

Indeklima i lavenergibyggeri - kan vi gøre som vi plejer?

InnoByg Workshop
11. november 2011

Ole Daniels
Forskningsassistent
Institut for Byggeri og Anlæg
Aalborg Universitet
od@civil.aau.dk



Fejl i mange lavenergihuse

NORRESUNDBY AVIS

Mange lavenergihuse er plaget af fejl. Nogle gange har de svært ved at holde på varmen om vinteren, og andre gange stiger indetemperaturen til 30 grader.

Det betyder, at husene i de mest ekstreme tilfælde bruger op til dobbelt så meget energi som de skulle have gjort. Det viser en rundspørge, som Nyhedsmagasinet Ingeniøren har lavet blandt rådgivere og forskere.



Lavenergihuse plages af overophedning og kolde rum

Der er fejl på mange lavenergiboliger, som bruger op til dobbelt så meget på varme som forventet. De fleste fejl er lette at undgå, men arkitekter og ingeniører skal stramme op, siger forsker fra Aalborg Universitet.



Stenagervej 25, der indgår i byggeriet Komfortusene i Skibet ved Vejle, er et eksempel på et lavenergihus, der lider af kraftig overophedning. I sommerperioden er temperaturen i stuen kun i komfortzonen 15-20 pct. af tiden.

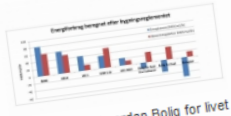
Indendørs temperaturer på op til 30 grader, problemer med at holde varmen om vinteren og energiforbrug, der i ekstreme tilfælde er dobbelt så højt som beregnet. Det er nogle af de problemer, som har vist sig i de seneste års danske lavenergibyggerier, viser en rundspørge, som Ingeniøren har foretaget blandt rådgivere og forskere.

»Der er en del banale fejl i huse«, som arkitekter og ingeniører ikke har tænkt på, at de bliver begået igen og frem i lyset,« siger lektor Tine Engsgaard, som er leder af Energicenter for Energinet.

NEJ

Velfacs aktivhus bruger dobbelt så meget energi som forventet

Beboerne elsker lyset og luften i Velux' og Velfacs aktivhus "Bolig for livet". Men netop lyset - og problemer med tætheden - koster dyrt på varmeregningen, viser det første års målinger.



Figuren viser, hvordan Bolig for livet placerer sig i forhold til de generelle krav til nybyggeri med såvel det målte, det normaliserede som det fremtidige forbrug. Det normaliserede forbrug, er det mest retningsgivende i forhold til sammenligning med de forskellige energiklasser, idet det beskriver det målte forbrug med korrektion for de aktuelle graddøgn, højere indetemperatur, lavere intern varmelast samt tæthed. Endelig er det fremtidigt forventende forbrug når huset er endeligt indreguleret angivet. (Illustration: Esbensen)

Af Ulrik Andersen, onsdag 06. okt 2010 kl. 08:13

Rigtige mennesker kan ødelægge selv de mest præcise ingeniørberegninger. Det er læren i gruppen bag projektet "Bolig for livet", efter at en testfamilie har boet i deres aktivhus i et år.

Energi behovet til opvarmning, varmt brugsvand og el til drift af installationer iht. bygningsreglementet for huset, der er opført i Lystrup ved Århus, betalt af Velfac og Velux, var beregnet til 15 kWh pr. kvadratmeter pr. år.

Det målte forbrug blev dog knapt dobbelt så højt: 28 kWh pr. kvadratmeter pr. år, når der blev korrigeret for graddage, indregulering af varmeanlæg, og at familien ville have en højere temperatur end forventet.

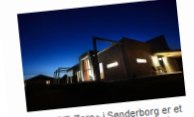
Baby, barse gav energiboom
 »Når vi ikke rammer det beregnede forbrug, skyldes det, at vi ikke opnåede den tæthed (af klimaskærmen) ved 1 som vi havde

»Når vi ikke rammer det beregnede forbrug, skyldes det, at vi ikke opnåede den tæthed (af klimaskærmen) ved 1 som vi havde



Lavenergihusene er ikke i mål endnu

Strammere krav til nye huse skal mindske Danmarks CO2-udledning. Men en del lavenergibyggeri bruger meget mere energi end beregnet og plages samtidig af temperaturer over 30 grader.



Huset SIB Zero i Sønderborg er et aktivhus, hvis 60 m² solceller på årsbasis producerer mere el, end familien bruger. Det betragtes som et godt eksempel på, hvad lavenergibyggeri kan levere. Men beboerne dør alligevel med overophedning af huset om sommeren.

Af Ulrik Andersen, fredag 27. aug 2010 kl. 08:00

En check. Det var indholdet af den seneste energiregning, som Tom Toft Kragh fik i februar 2009 flyttede den maskiningeniøruddannede Kragh og hans familie ind i et af Danmarks mest energieffektive huse, det såkaldte SIB Zero-hus i Sønderborg. Huset er et 200 m² stort aktivhus. Det vil sige, at den supersolerede villas 60 m² solceller på årsbasis producerer mere el, end familien bruger.

Huset er et godt eksempel på, hvad man kan opnå i lavenergibyggeri. Men i andre lavenergibyggerier har resultaterne efter den koldeste vinter i 47 år og en meget varm sommer ikke været nær så positive.

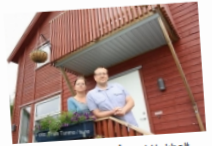
De mest udbredte problemer i en række projekter, som Ingeniøren har undersøgt, er overophedning om sommeren, utilstrækkelig opvarmning om vinteren og alternativt en stor energiregning, fordi mange varmesystemer kører på el.

Rundspørgen afslører, at selvom der er bygget omkring 250

FAKTA
Hustyper
 Lavenergiklasse 2015: Energiforbruget i L2015-huse er 25 procent lavere end i huse, der lever op til standardkravet i Bygningsreglementet 2010.
Passivhus: der blandt a energiforbru ikke overstår kWh/m²ind

Ulidelig varme tvinger husejere ud af spritnyt passivhus

En indetemperatur på over 30 grader hele sommeren har fået et par til at flygte fra deres nye passivhus i Norge. Huset kan simpelthen ikke komme af med varmen.



Beate Karlsen og Håvard Hokholt flyttede i 2009 ind i nyt passivhus i Trulsrudskogen i Lommedalen. Siden har deres liv været plaget af et alt for varmt indeklima. Foto: Truls Tunmo / tu.no (Foto: Truls Tunmo / tu.no)

Af Thomas Djursing, torsdag 08. jul 2010 kl. 12:18

Et idyllisk, rødmalet passivhus er blevet et mareridt for et norsk par, der er nødt til at forlade huset så ofte som muligt, fordi huset er alt for varmt.

