

Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene

Stenagervænget 12

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Daniels, Ole

Publication date:
2012

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. S., Jensen, R. L., & Daniels, O. (2012). *Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene: Stenagervænget 12*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 127

General rights

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

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

Take down policy

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

Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene - Stenagervænget 12

Tine Steen Larsen
Rasmus Lund Jensen
Ole Daniels



Måleprogram For
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sektion for Architectural Engineering

DCE Technical Report No. 127

Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene

- Stenagervænget 12

Tine Steen Larsen
Rasmus Lund Jensen
Ole Daniels

Januar 2012

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 127

Forord

Denne rapport beskriver måleprogram og resultater for Komforthuset beliggende Stenagervænget 12, Skibet, 7100 Vejle. Måleprogrammet er gennemført af Aalborg Universitet i en tre-årig periode med opstart 1. oktober 2008. Rapporten giver en gennemgang af resultaterne fra ovenstående bolig. Generelle resultater fundet for alle huse i projektet findes i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Desuden henvises til rapporten "Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri", som er udgivet fra Aalborg Universitet i januar 2011 (se referenceliste)

Aalborg Universitet, januar 2012
Tine Steen Larsen
Lektor

Indholdsfortegnelse

1.	Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima	9
1.1	Beboerprofil for Stenagervænget 12	9
2.	Krav til indeklima og energiforbrug	11
2.1	Termisk indeklima	11
2.2	Atmosfærisk indeklima	12
2.3	Dagslys	14
2.4	Akustisk indeklima	15
2.5	Vurderingskriterier oversigt	17
2.6	Energiforbrug	18
2.7	Overholdelse af passivhus-kriterierne	18
2.8	Overholdelse af passivhus-anbefalingerne	18
3.	Beskrivelse af huset	19
3.1	Husets varmekorsyning	20
3.2	Be06 / PHPP nøgletal	21
3.3	Problemer i huset	23
4.	Beskrivelse af målinger	25
4.1	Løbende målinger	25
4.2	Spotmålinger (registreres under enkelt dags besøg i huset)	28
4.3	Yderligere målinger/beregninger	28
5.	Resultater for indeklima-analyser	31
5.1	Termisk indeklima	31
5.2	Opsamling: Termisk indeklima	38
5.3	Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet	41
5.4	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet	48
5.5	Atmosfærisk indeklima - fugt	50
5.6	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt	58
5.7	Dagslysforhold	61
5.8	Akustisk indeklima	62
6.	Energiforbrug	65
6.1	Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand	65
6.2	Energiforbrug til rumopvarmning	65
6.3	Husets samlede energiforbrug til el	66
6.4	Overholdelse af passivhus-kriterierne	66
6.5	Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur	68
7.	Installationer	69
8.	Kildeliste	71
9.	Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering	73
9.1	Termisk indeklima	73
9.2	Atmosfærisk indeklima	73
9.3	Dagslys	74
9.4	Akustisk indeklima	75
10.	Bilag B – Termisk indeklima	79
10.1	Generel situation hele året	79
10.2	Sommersituation	82
10.3	Vintersituation	84
10.4	Forårssituation	86
10.5	Efterårssituation	88
11.	Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)	91
11.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251	91
11.2	Cirkeldiagrammer CR1752	95
12.	Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)	99
12.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251	99

12.2	Cirkeldiagrammer CR1752	106
13.	Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP.....	115

1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima

Da Komforthusene ikke som forventet blev solgt da måleprogrammet startede, er der i flere af husene også målt i perioder, hvor husene har stået ubeboede. Da flere af vurderingerne i projektet kræver beboere, har det derfor været nødvendigt for nogle af analyserne, at konstruere et kunstigt år ud fra de måneder, hvor der er beboere i husene. I de tilfælde, hvor det "kunstige år" er brugt, er dette nævnt i analysen.

1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 12

I den tid der er udført målinger i huset, har der boet to familier i de tidsrum som kan ses på Figur 1.1. På figuren er den første betragtede måned juni 2009, da huset tidligere end dette ikke har været beboet.

Måned	jan-09	feb-09	mar-09	apr-09	maj-09	juni-09	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09	jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	juni-10	jul-10	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10	jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	juni-11	jul-11	aug-11	sep-11
Beboet																																	

Figur 1.1: Beboerprofil for Stenagervænget 12 i tidsrummet, hvor måleprojektet har forløbet.

Den første familie bestod af to voksne og et barn, som boede i huset i næsten ét år. Den anden familie bestod også af to voksne og et barn, som flyttede ind juli 2010. Imellem disse to familier stod huset tomt i 3 måneder.

