnte huse er temperatur, fugt, radon og tæthed målt.



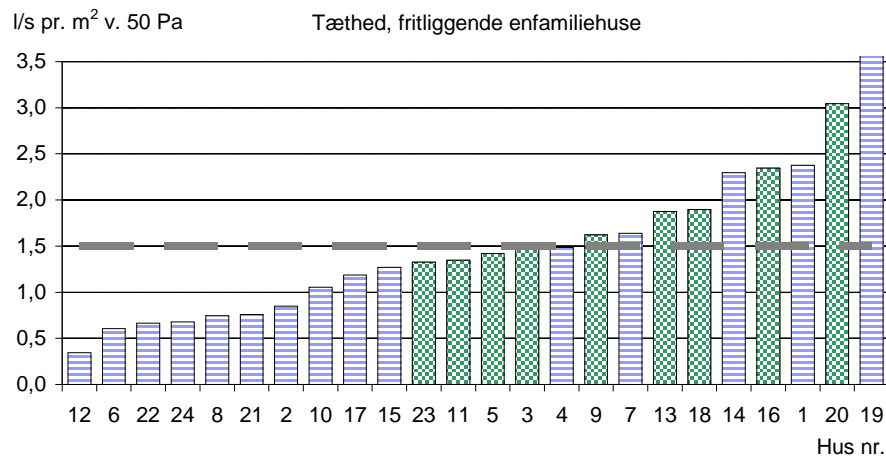
Figur 7. Gennemsnitlig udelufttilførsel. Måleperiode 1-2 uger. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse. Den grå, punkterede linje angiver bygningsreglementskravet 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> bruttoetageareal.



Figur 8. Gennemsnitlig udelufttilførsel. Måleperiode ca. 1 uge. De lyseblå søjler gælder lejligheder med mekanisk udsugning, mens de gule søjler gælder lejligheder med balanceret mekanisk ventilation. Den grå, punkterede linje angiver bygningsreglementskravet 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> bruttoetageareal.

## Klimaskærmens tæthed

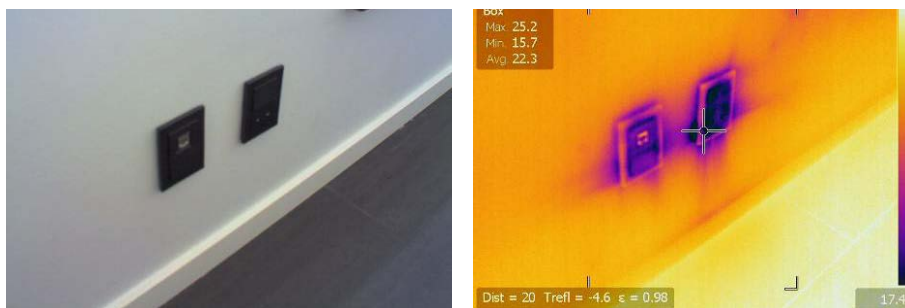
Figur 9 nedenfor viser resultaterne af målingerne af klimaskærmens tæthed.



Figur 9. Klimaskærmens tæthed. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse. Den grå, punkterede linje angiver reglementskravet om en lufttilførsel på maksimalt 1,5 l/s pr. m<sup>2</sup> ved 50 Pa.

## Termografering

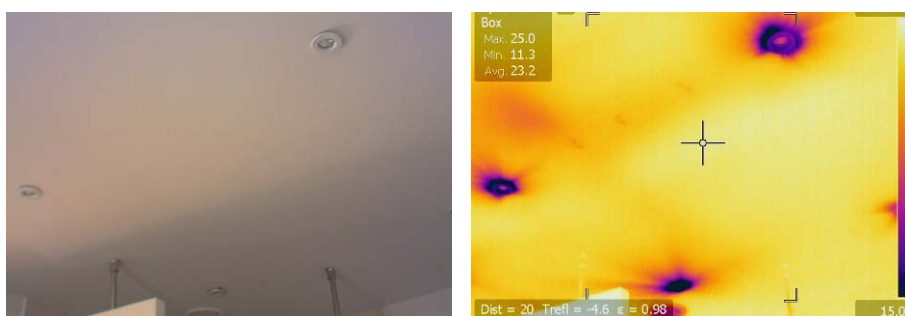
Der er foretaget termografering ved 50 Pa undertryk i huset. Utæthedernes betydning for energiforbrug og komfort bestemmes ved hjælp af lufthastighedsmålinger. Nedenfor vises udvalgte, karakteristiske observationer.



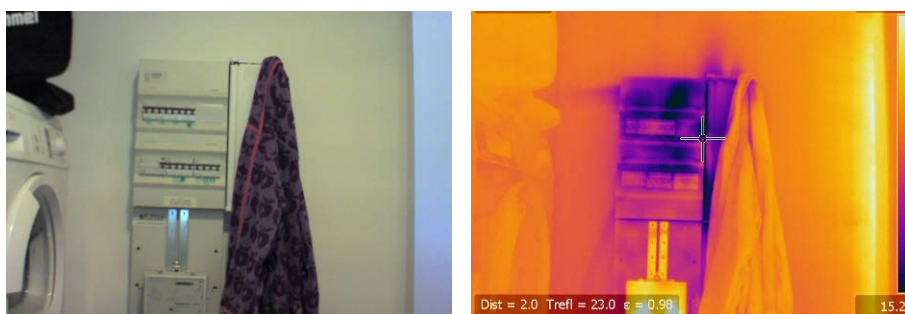
Figur 10. Utætheder omkring elinstallationer (hus 8).



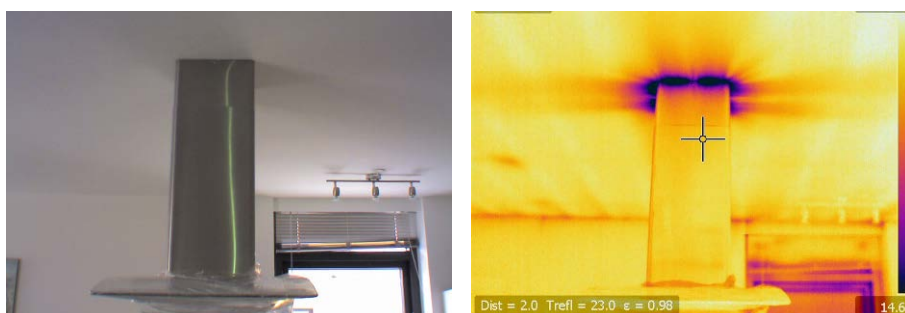
Figur 11. Utætheder omkring loftslampe (hus 1).



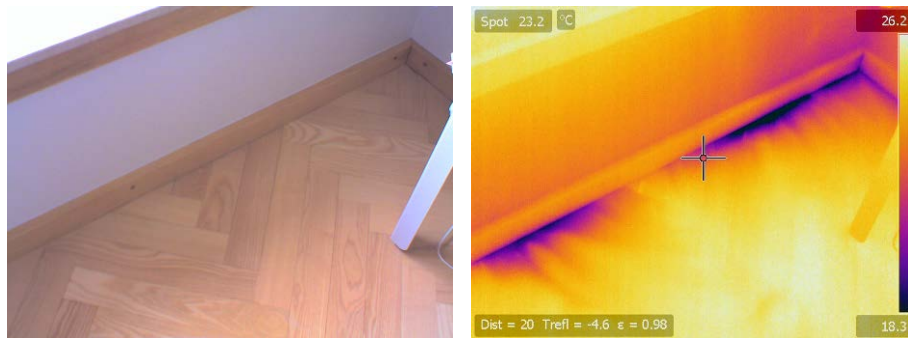
Figur 12. Utætheder ved spots i loftet (hus 7).



Figur 13. Utætheder omkring eltavle (hus 9).



Figur 14. Utætheder omkring emhættens gennemføring (hus 11).