Huset er bygget af entreprenøren Byggholt i Trulsrudskogen i Lommedalen, og i februar 2009 flyttede parret Beate Karlsen og Håvard Hokholt ind i deres nye drømmehus. Men allerede i april begyndte varmen at stige parret til hovedet.

»Vi havde langt over 30 grader inde i huset næsten hele sommeren. Det er ikke til at holde ud, og nattesøvn bliver det så som så med,« siger Håvard Hokholt til Tekniske Ukeblad, der oplyser, at udetemperaturen skal helt ned under 10 grader, før temperaturen i huset begynder at kravle ned under 24 grader.

Hver weekend rejser parret væk for at indhente den tabte nattesøvn, og selvom parret flere gange har henvendt sig til entreprenøren Byggholt, så er intet sket. Derfor har parret nu hyret

LÆS OGSÅ
 Slapt udspil smider nyt energikrav til bygninger på porten
 26. maj 2010
 Ingen gider bo i energirigtige passivhuse
 11. maj 2010

Hvem skal ændre vaner?

- Arkitekter
- Ingeniører
- Entreprenører
- Installatører
- Håndværkere
- Brugere

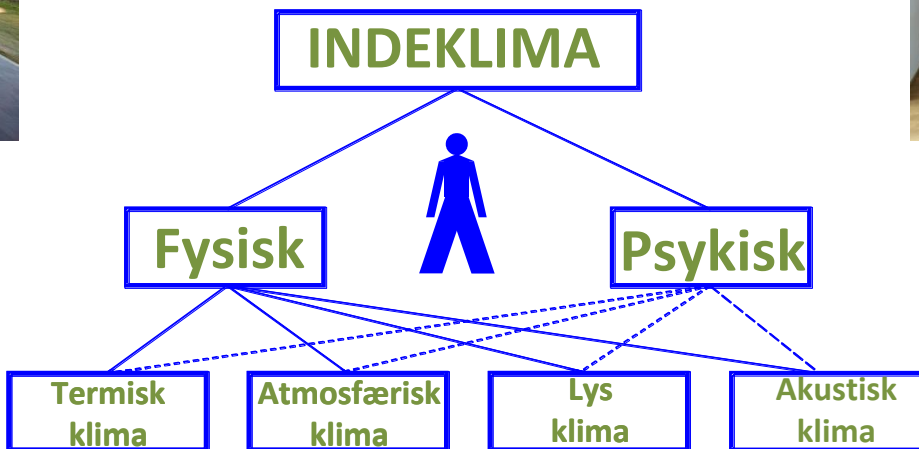


Baggrund for resultaterne

- Resultaterne præsenteret her kommer hovedsageligt fra måleprojektet *"Demonstration af Energiforbrug og Indeklima i 10 Danske Passivhuse"*. Måleprojektet er støttet økonomisk af Realdania
- Resultaterne er uddybet i rapporten vist til højre sammen med erfaringer fra andre projekter, og omfatter vurdering af overtemperatur, utilstrækkelig opvarmning, dagslys, akustik, behovsstyring af ventilation samt brugeradfærd



Indeklima...



Krav til indeklimaet i boliger ???

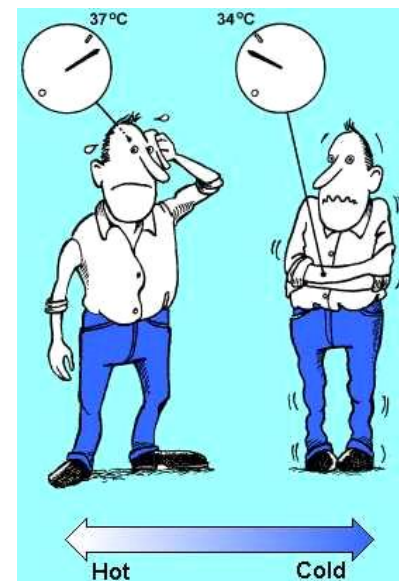


Der tages her udgangspunkt i CR1752 kat. B samt BR08



Termisk indeklima - krav

- DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet

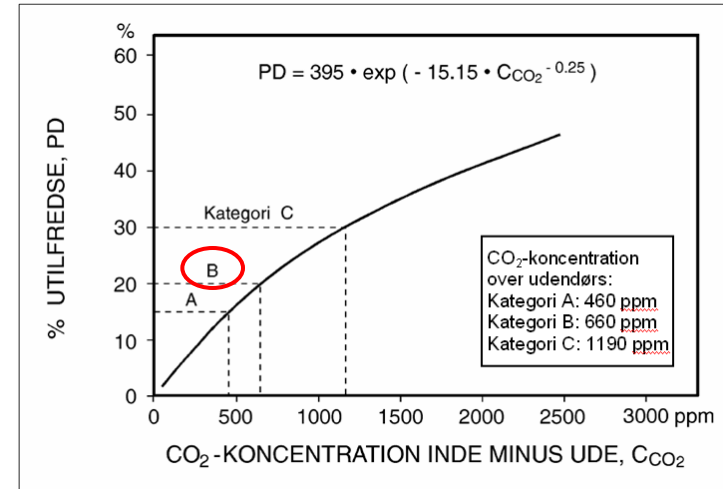


Aktivitetsniveau	[met]	1,2		
Kategori		A Utilfredse < 6%	B Utilfredse < 10%	C Utilfredse < 15%
Operativ temperatur	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
	Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0



Atmosfærisk indeklima – CO₂-krav

- DS/EN/CR 1752
- Ude-niveau 370 ppm
- Dvs kategori B svarer til et CO₂-niveau < 1030 ppm



- At-meddelelse nr. 1.01.9 Indeklima

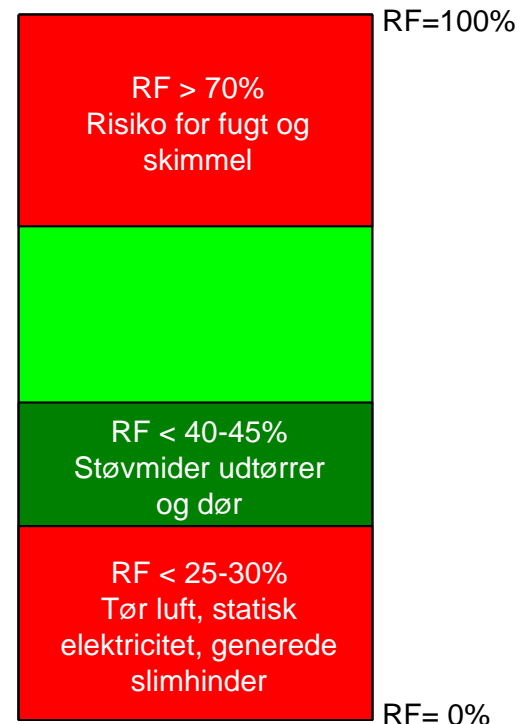
- Til vurdering af ventilationens effektivitet kan anvendes luftens indhold af kuldioxid (CO₂), som ikke bør være større end 0,1% CO₂ (1000 ppm). Hvis det overstiger 0,2% CO₂ (2000 ppm) i mere end korte perioder, anses ventilationen for at være utilstrækkelig, og luftskiftet må øges eller antallet af personer formindskes.