2. Krav til indeklima og energiforbrug

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklima ved brug af retningslinjerne opstillet i DS/EN 15251 (*Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*). I projektets oprindelige analyser fra 2008 blev der taget udgangspunkt i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet", men da de fleste i dag bruger DS/EN 15251, følger analyserne i denne rapport hovedsageligt sidstnævnte standard, men der er indsamlet inspiration til vurderingerne fra flere forskellige kilder til, hvordan måleresultater kan vurderes, hvilket fremgår af de følgende afsnit. Det oprindelige udkast til vurdering af indeklima er vedlagt som bilag A.

Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori II som minimum være opfyldt. Denne kategori svarer til et normalt forventningsniveau og bør bruges i alle nye byggerier og renoveringer [DS/EN 15251, 2007] Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN 15251 er gennemgået i afsnit 2.1 og 2.2. Krav til dagslys faktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 2.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklima tager udgangspunkt i DS490, *Lydklassifikation af boliger* og gennemgås i afsnit 2.4.

Ved vurdering af energiforbruget i de enkelte bygninger vil dette både blive vurderet ift forskellige typer af forbrug og ift en opfyldelse af passivhus-kriterierne og passivhus-anbefalingerne. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6-2.8.

2.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 2.1 temperaturintervaller for både kategori I, II og III, som måledata vil blive holdt op imod.

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			I	II	III
Operativ temperatur	[°C]	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

Tabel 2.1. Krav til temperatur for hhv. kategori I, II og III. [DS/EN 15251, 2007]

Da projektet startede i 2008, var der i bygningsreglementet ingen specifikke krav til det termiske indeklima, men der stod under stk. 6.2.1, stk. 1 at:

"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene." [Br08]

I bygningsreglementet 2010 er der for lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 defineret krav om, at det termiske indeklima skal

dokumenteres i kritiske rum. Her må temperaturen maksimalt overstige 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer pr. år.

2.1.1 Kriterier for overholdelse af kategori

I DS/EN 15251 er en metode, til vurdering af hvornår en komfortklasse er overholdt, præsenteret. I *Annex G – Anbefalede kriterier for acceptable afvigelser*, er det anbefalet at benytte 3 eller 5 % som maksimal afvigelse, hvilket på månedsbasis vil svare til 22 og 36 timer og på årsbasis til 259 og 432 timer. Det vælges i projektet at benytte dette kriterium som vurderingsparameter for om kategori II er overholdt. [DS/EN 15251, 2007].

På månedsbasis vurderes desuden ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

Vurdering af Passivhus-anbefaling for overtemperatur

Passivhusinstituttet anbefaler, at der maks. 10% af tiden forekommer temperaturer over 25°C. Denne anbefaling vil blive kontrolleret for hver måned samt på årsbasis.

Vurdering af overtemperatur ift danske BR-10 krav til lavenergibyggeri

I forbindelse med overtemperatur evalueres der i forhold til de maksimalt 100 timer over 26 °C og 25 timer over 27 °C i kritiske rum. Denne undersøgelse passer med de termisk opstillede krav efter kategori II, hvor komforttemperaturen går fra 23 til 26 °C med sommerbeklædning.

Vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning

For at vurdere, om der er problemer med utilstrækkelig opvarmning, er der til dette projekt opstillet følgende krav med inspiration fra overtemperaturkravene fra BR10 til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. De 100 og 25 timer benyttes ligeså, men ved temperaturer under henholdsvis 20 °C og 19 °C. Disse krav passer i forhold til vinterbeklædning i kategori II.

2.2 Atmosfærisk indeklima

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance. I bygningsreglementet er der ikke stillet nogle direkte krav til atmosfærisk komfort, men der stilles dog krav til en minimums ventilationsmængde i boliger [BR10, 2011].

Kriterier for både CO₂ og relativ luftfugtighed vurderes i projektet i forhold til kategori II fra DS/EN 15251. Desuden vurderes om setpunktsværdierne har været overskredet i mere end ét sammenhængende døgn. Har dette været tilfældet opfyldes kravene for atmosfærisk komfort ikke. Undersøgelsen af

om forskellige niveauer har været overskredet bliver lavet på månedsbasis, hvorimod kravet til kategori II både undersøges på måneds- og årsbasis.

2.2.1 CO₂

Der findes i dag ikke danske anbefalinger for CO₂ niveau i boliger, og resultaterne fra dette projekt vil derfor udelukkende blive evalueret i forhold til et givent niveau over ude-koncentrationen for DS/EN 15251, hvor kategori II skal overholdes.

Vurdering af CO₂ iht DS/EN 15251

Der er i DS/EN 15251 beskrevet fire klasser, hvor klasse II er sat til 500 ppm over udekonzentrationen. [DS/EN 15251, 2007]. Dette vurderingskriterium medtages i undersøgelsen. Alle fire klasser kan ses i tabellen herunder.