Figur 15. Utætheder i overgangen mellem gulv og væg (hus 14).



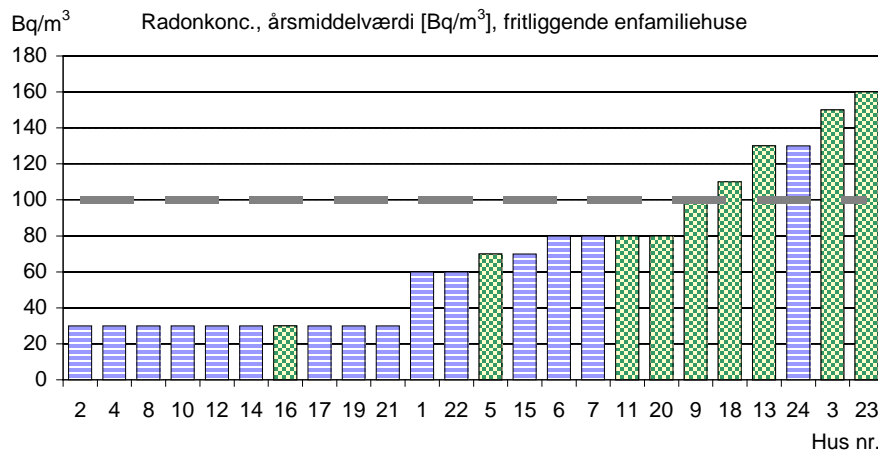
Figur 16. Utætheder under bundstykket ved hoveddør (hus 20).



Figur 17. Ikke blot utæthed, men egentligt hul til det fri ved særlig lodpost i vindue (hus 16).

## Radonforekomst

Figur 18 viser resultaterne af målingerne af radonforekomst i enfamiliehuse. Resultaterne er vist ved årsmiddelværdien,  $Bq/m^3$ , baseret på en måleperiode på ca. 2,5 måneder.

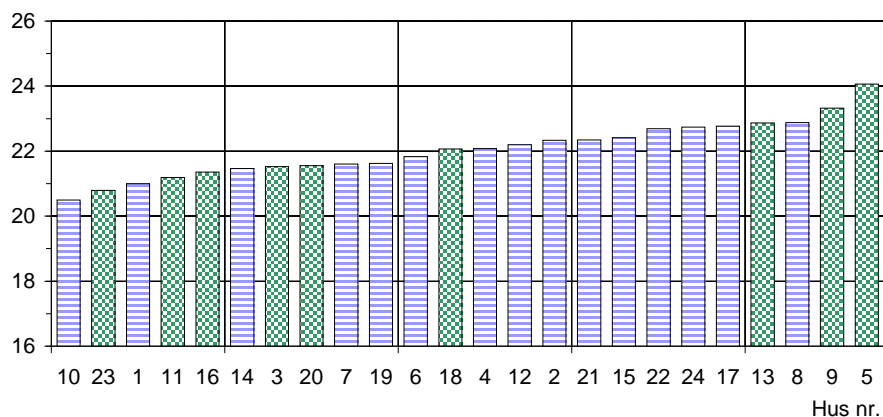


Figur 18. Radonforekomst, årsmiddelværdi,  $Bq/m^3$ . De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse. Den grå, punkterede linje angiver bygningsreglementets grænse for radonindholdet i nye bygninger og anbefalet aktionsniveau for eksisterende bygninger.

## Temperatur og relativ luftfugtighed

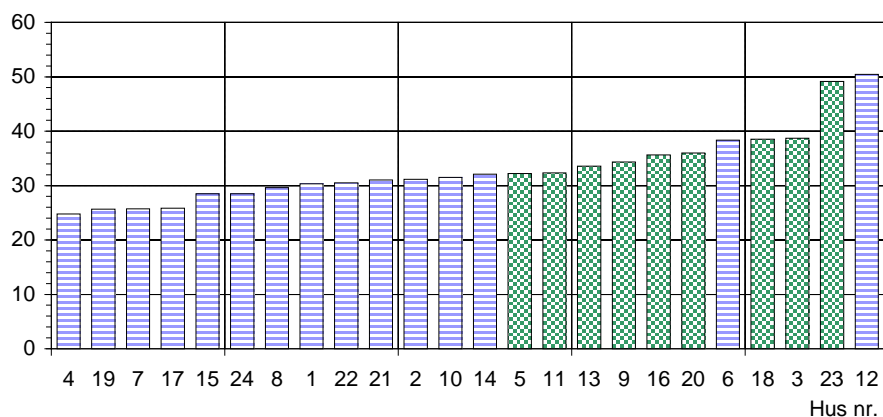
Figur 19 og figur 20 viser resultaterne af målingerne af henholdsvis rumtemperaturen og den relative luftfugtighed i enfamiliehusene. Tilsvarende viser figur 21 og figur 22 resultaterne af målingerne i etageboligerne. I enfamiliehusene har måleperioden været ca. 12 uger svarende til måleperioden for radonmålingerne, mens måleperioden i etageboligerne har været ca. 1 uge svarende til måleperioden for ventilationsmålingerne (PFT-metoden).

Temp. [°C] Gns. temp. [°C] (ca. 12 uger) i husets primære rum, fritlig. enfamiliehuse



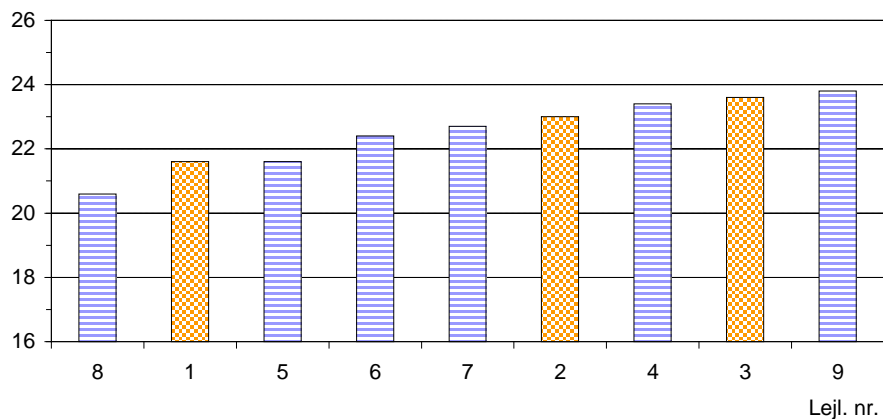
Figur 19. Gennemsnitlig rumtemperatur. Måleperiode ca. 12 uger. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.

RH [%] Gns. RH [%] (ca. 12 uger) i husets primære rum, fritlig. enfamiliehuse

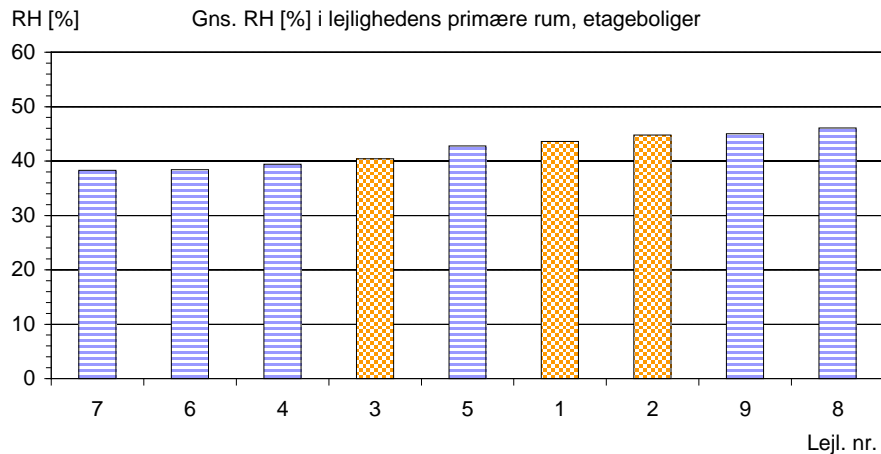


Figur 20. Gennemsnitlig RH inde. Måleperiode ca. 12 uger. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.