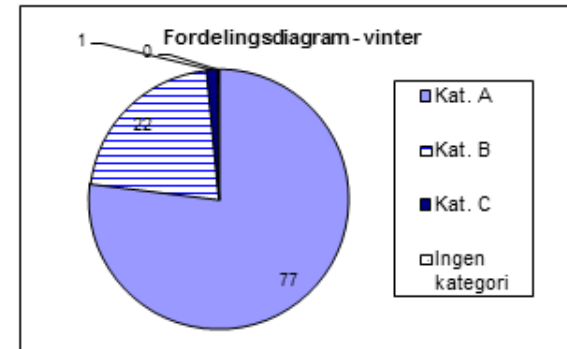
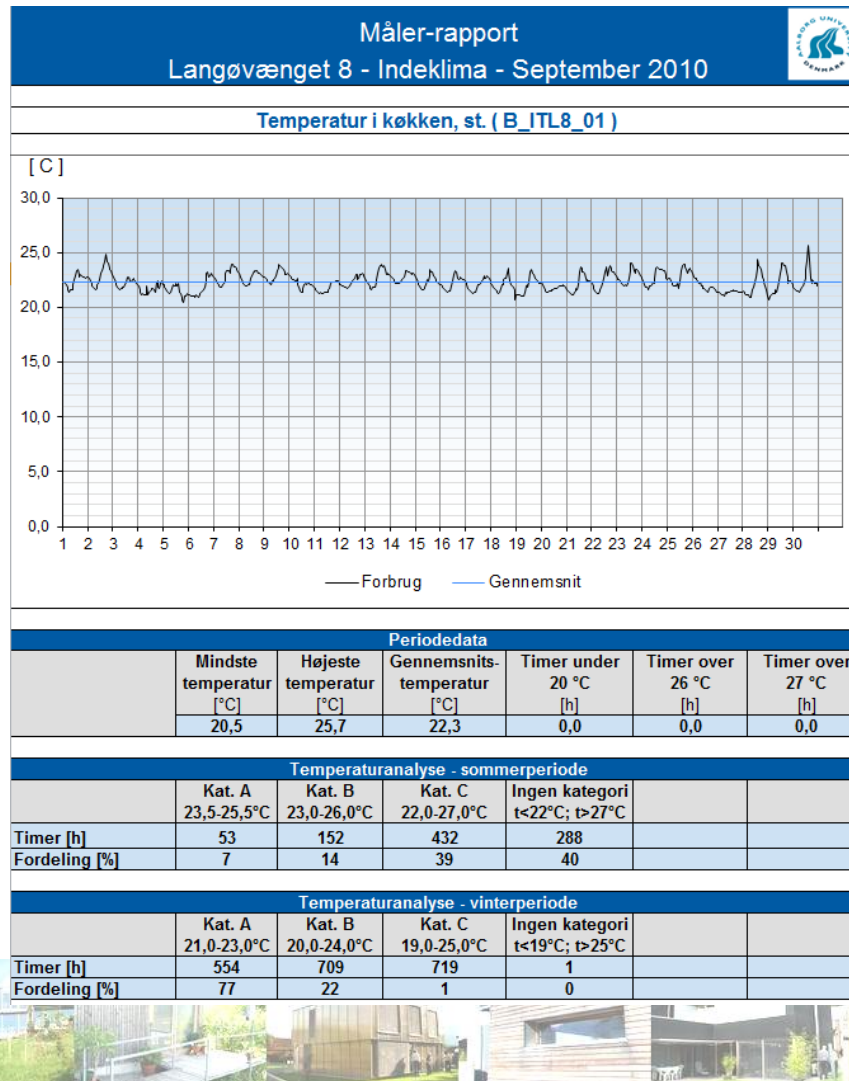
Atmosfærisk indeklima – fugt



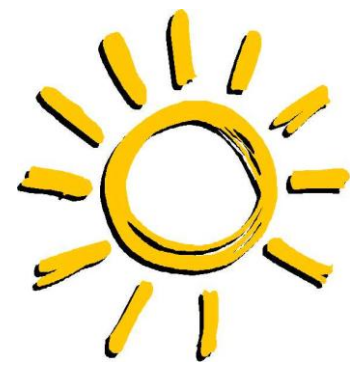
- Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.
- Kritisk grænse på $RF > 75\%$, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå
- $RF < 45\%$ bør opnås mindst en måned om året!