Kategori	CO ₂ værdi over udekonzentration
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Tabel 2.2: Anbefalede CO₂ værdier fra DS/EN 15251.

Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af CO₂-niveauet i boligen vurderes desuden antallet af perioder, hvor CO₂-niveauet i 8 sammenhængende timer overskrider kategori II. De 8 timer er valgt, da det indenfor en relativt kort periode bør være muligt at opnå et lavt niveau igen efter længere tids belastning (fx om morgenen når soveværelset forlades).

2.2.2 Relativ luftfugtighed (RF)

På samme måde som for evaluering af CO₂-niveauet benyttes DS/EN 15251 til vurdering af den relative luftfugtighed, hvor kategori II skal overholdes.

Vurdering af relativ luftfugtighed iht DS/EN 15251

I DS/EN 15251 optræder også fire kategorier for fugt. Overholdelse af disse kategorier medtages i undersøgelsen. Kategorier er vist i tabellen herunder.

Kategori	Relativ luftfugtighedsværdier
I	30-50 %
II	25-60 %
III	20-70 %
IV	<20 og >70 %

Tabel 2.3: Anbefalede relativ luftfugtighedsværdier fra DS/EN 15251.

Kontrol af RF<45%

RF<45% vurderes, da det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%. Ved denne undersøgelse søges efter, om der i boligen har været en sammenhængende måned hvor RF<45%. Tilladelig afvigelse er 10 timer i løbet af perioden.

Kontrol af RF>75%

RF>75% vurderes, da der her er risiko for problemer i konstruktionerne. Der tillades RF>75% i højst 1% af tiden. [SBI224]

Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af RF vurderes desuden antallet af perioder, hvor RF i 24 sammenhængende timer overskrider kategori II.

2.2.3 Ventilation

I analysen af atmosfærisk komfort vil ventilationsmængden blive sammenholdt med både CO₂ og relativ luftfugtighed, for at bestemme om der i boligen er en sammenhæng imellem de forskellige trin ventilationsanlægget kører på og eventuelle afvigelser på vurderingskriterierne for CO₂ og relativ luftfugtighed. Ved at analysere grafer med disse værdier vurderes det om ventilationsmængden er tilstrækkelig samt hvorvidt det er muligt at nedjustere luftskiftet fra 0,5 h⁻¹, som er gældende i dag (=0,35 l/s pr m² opvarmet etageareal).

2.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	(6.5.1, STK. 1) Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet. Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	(6.5.2, STK. 1) I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsareal med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en **dagslysfaktor på 2%** også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås **hele vejen ind gennem rummet** og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

Metode til bestemmelse af dagslysfaktor er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*

2.4 Akustisk indeklime

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklime* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	(6.4.2, STK. 1 - STK. 4) Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klubeligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning. Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange. Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

Lydkrav

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

4.2

Lydklasse B

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

4.3

Lydklasse C

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

Fremgangsmåden for målingerne af støj og efterklangstider er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

2.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område, $L_{pA,LF}$, ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 2.4.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 2.4. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

2.4.2 Krav til efterklangstider

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 2.5. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A <i>T</i> i s	Klasse B <i>T</i> i s	Klasse C <i>T</i> i s	Klasse D <i>T</i> i s
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 2.5. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

2.5 Vurderingskriterier oversigt

Nedenstående tabel giver et samlet overblik over de parametre der vurderes i forbindelse med indeklimaet i Komforthusene.

		Maks. afvigelse	
	Kriterium	Måned	År
Termisk			
Generel vurdering	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
Overtemperatur	25 °C	10 %	10 %
	26 °C	100 h	100 h
	27 °C	25 h	25 h
Undertemperatur	20 °C	100 h	100 h
	19 °C	25 h	25 h
Atmosfærisk			
CO ₂	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	8 h i træk	-
Relativ fugtighed	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	24 h i træk	-
	70%<φ<30%	24 h i træk	-
	φ<45%	1 måned i træk på nær 10 timer	-
	φ>75%	1 %	-
Dagslysfaktor	2 % ved bagmur	-	-
Akustik			-
Efterklang	Kat B	-	-
Tekniske installationer	Kat B	-	-

Tabel 2.6: Oversigt over vurderingskriterier for indeklima.

2.6 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug genereres en rapport med data for energi brugt til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug således, at fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug. En oversigt over målte forbrug ses i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

I Stenagervænget 12 skal følgende el-forbrug fratrækkes: 16,7W

2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om husene overholder passivhus-kriterierne vil de nødvendige data for energiforbrug til rumopvarmning og det primære energiforbrug, dvs det totale el-forbrug, blive medtaget i separat datarapport på måneds- og årsbasis. Her skal det kontrolleres, om målingerne i husene viser en overensstemmelse med de beregnede værdier fundet i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7.