Temp. [°C] Gns. temp. [°C] i lejlighedens primære rum, etageboliger



Figur 21. Gennemsnitlig rumtemperatur. Måleperiode ca. 1 uge. De lyseblå søjler gælder lejligheder med mekanisk udsugning, mens de gule søjler gælder lejligheder med balanceret mekanisk ventilation.



Figur 22. Gennemsnitlig RH inde. Måleperiode ca. 1 uge. De lyseblå søjler gælder lejligheder med mekanisk udsugning, mens de gule søjler gælder lejligheder med balanceret mekanisk ventilation.

### Beboernes kommentarer

I sammenhæng med opsætning og nedtagning af måleudstyr og i tilknytning til tæthedsmålingerne er særlige forhold i boligen registreret, og beboerne er spurgt ud om deres vurdering af ventilationsforholdene og luftkvaliteten i boligen. Registreringer og kommentarer fremgår af afsnittet Diskussion nedenfor.

## Diskussion

Resultaterne af målingerne af boligernes udelufttilførsel viser, at i kun 5 af 21 enfamiliehuse (ca. 25 pct.) lever udelufttilførslen op til kravet 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup>, se figur 7 side 24. I 16 huse er udelufttilførslen lavere end kravet, og navnlig i de naturligt ventilerede enfamiliehuse er udelufttilførslen lav; udelufttilførslen er lavere end BR-kravet i samtlige undersøgte naturligt ventilerede enfamiliehuse.

I *SBi 2008:12 Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse* (Jensen & Gunnarsen, 2008) er vist resultater af målinger af blandt andet udelufttilførslen i 20 nye enfamiliehuse. Resultaterne viser, at i 80 pct. af husene er luftskiftet lavere end 0,5 h<sup>-1</sup>. I nærværende undersøgelse er det fundet, at i ca. 75 pct. af boligerne er udelufttilførslen lavere end 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup>.

Resultaterne af målingerne i etageboligerne viser, at udelufttilførslen i samtlige tilfælde lever op til kravet, se figur 8.

Beboerne i de mekanisk ventilerede boliger udtrykte stor tilfredshed med ventilationen og luftkvaliteten i deres bolig, og de tilskrev det gode indeklima den mekaniske ventilation. Beboerne i de naturligt ventilerede boliger var også tilfredse med indeklimaet i deres bolig, men det blev ikke udtrykt med samme overbevisning.

I hovedparten af de naturligt ventilerede boliger – både enfamiliehuse og etageboliger – er monteret udeluftventiler af typen spalteventiler, se figur 25. Ventilene er ikke optimale, hvad angår evnen til at tilføre udeluft trækfrit, og adskillige beboere oplyser, at de ofte lukker ventilerne på grund af trækgener. Mange bestræber sig på at huske at åbne ventilerne igen, men indrømmer, at det kan glippe, hvorved ventilerne er lukkede i længere perioder end nødvendigt. Etageboligernes tæthed er ikke målt, men overordnet betragtet kunne målingerne af boligernes udelufttilførsel indikere, at den mekaniske udsugning i etageboligerne evner at sikre udelufttilførsel på trods af én eller flere lukkede udeluftventiler, mens aftræksforholdene i naturligt ventilerede enfamiliehuse tilsyneladende ikke på samme måde er i stand til at sikre udelufttilførsel.



I to etageboliger, lejlighed nr. 7 og lejlighed nr. 4, var nogle af udeluftventilerne cirkulære ventiler anbragt højt på væggen; i lejlighed nr. 7 over vinduet og i lejlighed nr. 4 ved siden af vinduet, se figur 23 og figur 24. Beboerne udtrykte tilfredshed med netop disse ventiler. Ventilerne er bedre end almindelige spalteventiler i stand til at tilføre udeluft uden træk. De pågældende ventiler var anbragt i boligernes soverum, hvor det kan have størst betydning at modvirke risiko for træk, mens der i de øvrige beboelsesrum var anvendt almindelige spalteventiler, fx som vist i figur 25.

I forbindelse med gennemførelse af tæthedsmåling i enfamiliehuse med mekanisk ventilation blev ventilationsanlægget stoppet og indtags- og afkastkanaler afspærret midlertidigt. I hus nr. 6 blev kanalerne planmæssigt genåbnet efter målingen, men ved en forglemmelse blev ventilationsanlægget ikke sat i drift. Beboerne fortalte efterfølgende, at i løbet af 1-2 døgn var indeklimaet i huset mærkbart ringere end normalt, og mistanker om årsagen var straks faldet på ventilationsanlægget. Efter at anlægget atter var sat i drift, blev "normalt" indeklima forholdsvis hurtigt genoprettet. Figur 7 side 24 viser, at den gennemsnitlige udelufttilførsel i hus nr. 6 er målt til 0,18 l/s pr. m<sup>2</sup> svarende til 60 pct. af kravet til udelufttilførsel i boliger. Samtidig viser figur 9 side 24, at hus nr. 6 er et tæt hus, som med god margin overholder tæthedskravet. Tilsyneladende er en gennemsnitlig udelufttilførsel på ca. 0,18 l/s pr. m<sup>2</sup> i stand til *i dette* hus at skabe et for beboerne tilfredsstillende indeklima. Husets gode tæthed må antages at være årsag til, at udelufttilførslen falder til et meget lavt niveau, når ventilationsanlægget ikke er i drift, hvorved der hurtigt opstår utilfredsstillende indeklima.

Episoden indtraf, inden for den periode hvor udelufttilførslen blev målt med PFT-metoden, og da ventilationsanlægget var ude af drift i 1-2 døgn, er det rimeligt at antage, at udelufttilførslen i hus nr. 6 ved denne måling er bestemt for lavt i forhold til en normalsituation – antageligvis i størrelsesordenen 10-20 pct. for lavt. Episoden giver desuden et fingerpeg om, at i det pågældende hus er der tilsyneladende ikke i nævneværdig grad generende støj fra ventilationsanlægget.

Beboerne i én af etageboligerne forklarede, at støj fra den mekaniske udsugning i baderummet nu og da generede i en sådan grad, at de valgte at så vidt muligt blokere udsugningen ved at skrue keglen i udsugningsventilen helt i bund. Beboerne betragtede proceduren som værende helt acceptabel, da det – ifølge beboerne – ikke kan være nødvendigt, at udsugningen kører permanent. Keglen blev senere – normalt den følgende morgen – skruet ud igen, men det blev ikke forsøgt at genskabe den oprindelige indstilling.



Figur 23. Tallerkenventil over vindue (lejlighed nr. 7).





Figur 24. Cirkulær ventil med opadvendt åbning (lejlighed nr. 4).



Figur 25. Almindeligt anvendte spalteventiler.