Eksempel på dataanalyse



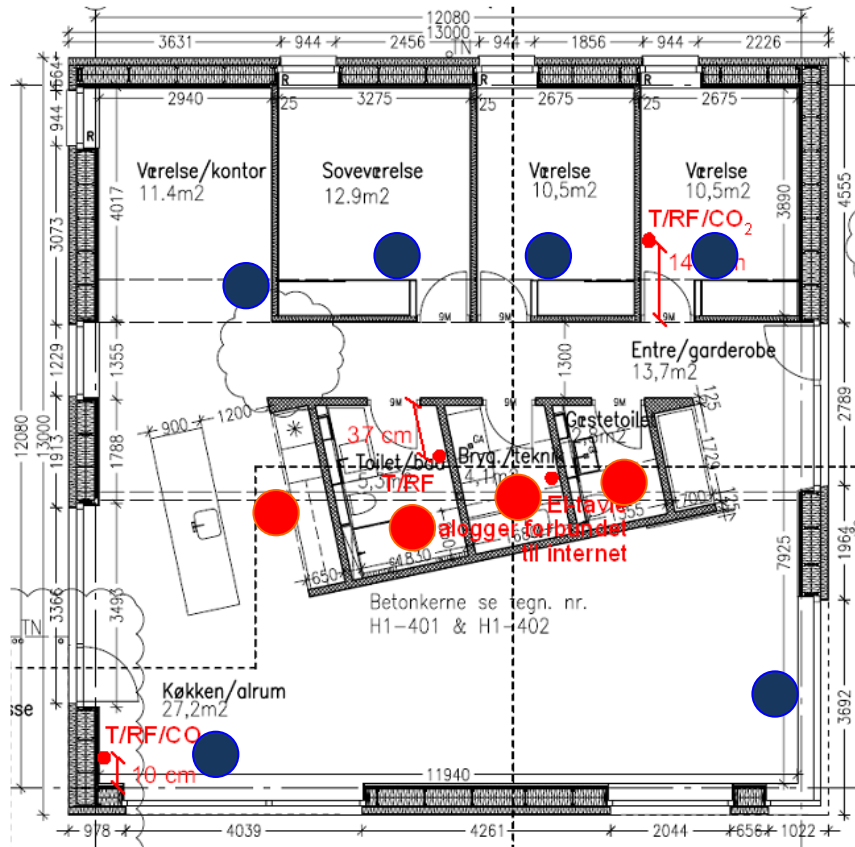
Risiko for overophedning



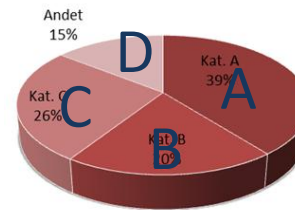
- Der opstår hurtigt meget høje temperaturer med diskomfort som følge
 - Store sydvendte vinduespartier
 - Dårlig eller ingen afskærmning mod solindfald
 - Til dels manglede muligheder for udluftning



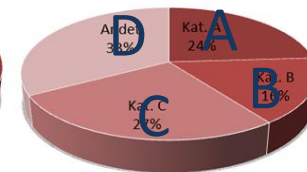
Case study



Temperatur - juli & august 2009

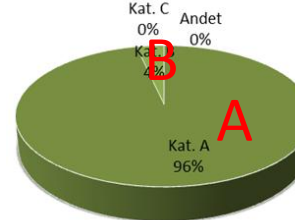


Temperatur - juli & august 2010

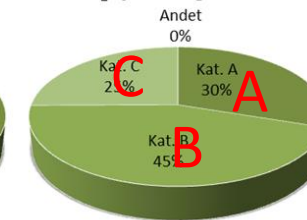


Sommer:
 Kat. A: 23,5-25,5°C
 Kat. B: 23,0-26,0°C
 Kat. C: 22,0-27,0°C

CO₂ - juli & august 2009



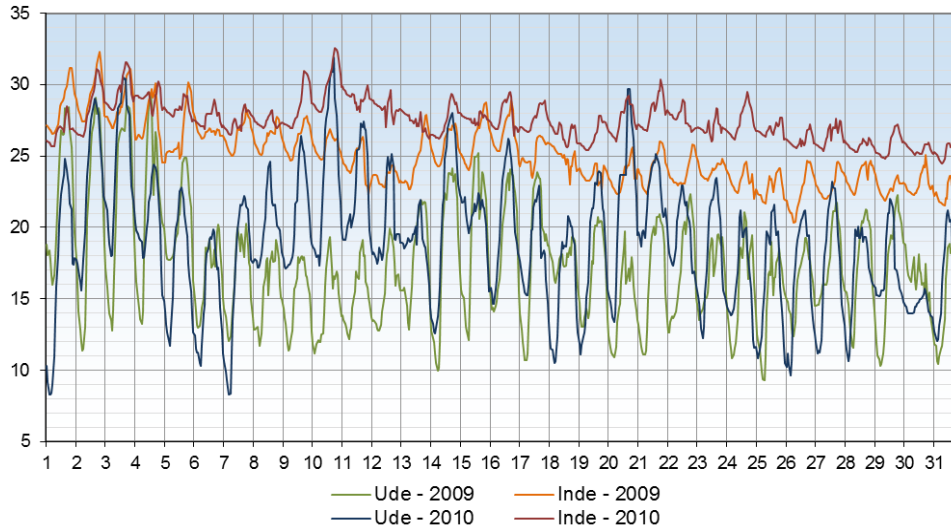
CO₂ - juli & august 2010



Kat. A: < 830 ppm
 Kat. B: < 1030 ppm
 Kat. C: < 1560 ppm



Case study



- Øget brug af naturlig ventilation kan forbedre det termiske indeklima væsentligt
- Desuden kan forøget køling opnås ved supplerende med
 - Natkøling (dvs brug af naturlig ventilation om natten)
 - Øget solafskærmning

Kunne man have undgået dette???



Vurdering af overtemperaturer

- Risikoen for overtemperatur kan vurderes via en simpel beregning af døgnmiddeltemperaturen for kritiske rum
- Tidskrav: Ca en time
- Resultat: Et bedre termisk indeklima

Hvem gør det i dag???

Beregning af døgnmiddeltemperatur
med danske vejrdata

Projekt: Stenagervejnet 37

Rumopbygning

Konstruktioner mod det fri

Nr	Flade	A	U	W/m ² K	Bu	W/K
1	Service	63,30	0,09	0,09	5,70	0,67
2	Tag	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum		133,20				0,67

Vinduer mod det fri

Nr	Flade	A	U	W/m ² K	Bu	W/K
1	V2	1,00	0,60	0,60	0,60	0,60
2	V3	4,40	0,60	0,60	2,64	2,64
3	V4	1,30	0,60	0,60	0,78	0,78
Sum		6,70			4,02	4,02

Samlet specifikt varmetab mod det fri BT

Konstruktioner mod gulv samt omgivende rum

Nr	Flade	A	U	W/m ² K	Br	W/K
1	Terrændæk	5,0	0,03	0,15	0,75	0,75
Sum		5,0			0,75	0,75

Samlet specifikt varmetab mod omgivende rum Br

Ventilation

Type	Luftskifte h ⁻¹	Rumvolumen m ³	Luftstrøm kg/m ²	Densitet kg/m ³	Varmekap. kJ/kgK	BL
1	Ventilation	0,00	0,00	0,00	1,008	0,00
2	Infiltration	1,30	145,72	1,2	1,008	17,96
Sum		1,30	145,72	1,2	1,008	17,96

Samlet specifikt varmetab ved ventilation BL

Varmeakkumulering

Væls varmeakkumulering	Akk. evne W/K pr m ²	Gulvareal m ²	Ba	W/K
1	Ekstra væls	56,70	793,50	63,52
Sum		56,70	793,50	63,52

Samlet specifikt varmeakkumulering Ba

BELASTNINGER

GT	BL	Br	BELAST
0,67	4,02	0,75	5,44
			5,44 = Br
			34,82 = Σ Br+tr

BEKRIJVELSE af valgt rumopbygning
Rum med flere fte, tage, Konstruktioner, fte betændek og -loft samt et Bælgvægge af tegl eller letbeton

Hvis der ikke vises kommentarer aktiveres disse under "Vis"