Varmebehov	15 kWh/m ² pr år
Primært Energibehov	120 kWh/m ² pr år
Lufttæthed	0,6 h ⁻¹ v. ΔP = 50 Pa

Tabel 2.7. Passivhus-kriterierne. [PHPP2007]

Kontrol af om lufttætheden er opnået, foretages via rapporten udleveret efter blowerdoor-test af husene.

2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne

Udover kontrol af passivhus-kriterierne, som skal overholdes for at kunne blive certificeret som passivhus, undersøges det, om passivhus-anbefalingerne er overholdt i projektet. Også her oprettes der en rapport med de målte data, som sammenholdes med de opstillede anbefalinger. Anbefalingerne kan ses i Tabel 2.8.

Varmelast	maks 10 W/m ²
Overtemperatur	maks 10 % (t<25°C)
Vinduers U-værdi	maks 0,80 W/m ² K

Tabel 2.8. Passivhus-anbefalingerne. [PHPP2007]

Antallet af timer med overtemperatur tælles månedsvis, og vil blive udregnet både på månedsbasis og på årsbasis. Ifølge PHPP skal overtemperatur-timer tælles, når temperaturen er over 25°C. Endeligt vil vinduernes U-værdier blive kontrolleret i PHPP-beregningen for hvert enkelt hus.

3. Beskrivelse af huset

I dette kapitel findes opbygning af huset på Stenagervænget 12 samt en beskrivelse af, hvor i huset der måles. På Figur 3.1 er et billede af huset fra syd/øst vist, hvor hoveddøren til huset og det store vinduesparti mod syd er synlig. På Figur 3.2 er huset vist fra nord. Disse billeder er taget umiddelbart efter færdiggørelsen af husene. Huset er udformet i ét plan.



Figur 3.1: Stenagervænget 12 fra syd/øst.

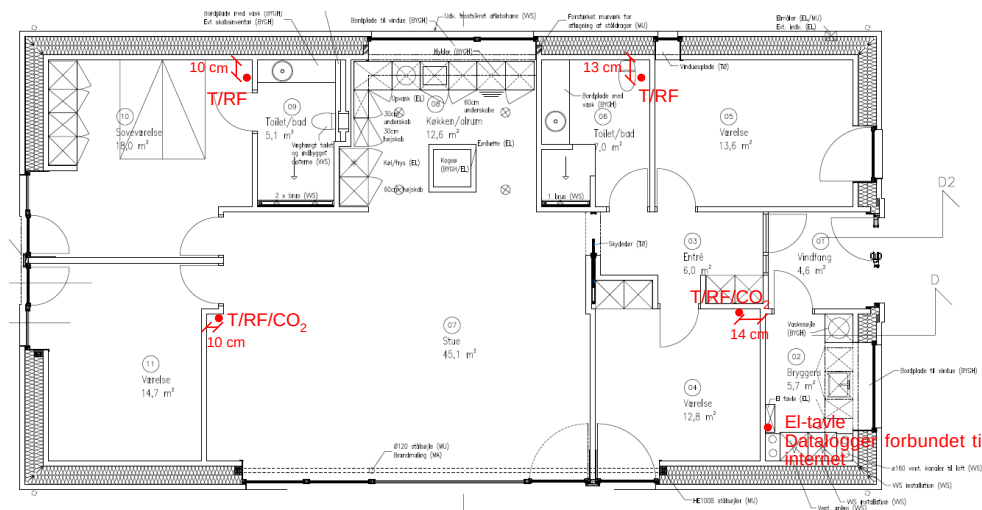


Figur 3.2: Stenagervænget 12 fra nord.

Vinduespartiet mod syd er placeret i husets stue og et enkelt vindue fra partiet indgår i værelset ved siden af. Konstruktionen er lavet så der er udhæng hele vejen rundt om huset, som er med til at afskærme fra solen. Placeringen af vinduer viser, at det største vinduesareal er mod syd, dernæst vest, øst og det mindste areal er vendt mod nord.