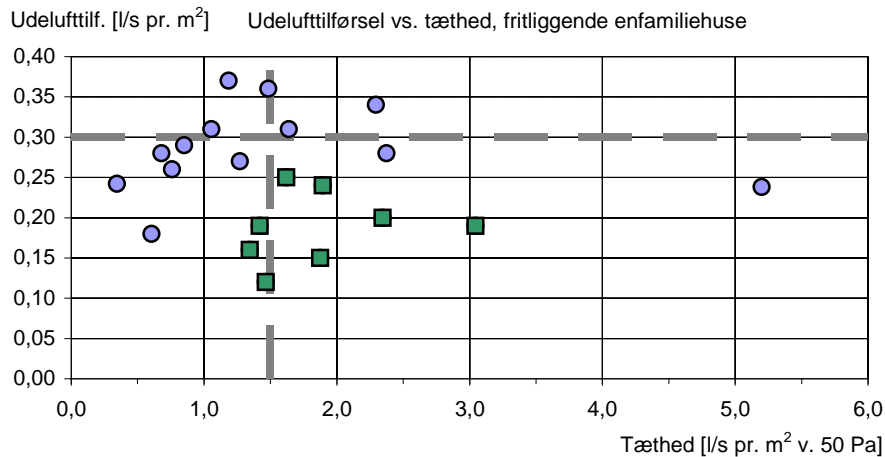
En del beboere navnlig i etageboligerne udtrykte begrænset tilfredshed med emhættens effekt. I ét tilfælde havde beboerne fået besked om, at såfremt udsugningen i emhætten var i stand til at fastholde et A4-papir, fungerede emhætten og udsugningen som tiltænkt. En generel holdning/fordom var, at det ikke blot var deres emhætte, der ikke fungerede tilfredsstillende, men at emhætter generelt fungerer dårligt.

Resultaterne af målingerne af klimaskærmens tæthed i enfamiliehusene viser, at ca. 2/3 af husene (15 af 24 huse) består Bygningsreglementets krav. 9 huse opfylder således ikke kravet, se figur 9 side 24. Hus nr. 19 er konstateret meget utæt, i hovedsagen fordi beboerne i forbindelse med ombygninger havde ændret tæthedsplanet. Huset blev ikke undersøgt ved undertryk på grund af risiko for at beskadige dampspærren.

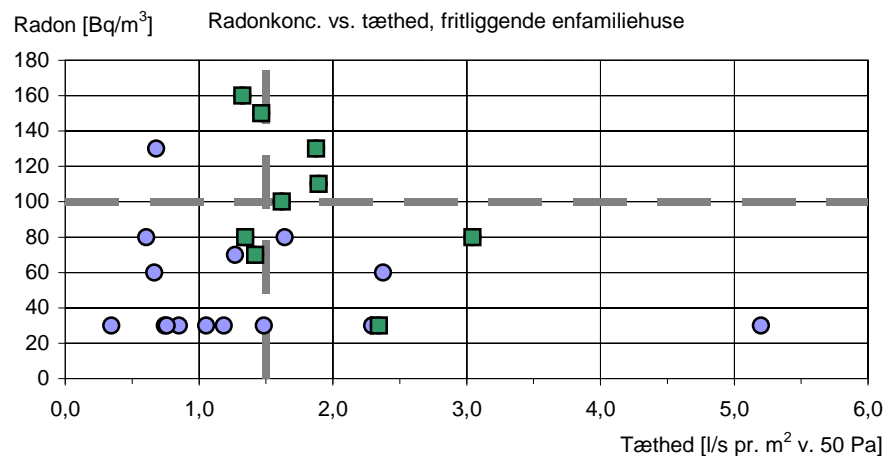
Der indgår 9 naturligt ventilerede enfamiliehusene i undersøgelsen; 4 af husene består netop tæthedskravet, mens de øvrige 5 huse ligger over kravet og heraf 2 henholdsvis 50 pct. og 100 pct. over.

Figur 26 viser målt udelufttilførsel i forhold til målt tæthed. Som det fremgår af figur 7 side 24, savnes acceptable resultater af udelufttilførslen i tre huse heriblandt hus 23, som er naturligt ventileret. Derfor er der i figur 26 kun vist 8 naturligt ventilerede enfamiliehusene. Figuren viser ingen klar sammenhæng mellem målt udelufttilførsel og målt tæthed.

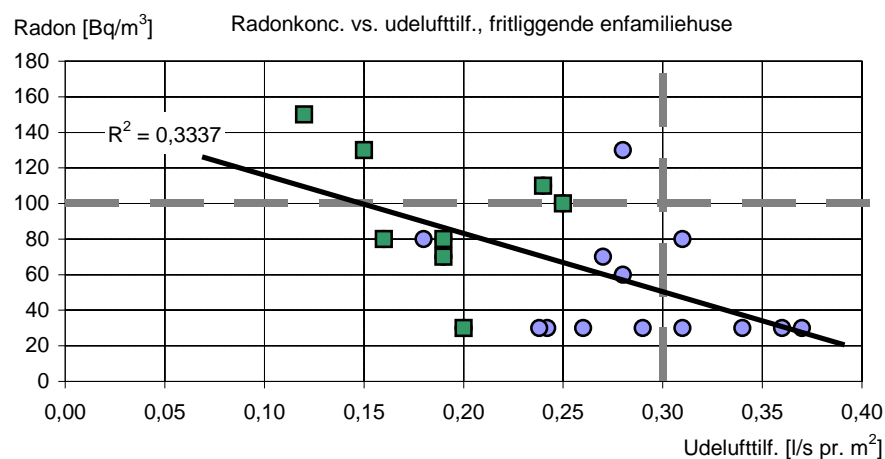
Figur 18 side 26 viser, at i 19 af 24 huse (80 pct.) er radonårsmiddelværdien lavere end  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Af de 5 huse med en årsmiddelværdi større end  $100 \text{ Bq/m}^3$  er 4 naturligt ventilerede, og af disse opfylder 2 huse ikke kravet til klimaskærmens tæthed, se figur 27. Figur 28 viser målt radonniveau i forhold til målt udelufttilførsel. Regressionslinjen viser en svag negativ korrelation; dvs. faldende radonniveau ved stigende udelufttilførsel.



Figur 26. Udelufttilførsel vs. klimaskærmens tæthed. De lyseblå cirkler gælder huse med mekanisk ventilation, mens de grønne firkanter gælder naturligt ventilerede huse. De grå, punkterede linjer angiver henholdsvis BR-kravet til udelufttilførsel og BR-kravet til klimaskærmens tæthed.



Figur 27. Radonkoncentration vs. klimaskærmens tæthed. De lyseblå cirkler gælder huse med mekanisk ventilation, mens de grønne firkanter gælder naturligt ventilerede huse. De grå, punkterede linjer angiver henholdsvis grænsen for radonindhold i nye bygninger og BR-kravet til klimaskærmens tæthed.



Figur 28. Radonkoncentration vs. udelufttilførsel. De lyseblå cirkler gælder huse med mekanisk ventilation, mens de grønne firkanter gælder naturligt ventilerede huse. Regressionslinjen gælder samtlige målepunkter. De grå, punkterede linjer angiver henholdsvis grænsen for radonindhold i nye bygninger og BR-kravet til udelufttilførsel.

I førnævnte rapport, *SBI 2008:12 Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse* (Jensen & Gunnarsen, 2008), er vist resultater af målinger af radonkoncentrationen i 200 nye fritliggende enfamiliehuse. Resultaterne viser en geometrisk middelværdi på 35 Bq/m<sup>3</sup>, og i to huse (1 pct.) er radonkoncentrationen større end 200 Bq/m<sup>3</sup>. Endvidere kan det af rapporten udledes, at radonkoncentrationen er lavere end 100 Bq/m<sup>3</sup> i 93 pct. af husene. I nærværende undersøgelse er den geometriske middelværdi for målingerne fundet til 58 Bq/m<sup>3</sup>, og radonkoncentrationen er lavere end 100 Bq/m<sup>3</sup> i 80 pct. af husene.