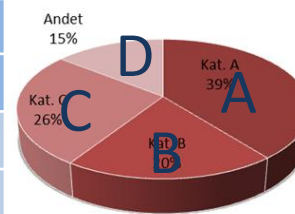


Case study

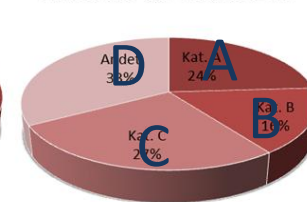


	Case A	Case B	Case C	Case D
Personlast belysning +	L1	L1	L2	L2
Naturlig ventilation	U1	U2	U1	U2
Døgnmiddeltemperatur	35,4°C	30,4°C	34,5°C	29,8°C
Døgnmaks-temperatur	38,6°C	33,8°C	37,6°C	33,1°C

Temperatur - juli & august 2009



Temperatur - juli & august 2010



Sommer:
 Kat. A: 23,5-25,5°C
 Kat. B: 23,0-26,0°C
 Kat. C: 22,0-27,0°C

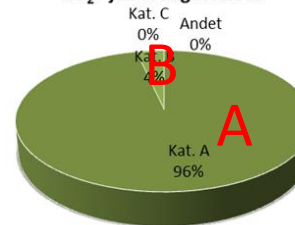
Intern belastning

Interne belastning fra apparater (fx køleskab og tv) sat til 20 W
 Lasttilfælde 1 (L1): 2 personer mellem kl. 8-20, 5 personer mellem 20-23. Belysning tændt mellem kl. 20-23.
 Lasttilfælde 2 (L2): Huset er tomt

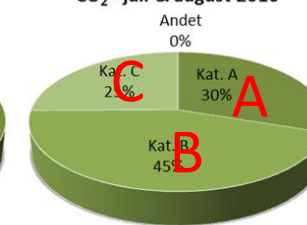
Naturlig ventilation

Udluftning 1 (U1): Mek. vent. 0,5 h⁻¹ + nat. vent. 1,3 h⁻¹ (Be06-bereg.)
 Udluftning 2 (U2): Mek. vent. 0,5 h⁻¹ + nat. vent. 2,5 h⁻¹

CO₂ - juli & august 2009



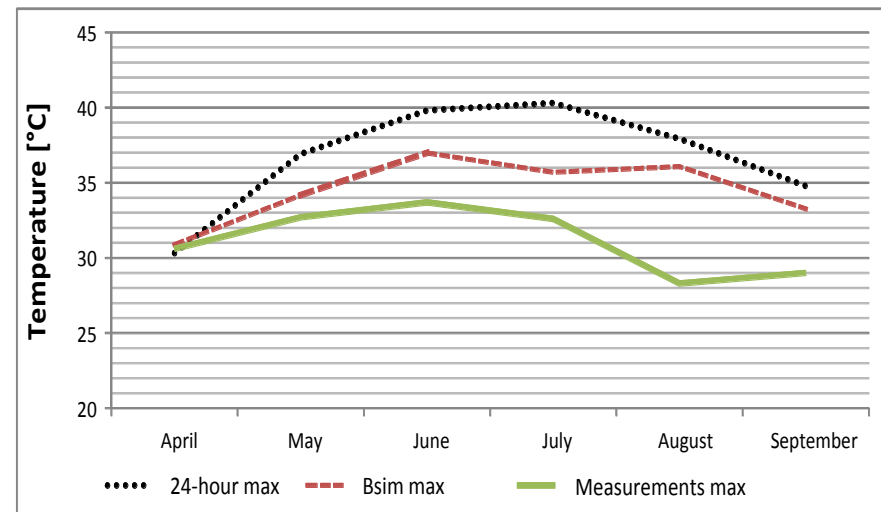
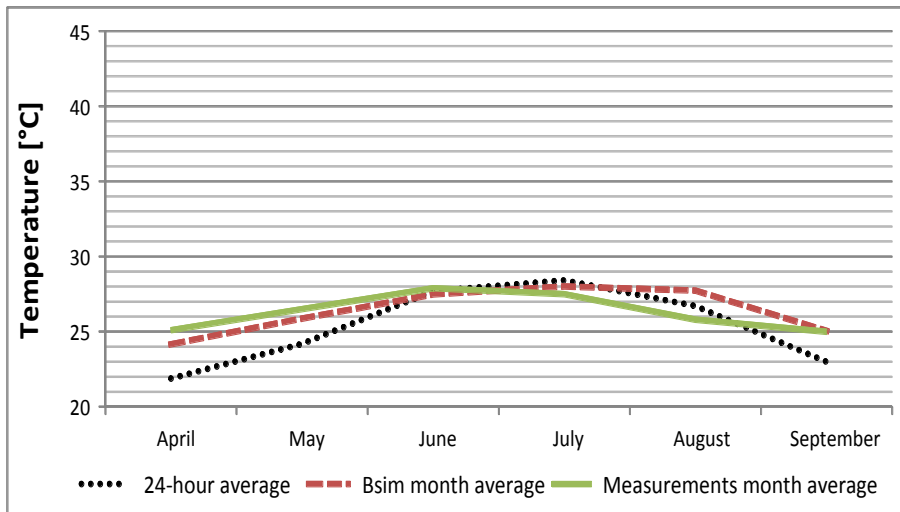
CO₂ - juli & august 2010



Kat. A: < 830 ppm
 Kat. B: < 1030 ppm
 Kat. C: < 1560 ppm



Problemer med metoden



- God overensstemmelse med middelværdi.
- Værdien for det varmeste døgn er for høj.

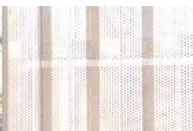
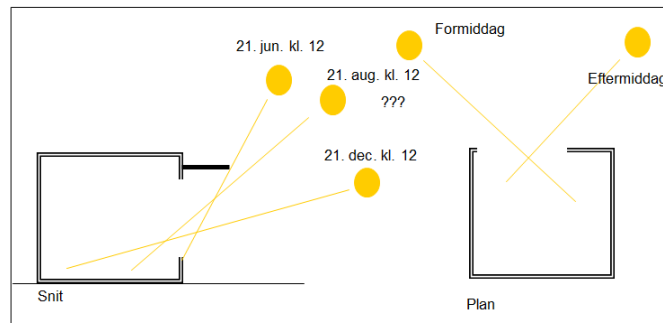


Problemer i sommerperioden - 1



Overophedning pga solindfald

- Afhjælpning:
 - Solafskærmning
 - udvendig
 - evt automatisk
 - OBS – brugeradfærd! Overstyring pga manglende udsyn
 - Reduceret areal af vinduer mod syd – mere jævn fordeling af vinduer mod alle retninger
 - Kontrol af indeklimaet i kritiske rum via døgnmiddelberegning eller dynamisk beregning
 - Brug aldrig