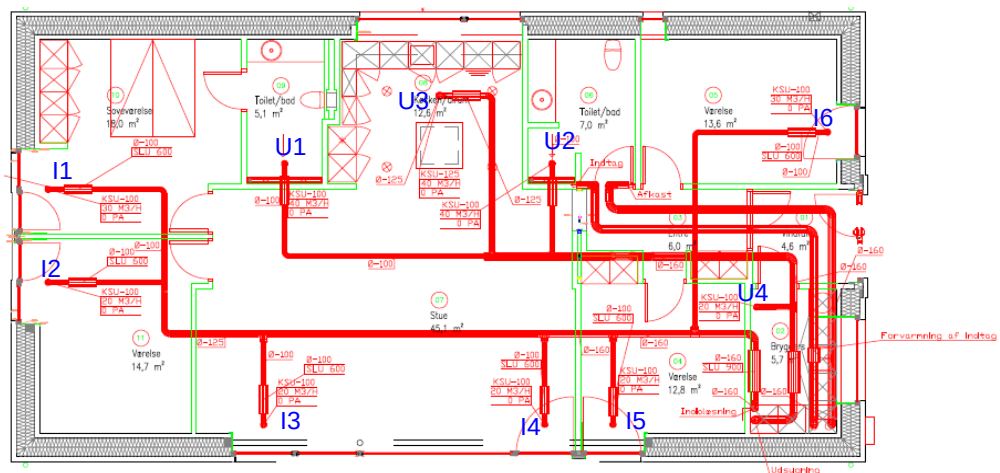
Nedenstående tegninger viser husets indretning, ventilationssystem samt placering af teknikrum. Der er i huset ikke forberedt el til CO₂-målere,

hvorfor disse skal forbindes til almindelige stikkontakter. Placering af målere til indeklimate-målinger ses på Figur 3.3. Internetstik er placeret i bryggers.



Figur 3.3: Grundplan for Stenagervænget 12. Placering af indeklimate-følere.

Placering af ventilationskanaler er angivet på Figur 3.4. Desuden ses på denne tegning også nummereringen af indblæsnings- og udsugningsåbninger brugt i forbindelse med registrering af luftskifte i huset.

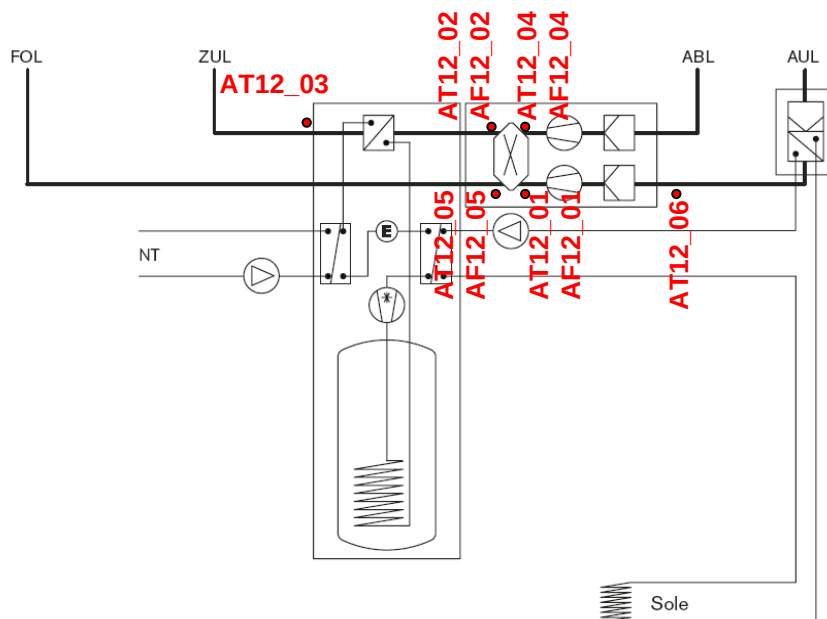


Figur 3.4. Placering af ventilationskanaler samt nummerering af henholdsvis indblæsning og udsugning.

Udover disse beskrevne målinger, måles der på elforbruget for hårde hvidevarer, belysning og andet forbrug samt en totalmåling af elforbruget. Endvidere måles energien brugt til varmt brugsvand. Detaljeret beskrivelse af målinger forefindes i kapitel 4.

3.1 Husets varmforsyning

I huset er der installeret et Drexel & Weiss XLS jordvarmeanlæg, som illustreret i Figur 3.5. Ventilatorerne i anlægget styres trinvis og kan indstilles på 2 forskellige trin. Skift mellem de to trin styres ved manuel tryk på display placeret i stuen.



Figur 3.5. Placering af målepunkter i kompaktanlægget.