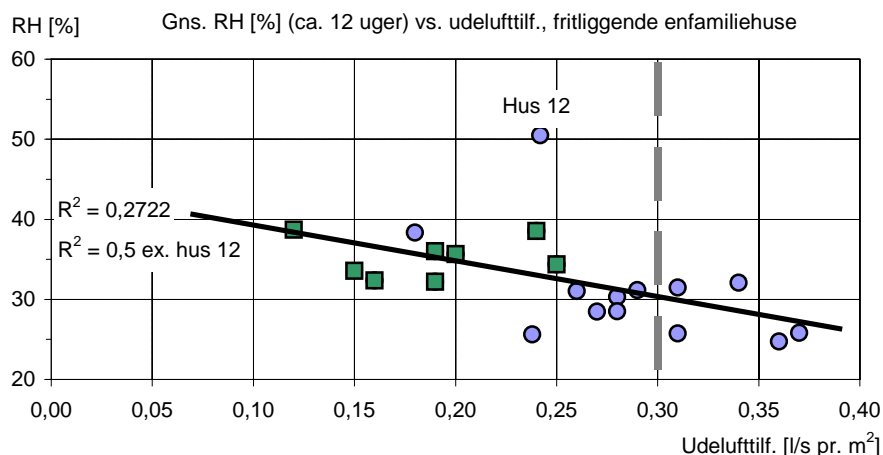
Målingerne af rumtemperatur og relativ luftfugtighed, se figur 19 - figur 22, viser, at den gennemsnitlige rumtemperatur såvel i enfamiliehusene som i etageboligerne er ca. 22 °C. Figur 29 nedenfor viser for alle målinger den gennemsnitlige relative fugtighed i forhold til den gennemsnitlige udelufttilførsel.

Hus nr. 12 skiller sig ud med en markant højere luftfugtighed. En årsag til den høje luftfugtighed kunne være, at familien i måleperioden fik udført forholdsvis omfattende beton-, flise- og murerarbejde i det ene af husets wc- og baderum. Flisegulvets hældning var forkert i forhold til gulv afløb både i brusenichen og uden for, og for at undgå at det færdige, reparerede gulv ville komme til at ligge for højt fx ved døren, blev hele gulvet brudt op, støbt på ny og nye fliser blev lagt. Også store områder af rummets vægge indgik i reparationerne.

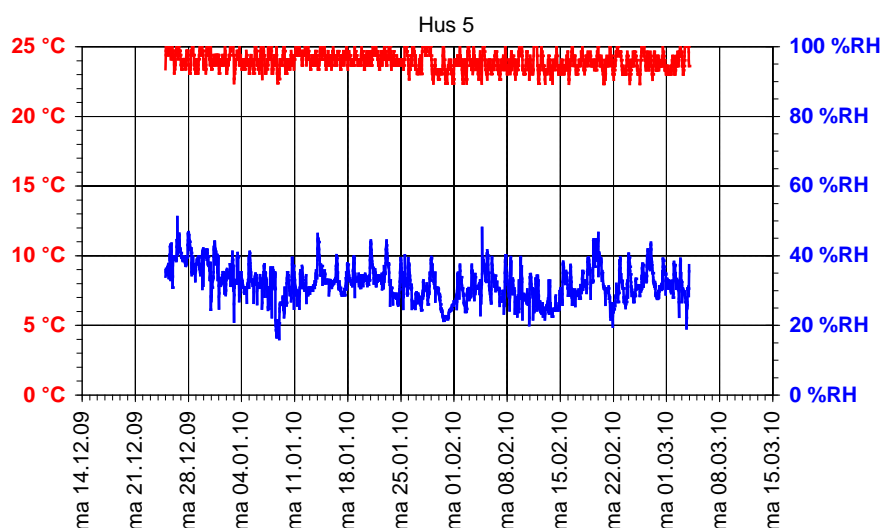
Ingen af beboerne i de undersøgte boliger har eller har haft problemer med mug eller skimmelsvamp. Beboerne i én af etageboligerne oplyser, at de er blevet informeret om, at de må påregne et lidt højere fugtniveau i rumluften i det første år efter indflytningen på grund af byggefugt. De var endvidere blevet tilrådet at sætte en spand under, hvis de borede i betonelementerne i loftet, fx til ophængning af lamper, da der kunne komme en hel del vand ud.

I flere boliger kommenterede beboerne gulvvarmesystemet. Nogle beboere fandt, at for at opnå tilfredsstillende rumtemperatur var det nødvendigt, at gulvet var varmere end ønsket. Andre beboere mente, at gulvvarmesystemet på en uheldig måde var medvirkende til, at der ofte var for varmt i rummene.

Figur 30 nedenfor viser registreringerne i hus nr. 5, hvor der er registreret den højeste gennemsnitlige rumtemperatur, over 24 °C. Den gennemsnitlige rumtemperatur for alle husene er for 12-ugers perioden, hvor der blev målt radon, bestemt til ca. 22,0 °C. For den 1-2 ugers periode, hvor den gennemsnitlige udelufttilførsel blev målt, er den gennemsnitlige rumtemperatur bestemt til ca. 22,3 °C.



Figur 29. Gennemsnitlig RH inde vs. gennemsnitlig udelufttilførsel [l/s pr. m<sup>2</sup>]. De lyseblå cirkler gælder huse med mekanisk ventilation, mens de grønne firkanter gælder naturligt ventilerede huse. Den grå, punkterede linje angiver BR-kravet til udelufttilførslen.



Figur 30. Registreringer af temperatur og relativ fugtighed i hus 5.

Hus nr. 17 er udstyret med brændeovn. Beboerne havde erfaret, at hvis brændeovnen blev anvendt kontinuert i en weekend, ville husets varmeautomatik nedregulere gulvvarmen, så huset, på grund af inert i varmesystemet, kunne forekomme noget koldt mandag eftermiddag, når beboerne vendte hjem fra arbejde. Hvis brændeovnen blev anvendt blot en enkelt aften, var det ikke mærkbart på gulvvarmen og rumtemperaturen den følgende dag. I øvrigt oplyste beboerne, at firmaet, som leverede huset, havde modsat sig at levere og installere brændeovnen med henvisning til husets isoleringsstandard.

## Konklusioner, Del 2

Resultaterne af målingerne i 24 fritliggende enfamiliehuse (15 med mekanisk ventilation, 9 med naturlig ventilation) og 9 etageboliger (6 med mekanisk udsugning, 3 med balanceret mekanisk ventilation) viser,

- at 5 af 21 enfamiliehuse (ca. 25 pct.) har en gennemsnitlig udelufttilførsel, som lever op til kravet om 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> (i 3 huse er ventilationsmålingen bortfaldet; se afsnittet "Udelufttilførsel" side 23)
- at ingen af de naturligt ventilerede enfamiliehuse lever op til kravet om en udelufttilførsel på 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup>
- at den gennemsnitlige udelufttilførsel er 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> eller højere i alle de undersøgte etageboliger
- at 15 af 24 enfamiliehuse (ca. 63 pct.) består bygningsreglementets krav til klimaskærmens tæthed
- at 4 af 9 naturligt ventilerede enfamiliehuse består tæthedskravet
- at 2 af de 5 naturligt ventilerede enfamiliehuse, som ikke består tæthedskravet, ligger henholdsvis 50 pct. og 100 pct. over kravet
- at den geometriske middelværdi for alle radonmålinger er 58 Bq/m<sup>3</sup>
- at 19 af 24 huse (80 pct.) har en årsmiddelværdi for rumluftens radonindhold lavere end 100 Bq/m<sup>3</sup>
- at 4 af de 5 huse med en radonårsmiddelværdi større end 100 Bq/m<sup>3</sup> er naturligt ventilerede

- at 2 af de 4 naturligt ventilerede huse, hvor årsmiddelværdien er større end  $100 \text{ Bq/m}^3$ , ikke består tæthedskravet
- at 3 huse, alle mekanisk ventilerede, lever op til både tæthedskravet og kravet til udelufttilførsel og har en radonårsmiddelværdi lavere end  $100 \text{ Bq/m}^3$
- at der er en svag negativ korrelation mellem radonkoncentration og gennemsnitlig udelufttilførsel – faldende radonkoncentrationen med stigende udelufttilførsel
- at der ikke er fundet sammenhæng mellem radonkoncentration og husenes tæthed
- at den gennemsnitlige rumtemperatur såvel i enfamiliehusene som i etageboligerne er over  $22 \text{ }^\circ\text{C}$

# Litteratur

Andersen, B., Mørck, O. (2008) *Lavenergihuse i praksis – eksempler, tjeklister og resultater*. Energistyrelsens Forskningsprogram.