Problemer i sommerperioden - 2



Reduceret eller ingen brug af naturlig ventilation

- Afhjælpning:
 - Inddrag allerede fra starten af designfasen brug af naturlig ventilation
 - Muligheder for brug af naturlig ventilation både dag og nat (tyverisikring)



Bolig for livet





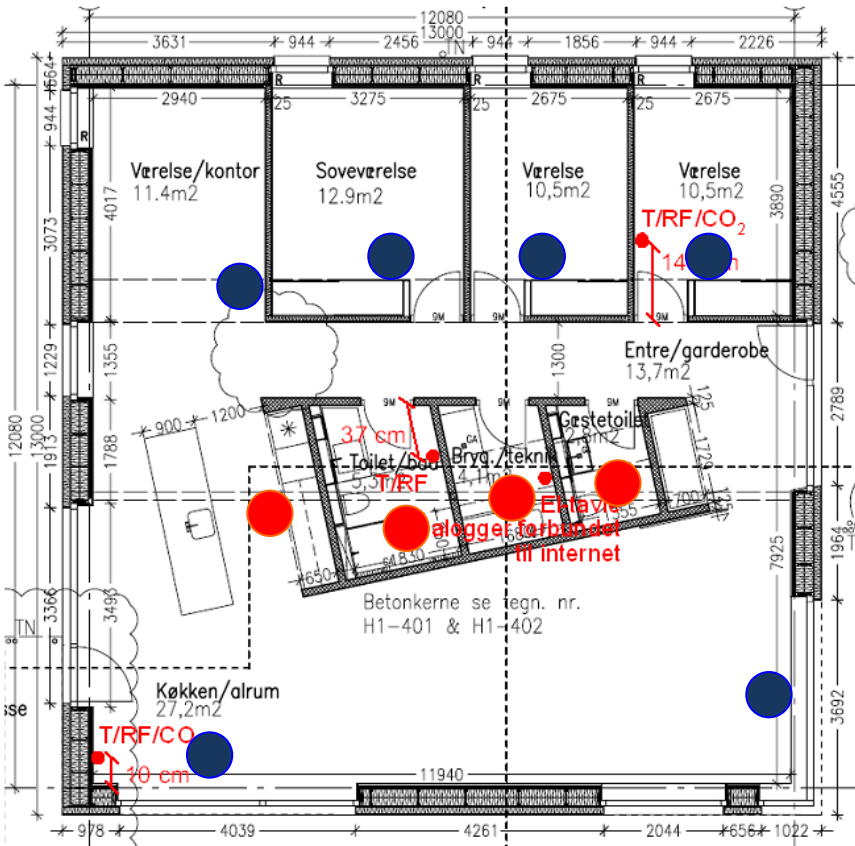
Utilstrækkelig opvarmning

- Lavenergihuse kræver meget **små mængder energi for at opvarme** huset i vinterperioden
- Hvis den mulige tilførte effekt ligger tæt op ad det beregnede varmetab, vil huset opleve **situationer med utilstrækkelig kapacitet i anlægget** så snart de aktuelle tilstande i huset afviger fra **beregningsforudsætningerne**
- Problemer med utilstrækkelig opvarmning er fundet i flere danske og svenske projekter



Case study

Vinteren 2009/2010

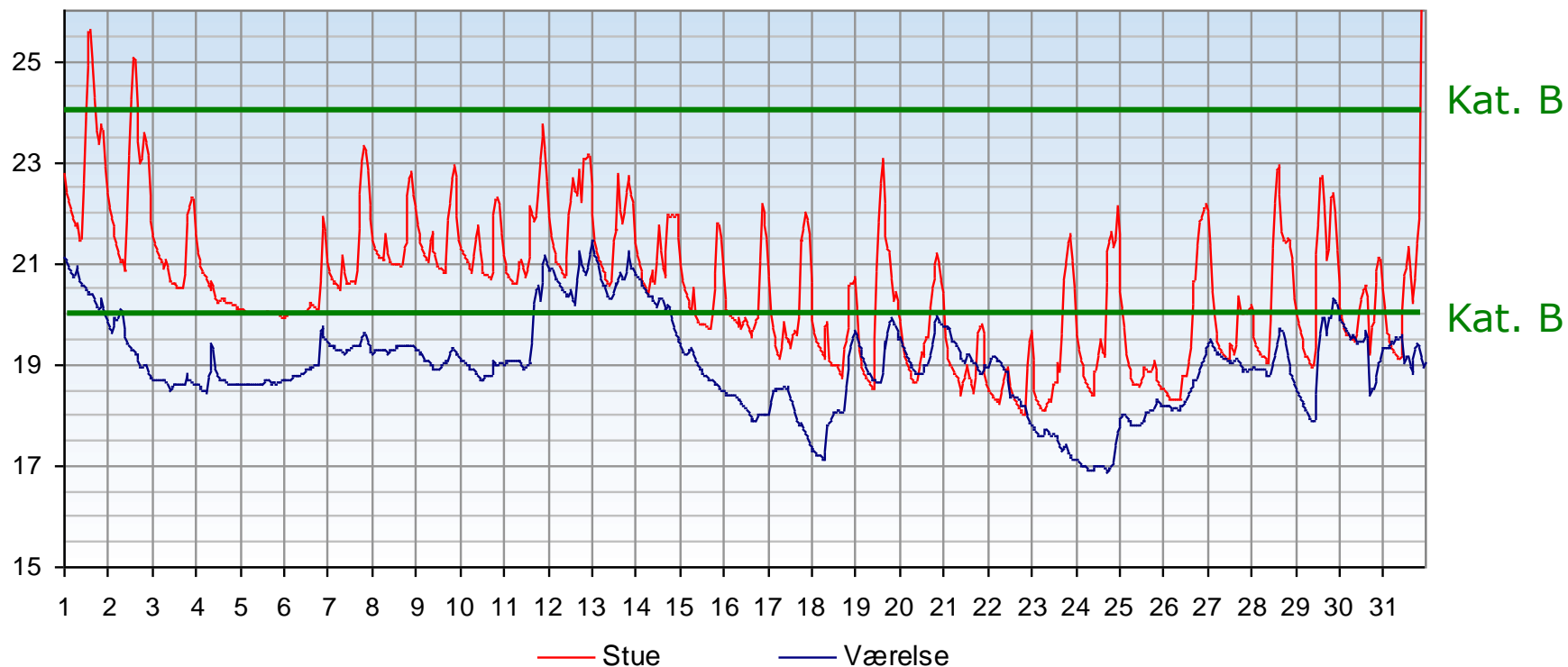


- Kompaktanlæg
- Opvarmning via ventilationsluft
- Gulvvarme i to badeværelser (ikke medregnet i husets varmetilskud)
- Jordvarmeanlæg - 150 m jordslanger