3.2 Be06 / PHPP nøgletal

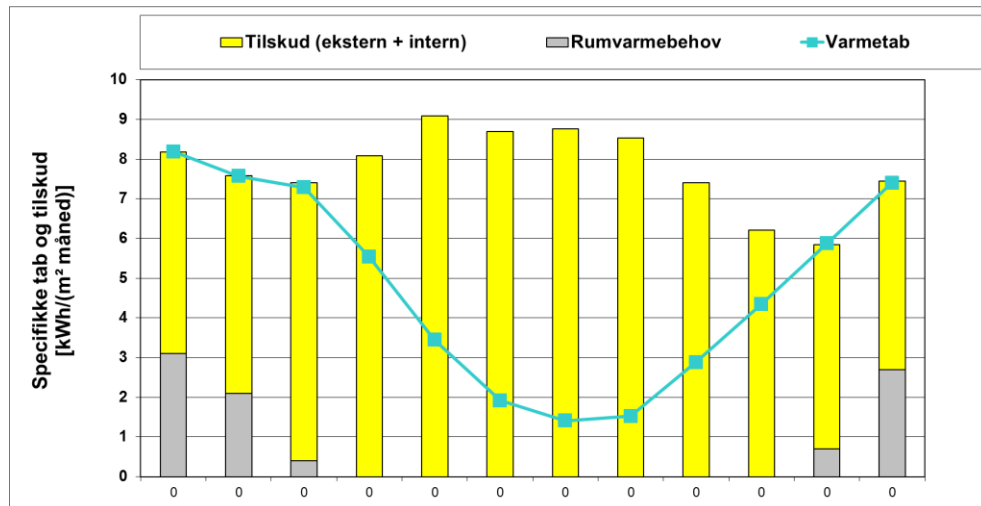
I dette afsnit vil resultaterne fra både Be06 og PHPP energirammeberegninger blive præsenteret. Da huset er opført efter passivhus standarden (PHPP), skal denne beregning af energiramme overholdes for at huset kan certificeres. Endvidere skulle det danske bygningsreglement overholdes for at huset kunne opføres.

Først er resultatet af Be06 beregningen og nøgletal derfra vist herunder på Figur 3.6 og en varmebalance fra beregningen på Figur 3.7.

Nøgletal, kWh/m ² år	
Energiramme	
BR: 86,3	Klasse 2: 59,0 Klasse 1: 41,2
Samlet energibehov	25,9
Bidrag til energibehovet	
Varme	0,0
El til bygningsdrift	10,3 *2,5
Overtemp. i rum	0,0
Netto behov	
Rumopvarmning	8,9
Varmt brugsvand	16,8
Køling	0,0
Udvalgte elbehov	
Belysning	0,0
Opvarmning af rum	0,0
Opvarmning af vbv	-0,0
Varmepumpe	6,7
Ventilatorer	3,5
Pumper	0,2
Køling	0,0
Totalt elforbrug	41,0
Varmetab fra installationer	
Rumopvarmning	0,0
Varmt brugsvand	3,6
Ydelse fra særlige kilder	
Solvarme	0,0
Varmepumpe	25,7
Solceller	0,0

Figur 3.6: Be06 nøgletal.

Som det fremgår af figuren (screenshot af Be06 nøgletal), overholder huset lavenergiklasse 1 med en stor margin. Det er synligt at huset får alt energi fra el til bygningsdrift, hvilket i dette tilfælde vil sige varmepumpe og ventilationsanlæg. Endvidere bemærkes det, at opvarmningsbehovet for huset er markant mindre end den mængde energi der skal bruges til varmt brugsvand. Det lave opvarmningsbehov er også illustreret på Figur 3.7, hvor varmebalancen er vist.



Figur 3.7: Varmebalance fra Be06 beregning.

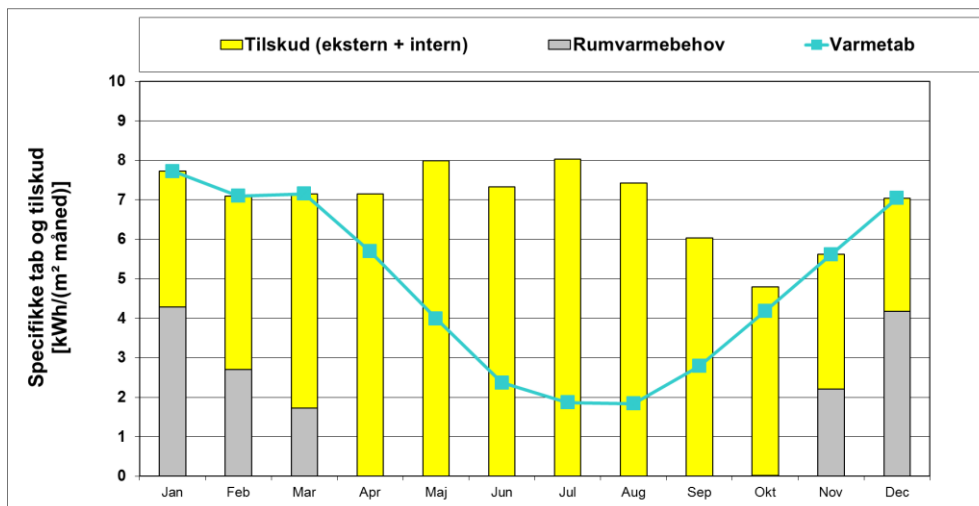
Tilskuddet til huset overstiger i de fleste måneder varmetabet, hvilket indikerer, at opvarmningssæsonen her er januar, februar, marts, november og december.