Jensen, B. R., Gunnarsen, L. (2008). *Radonkoncentrationen i nye enfamiliehuse*. (SBI 2008:12) Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet..

Logadóttir, A., Gunnarsen, L. (2008). *Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark*. (SBI 2008:20). Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2008.

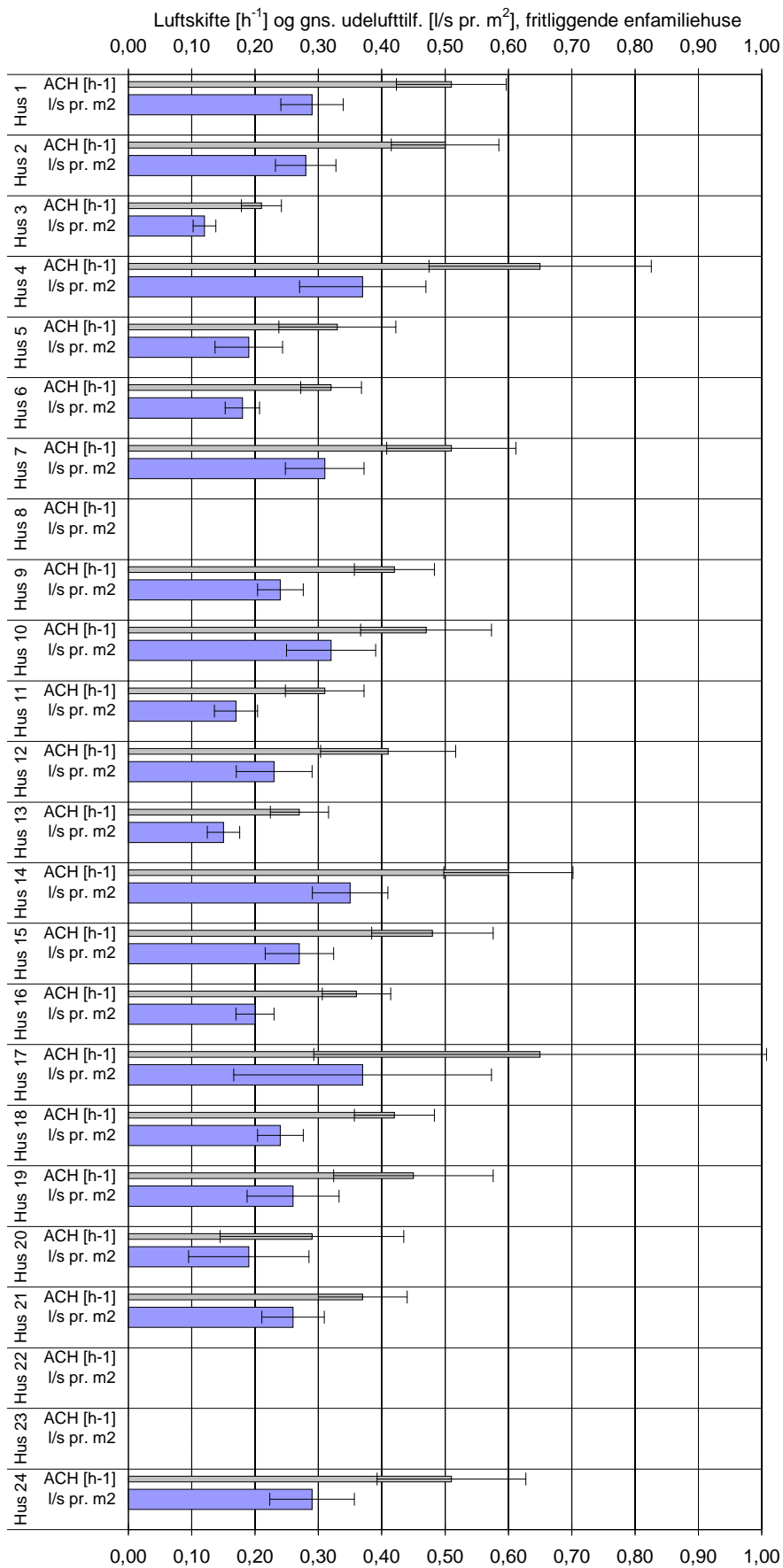
Olesen, B. W. (2008). *Kravene til indeklimaet bør skærpes*. Kronik i Ingeniøren 3. oktober 2008.

VFM & EBST (2008). *Vejledning om kommunernes mulighed for at gribe ind over for fugt og skimmelsvamp i boliger og opholdsrum*. Udarbejdet af Velfærdsministeriet og Erhvervs- og Byggestyrelsen.

VFM 2008). *Vejledning til ejere af private udlejningsejendomme vedrørende fugt og skimmelsvamp*. Udarbejdet af Velfærdsministeriet.

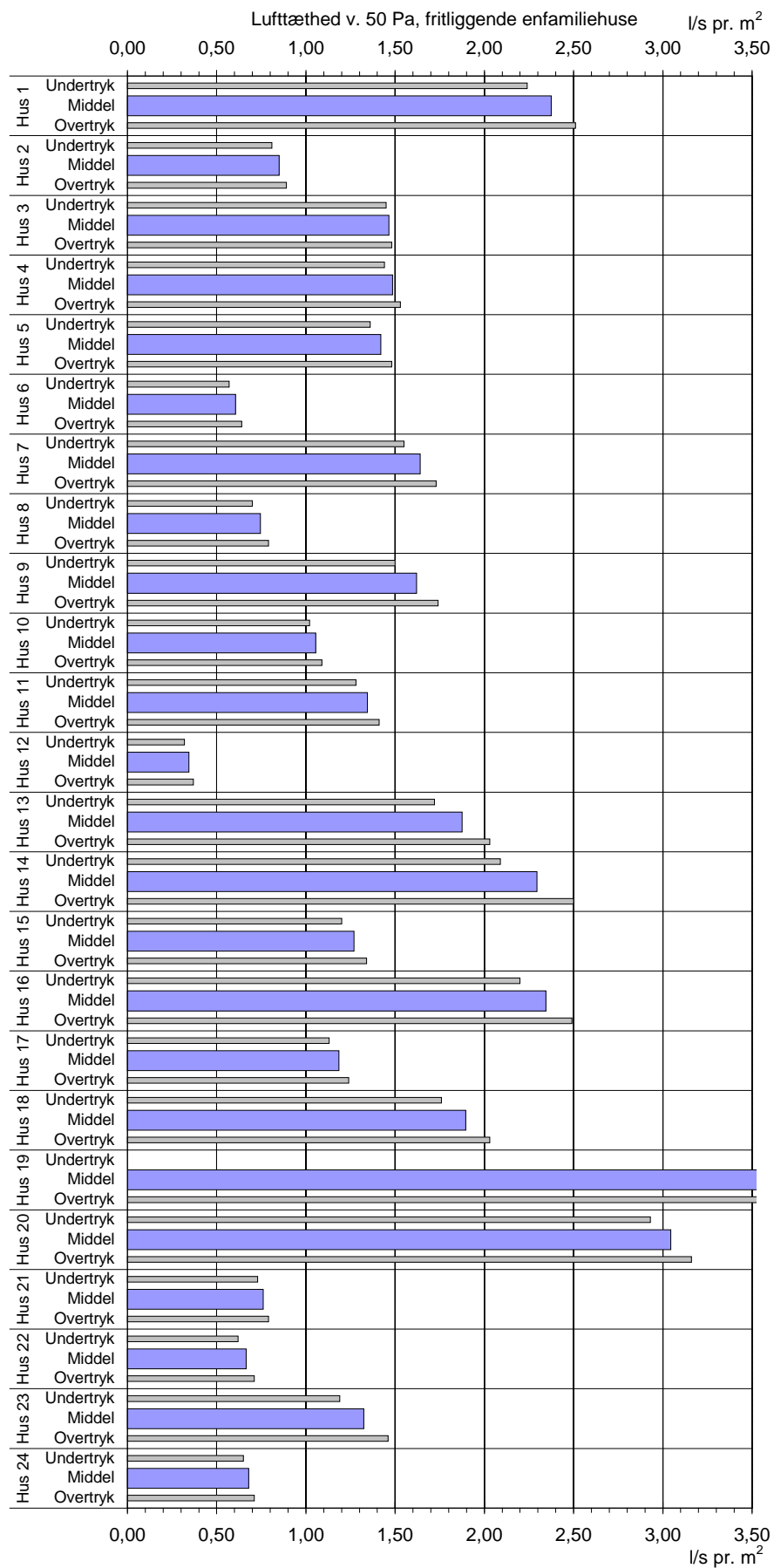
WHO (2009) *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould*. World Health Organization Regional Office for Europe. Scherfigsvej 8, 2100, København Ø.