Resultater

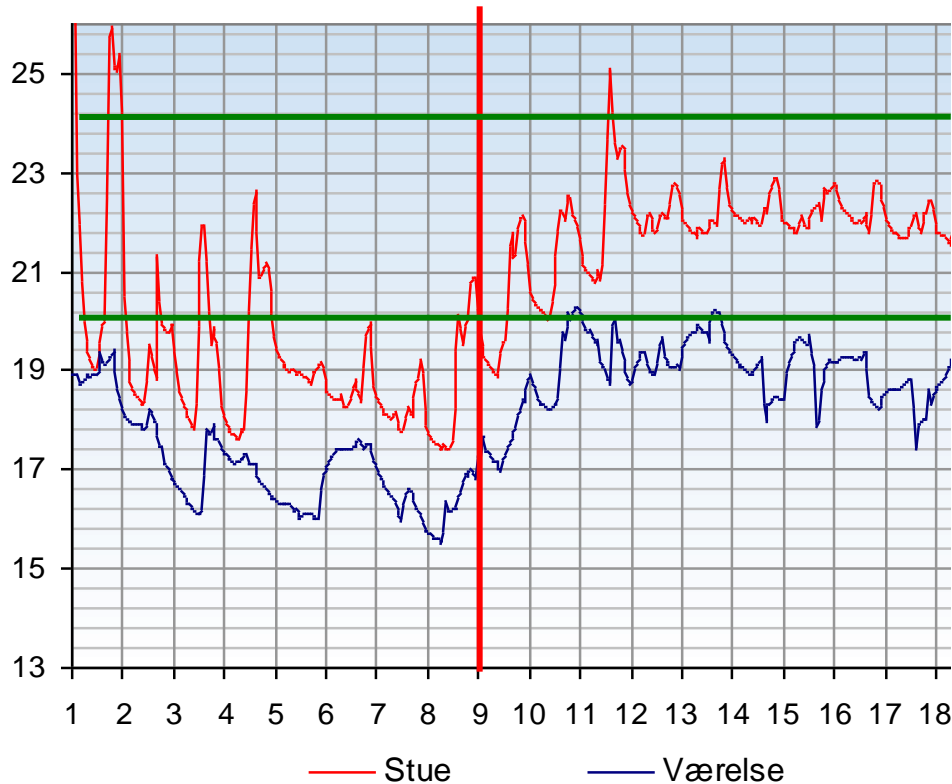
December 2009



Resultater

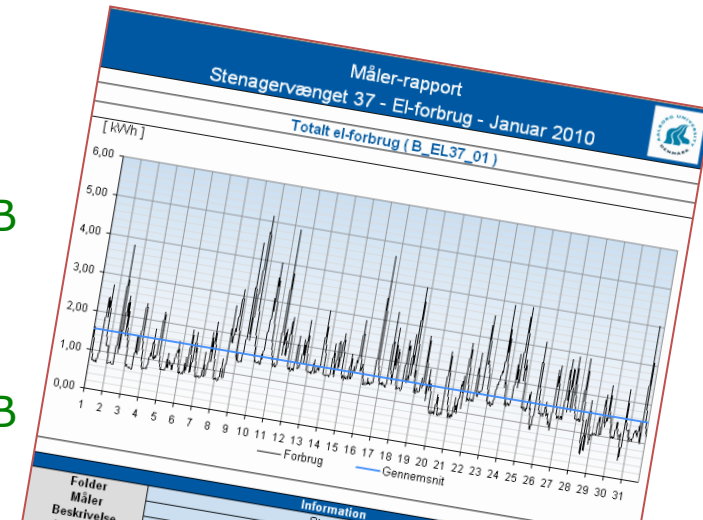
Januar 2010

Løsning blev midlertidig brug af en el-radiator – denne er senere udskiftet til vandbåren løsning



Kat. B

Kat. B



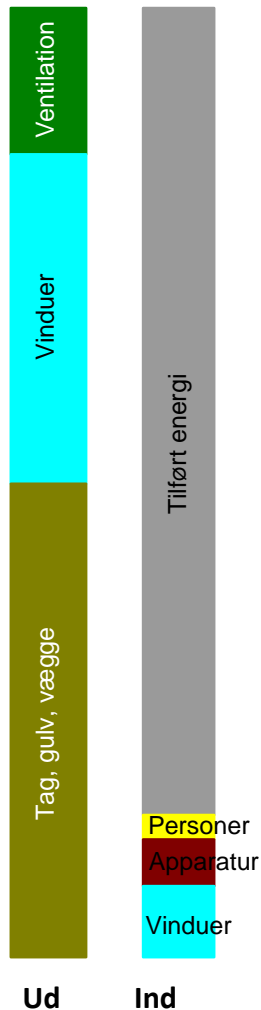
Tidspunkt	Periodedata		
	Månedens Forbrug [kWh]	Gns. Time Forbrug [kWh]	Min. Time Forbrug [kWh]
Tidspunkt	1.142,66	1.538	0,470
	Januar 2010		12:00



Mulig årsag

- Varmetab eller -tilskud afviger fra beregningsforudsætningerne

Almindelig bygning



Varmebalance:

$$\text{Varmetab} = \text{varmetilskud}$$



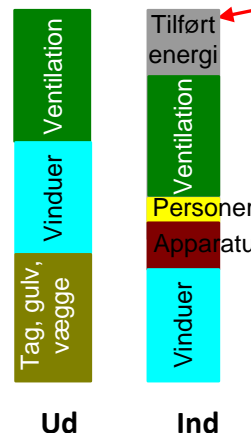
Et passiv hus forbedrer energideevnen ved at:

Mindske tabene:

Lav U-værdi for konstruktioner

Lav U-værdi for vinduer

Minimeret klimaskærm



Maks 15 kWh/m² år

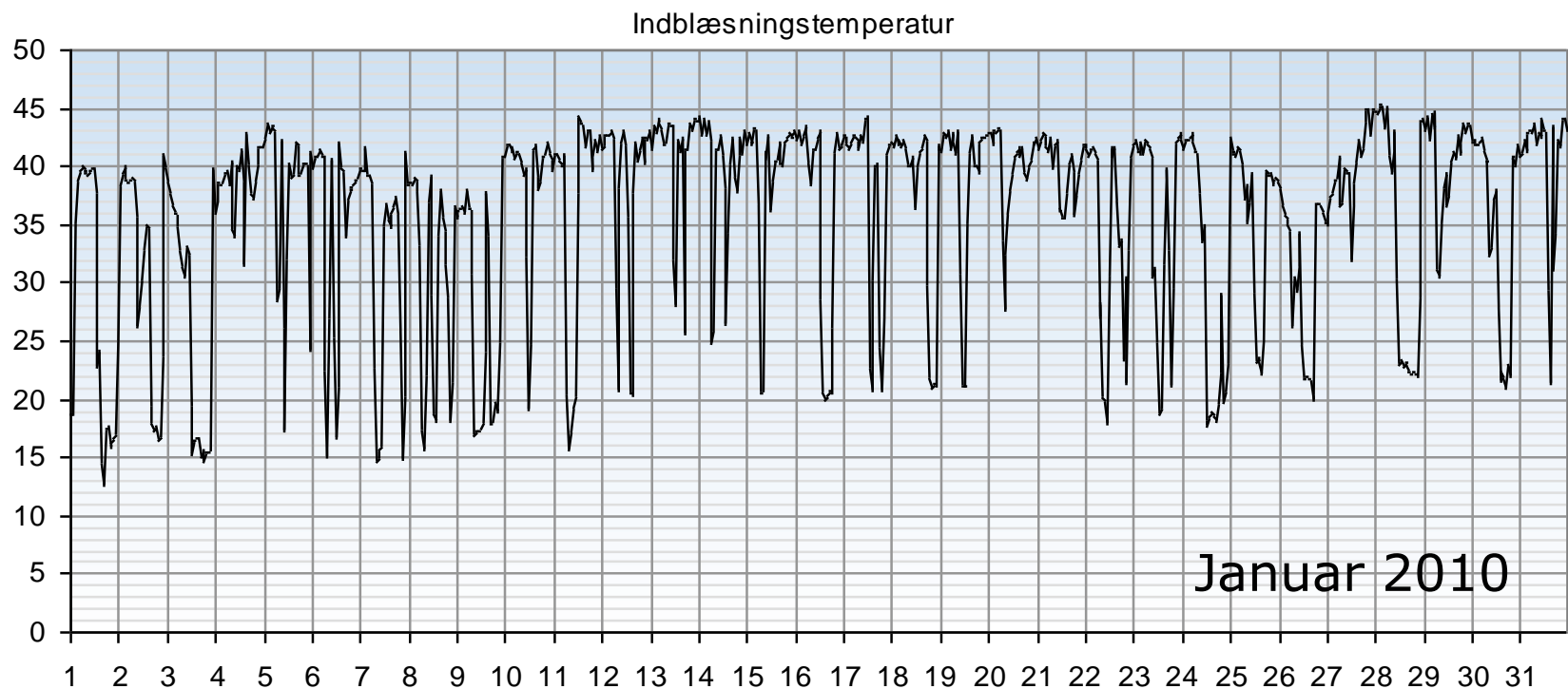
Øge tilskuddet:

Genindvinde 70-80% af ventilationstab

Optimal placering af vinduer

Mulig årsag?

- Utilstrækkelig indblæsnings-temperatur



Problemer i vinterperioden - 1

Kolde rum

- Afhjælpning:
 - Kontrol af varmetab fra alle rum
 - Brug af korrekt indblæsningstemperatur
 - Mulighed for tilførsel af varme direkte til alle rum (individuel rumregulering)
 - Tilstrækkeligt med varme til rådighed – gerne via overkapacitet i anlæg



Væsentligt at beregningsforudsætninger overholdes, da der ofte dimensioneres "lige til grænsen"



Problemer i vinterperioden - 2

Tør luft

- Afhjælpning:
 - Reduceret luftskifte kan afhjælpe dette – dog må det ikke ske på bekostning af luftkvaliteten og temperaturniveauet og samtidig skal andre parametre som fx radon og formaldehyd vurderes

Dårlig fordeling af varme mellem rum

- Afhjælpning:
 - Mulighed for tilførsel af varme direkte til alle rum (individuel rumregulering)
 - Kontrol af indeklima via dynamiske simuleringer



Brugeradfærd

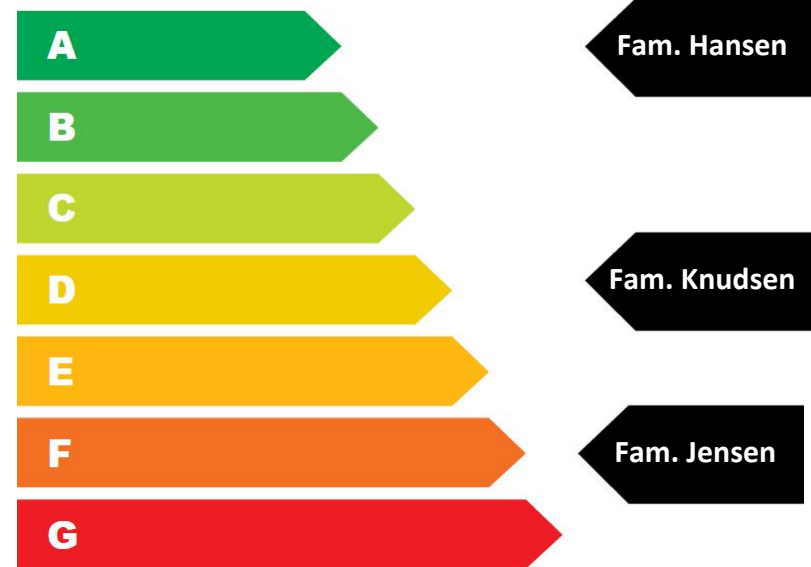


- Skal man have en bestemt adfærd for at kunne bo i et lavenergihus?
 - Er det OK at skulle tage en ekstra trøje på om vinteren for at kunne holde varme?
 - Er det OK at skulle planlægge hvornår tørretumbleren skal tændes for at kunne holde varmen?



Brugeradfærd

- Svaret er **NEJ!**
- Der skal være plads til alle typer og alle slags adfærd i et lavenergihus – ellers vil denne boligform aldrig blive en succes.





Hvad hjælper til succes?

- Nytænkning
- Øget samarbejde mellem forskellige fagområder
- Øget fokus på indeklima – på lige fod med fokus på energiforbruget
- Solafskærmning og naturlig ventilation (=gratis køling) - skal indtænkes fra projektets start
- Vinduer kan med fordel fordeles mere ligeligt. Pas på med det kraftige fokus på sydvendte vinduespartier!
- Nøjagtighed. Pas på med designkriterier og udførelse. Der designes ofte lige til grænsen
- Der skal være plads til alle beboertyper i et lavenergibyggeri



Nye muligheder...



- Vi er allerede langt!
- Det kræver øvelse at lære noget nyt!