Herunder er nøgletal for PHPP-beregningen vist på Figur 3.8 og en varmebalance fra programmet er vist på Figur 3.9.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area				
Treated Floor Area:		144,9	m ²	
Applied:	Monthly Method	PH Certificate:		Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	15 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)		Yes
Pressurization Test Result:	0,6 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹		Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	91 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)		Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	35 kWh/(m ² a)			
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	kWh/(m ² a)			
Heating Load:	12 W/m ²			
Frequency of Overheating:	6 %	over 25 °C		
Specific Useful Cooling Energy Demand:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)		
Cooling Load:	12 W/m ²			

Figur 3.8: PHPP nøgletal.

Kravene for passivhus-standarden er overholdt. Energi til opvarmning er holdt under 15 kWh/m² år og den primære energi under 120 kWh/m². Utætheden på bygningen er under 0,6 h⁻¹ og overtemperaturstimer er over 25 °C i under 10 % af tiden.



Figur 3.9: Varmebalance fra PHPP beregning.

Varmebalancen fra PHPP-beregningen viser de samme tendenser som Be06 beregningen med varmetab og tilskud til bygningen. PHPP viser dog et mindre varmetab og tilskud, mens et større rumvarmebehov er tilfældet.

3.3 Problemer i huset

Første hold beboere, var ikke informeret om at de selv skulle skifte manuelt mellem sommer og vinter indstilling på varmegenvinding. Det blev de instrueret om, og der ligger en vejledning som næste hold beboere har brugt. Derefter har det fungeret fint.

4. Beskrivelse af målinger

Ved udarbejdelsen af måleprogrammet er der skelnet mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, som er målinger af dagslys, akustik og ventilationsmængder, der foretages under enkelte besøg i huset.

4.1 Løbende målinger

De løbende målinger er målinger af energiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, el-forbrug samt indeklimate målinger. Måleusikkerheder for udstyret gennemgås i projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Dette afsnit gennemgår i detaljer hvilke parametre der måles for Stenagervænget 12.

4.1.1 Måling af indeklimate

Registrering af indeklimate foregår med trådløse følere. Dog skal CO₂-målere forsynes med strøm. Placering af disse er angivet på plantegning. Følgende registreres løbende i den tre-årige måleperiode:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Termisk og atmosfærisk indeklimate:				
Det termiske indeklimate omfatter temperaturfordelingen i huset. Det atmosfæriske indeklimate omfatter luftkvaliteten i huset	IT12_01: Temperaturmåling IF12_01: Måling af relativ fugtighed IC12_01: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter nr. T-9287	Køkken/alrum 08	AAU
	IT12_02: Temperaturmåling IF12_02: Måling af relativ fugtighed IC12_02: CO ₂ -måling	Eltek GD-47EE, RH/T/Co2, 0-5000ppm Transmitter nr. T-9274	Værelse 05	AAU
	IT12_04: Temperaturmåling IF12_04: Måling af relativ fugtighed	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter nr. T-9043	Baderum 09	AAU
	IT12_05: Temperaturmåling IF12_05: Måling af relativ fugtighed	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter nr. T-9044	Soveværelse 10	AAU

4.1.2 Målinger af energiforbrug

I forbindelse med registrering af energiforbruget i huset samt vurdering af COP og vekslereffektivitet skal følgende målinger foretages i kompaktaggregatet:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Varmepumpe				
Varmepumpen opvarmer varmtvandsbeholderen og leverer varme til gulvkreds. Desuden bruges kølevæsken til forvarmning af ventilations-luft ved indtag på loft.	EL12_13: El-forbrug til kompressor EL12_14: Elforbrug til pumpe på jordkreds	Bi-måler Bi-måler	Elskab Elskab	TRE-FOR TRE-FOR
Rumopvarmning/ventilation				
Rummene opvarmes af gulvvarme samt delvis ventilationsluft. Huset er projekteret med 800 W til luften og ca. 2000 W til gulvkreds. Gulvvarme og eftervarmefflade frakobles i sommerperioden ud fra følermåling i stue. Frakobling vil blive registreret via el-forbruget på pumpe til gulvkreds, som stopper ved frakoblingen.	EN12_03: Energi leveret til gulvvarme, dvs. flow i gulvslanger (EN12_03Qv) samt temperatur-forskel over frem- og returløb (EN12_03T) B EN12_12: Leveret varme fra eftervarmeffladen, som er tilkoblet varmtvands-beholderen. Dette registreres som temperatur lige før (AT12_02) og efter (AT12_03) varmeffladen samt registrering af ventilationsflow (B_AL12_01). Der måles følgende temperaturer i aggregat: AT12_01: Indblæsning inden veksler AT12_02: Indblæsning efter veksler AT12_03: Indblæsning efter varmefflade AT12_04: Udsugning inden veksler AT12_05: Udsugning efter veksler AT12_06: Indblæsning inden indgang til aggregat Der måles følgende fugtindhold i	- Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow = 350 l/h, $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ <i>Beregningsmæssig punkt.</i> Temperaturfølere	På gulvvarmekreds OEMS Se tegning med aggregat Se tegning med aggregat	TRE-FOR AAU AAU