# Bilag

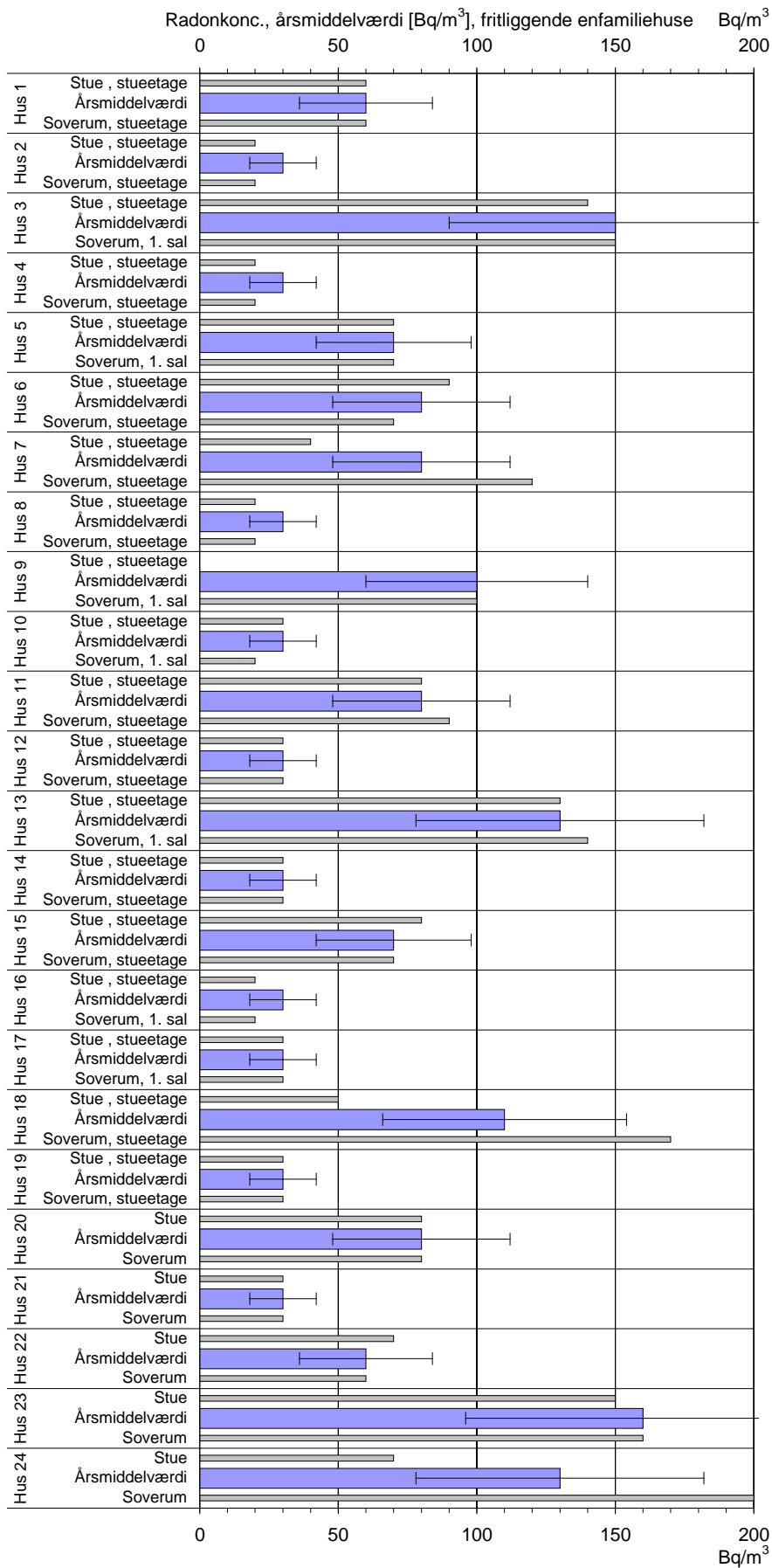


Figur 31. Gennemsnitligt luftskifte [ $h^{-1}$ ] (grå) og gennemsnitlig udelufttilførsel [ $l/s$  pr.  $m^2$ ] (lyseblå) målt i nye, fritliggende enfamiliehuse. Fejllinjerne angiver én gange standardafvigelsen. Arealbasis for udelufttilførslen er bruttoetagearealet.



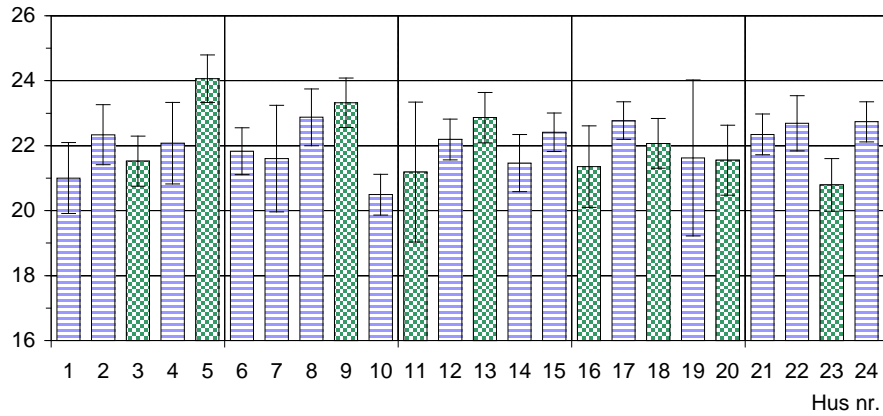


Figur 32. Lufttæthed [l/s pr. m<sup>2</sup> v. 50 Pa] målt i henhold til DS/EN 13829.



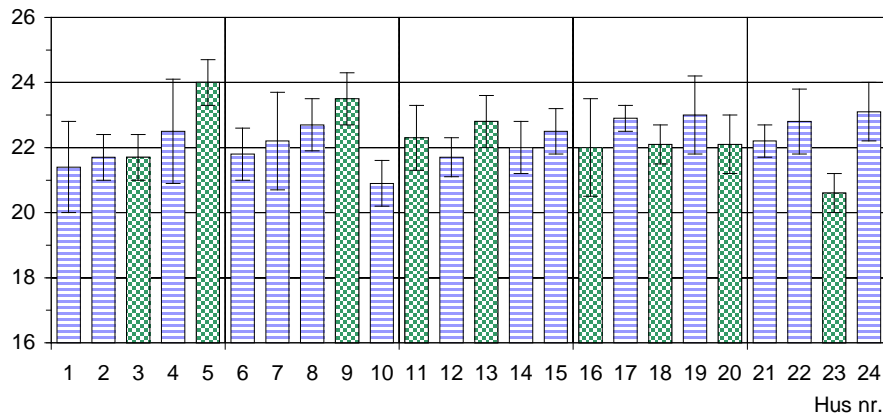
Figur 33. Radonkoncentration, årsmiddelværdi [ $\text{Bq}/\text{m}^3$ ] målt i nye, fritliggende enfamiliehuse. Fejllinjerne angiver én gange standardafvigelsen.

Temp. [°C] Gns. temp. [°C] (ca. 12 uger) i husets primære rum, fritlig. enfamiliehuse



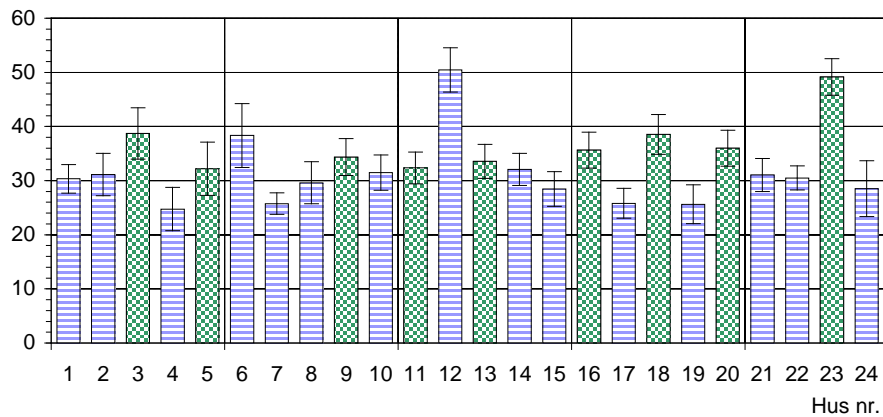
Figur 34. Gennemsnitlig rumtemperatur. Måleperiode ca. 12 uger. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.

Temp. [°C] Gns. temp. [°C] (ca. 1 uge) i husets primære rum, fritlig. enfamiliehuse

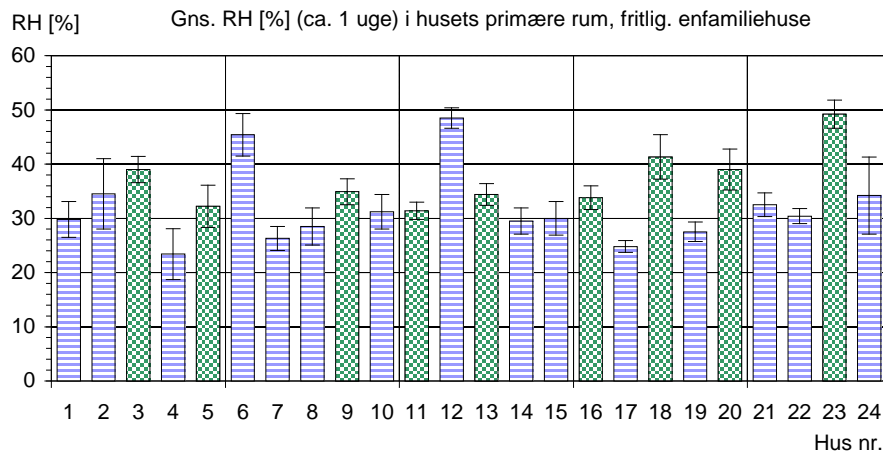


Figur 35. Gennemsnitlig rumtemperatur. Måleperiode ca. 1 uge. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.

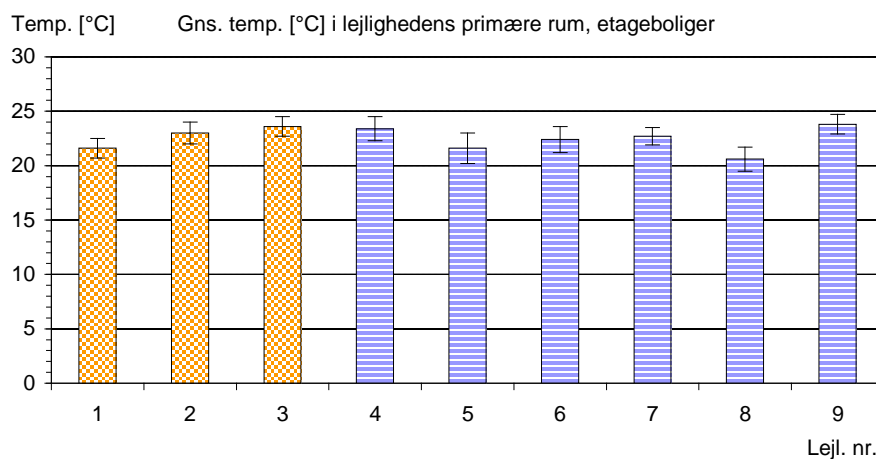
RH [%] Gns. RH [%] (ca. 12 uger) i husets primære rum, fritlig. enfamiliehuse



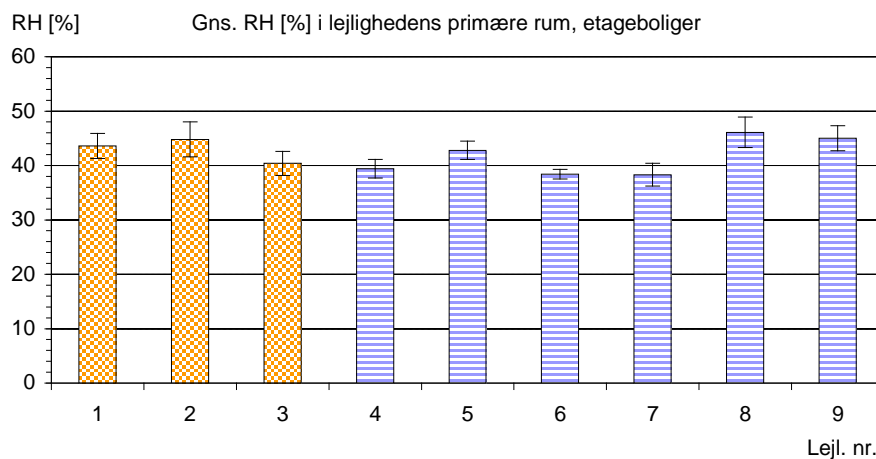
Figur 36. Gennemsnitlig relativ fugtighed. Måleperiode ca. 12 uger. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.



Figur 37. Gennemsnitlig relativ fugtighed. Måleperiode ca. 1 uge. De lyseblå søjler gælder huse med mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens de grønne søjler gælder naturligt ventilerede huse.



Figur 38. Gennemsnitlig rumtemperatur. Måleperiode ca. 1 uge. De gule søjler gælder lejligheder med balanceret mekanisk ventilation, mens de lyseblå søjler gælder lejligheder med mekanisk udsugning.



Figur 39. Gennemsnitlig relativ fugtighed. Måleperiode ca. 1 uge. De gule søjler gælder lejligheder med balanceret mekanisk ventilation, mens de lyseblå søjler gælder lejligheder med mekanisk udsugning.





Med det formål at tilvejebringe mere klarhed over, om bygningsreglementets ventilationsbestemmelser på boligområdet beherskes, og om bestemmelserne efterleves i praksis, er der gennemført en undersøgelse i to faser.

I fase 1 er der på baggrund af kontakt til udvalgte kommuner, organisationer og virksomheder gennemført tekniske samtaler med en række personer, som hver på sit felt har tilknytning til området ventilationsforhold i boliger.

I fase 2 er der foretaget målinger og besigtigelser i 33 nye boliger bestående af 24 nye enfamiliehuse og 9 nye etageboliger. Boligerne er opført mellem 2007 og 2009. Undersøgelserne i boligerne omfatter måling af ventilationen, radonforekomsten og klimaskærmens tæthed samt rumluftens temperatur og relative fugtighed.

1. udgave, 2011

ISBN 978-87-563-1544-9