	aggregat: AF12_01: Indblæsning inden veksler AF12_02: Indblæsning efter veksler AF12_04: Udsugning inden veksler AF12_05: Udsugning efter veksler EL12_08: El-forbrug ventilatorer B_AL12_01: Luftmængde, dim. værdi=130 m ³ /h=0,33h ⁻¹ EL12_06: El-forbrug til cirkulationspump e på gulvvarme AC12_01: CO ₂ -niveau i udsugningsluft	Bi-måler Beregnes via registrering af ventilator-trin (AL12_02) Bi-måler ???	Elskab OEMS Elskab Se tegning med aggregat	TRE-FOR TRE-FOR TRE-FOR AAU
Varmt brugsvand				
Varmt brugsvand tappes fra varmtvandsbeholderen. Energiforbrug måles efter beholderen således, at varmetabet fra beholderen indgår i den endelige COP-værdi.	EN12_01: Leveret varme fra varmespiral i beholder. Dette registreres via aftappet vand fra beholder. Der måles leveret vandmængde (EN12_01Qv) og temperaturdiffere ns på koldt vand (EN12_01Tk) leveret til beholderen og varmt vand (EN12_01Tv) tappet fra beholderen	- Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow =0,3 l/s = 1080 l/h $\Delta T = 55^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{C}$	På varmt brugsvand	TRE-FOR

Desuden skal følgende energimålinger foretages:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
El-forbrug				
For at kunne vurdere husets samlede forbrug af primær energi er det nødvendigt også at registrere el-forbruget i husholdningen.	EL12_02: El-forbrug hårdehvidevarer EL12_01: Totalt el-forbrug B_EL12_03: El-forbrug belysning/andet	Bi-måler Hovedmåler B_EL12_03 = EL12_01- (EL12_02+sum(EL12_04:EL12_15)) – skønnet forbrug for måleudstyr	Elskab Elskab	TRE-FOR Bygherre
Forvarmning af indblæsningsluft				

Indblæsningsluft en forvarmes via varme fra jordkreds som passerer indtagsluften på loftet.	B_EN12_11: Forvarmningen registreres via ventilationsmængde (AL12_01), udeluftens temperatur (UD00_01) og temperaturen inden indgang til aggregat (AT12_06)	Beregningsmæssigt punkt.	OEMS	TRE-FOR
---	---	--------------------------	------	---------

4.1.3 Beregning af nøgletal

Ud fra de opsamlede data vil der blive foretaget en vurdering af COP for anlægget samlet set/varmepumper alt efter mulighederne i huset (afhænger af placering af målepunkter), ventilationsanlægget SEL-værdi samt vekslerens effektivitet.

4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)

Spotmålingerne foretages under en række besøg i huset i løbet af måleperioden, hvor bl.a. dagslys samt støj og akustik registreres.

4.2.1 Bestemmelse af dagslysfaktorer

Dagslysmålinger foretages iht vejledningen givet i *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*. Målingerne vil blive foretaget i centrale rum i et vandret plan fra vinduet og ind i rummet i en højde på 0,85 m over gulvet. Der foretages samtidige målinger af belysningsstyrken indendørs og udendørs for at kunne beregne dagslysfaktoren så nøjagtigt som muligt.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

4.2.2 Måling af efterklangstider og støj fra tekniske installationer

Målinger af efterklangstider samt støj fra ventilationsanlæg foretages i husets stue eller køkken/alrum. Disse udføres iht vejledningen givet i *DS 490, Lydklassifikation af boliger* samt ud fra måle-anvisningerne givet i *Støjfri ventilationsanlæg* af Carl Erik Hyldgård.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

4.2.3 Måling af luftmængder

Måling af luftmængder i husene er målt ved anlæggets forskellig trin, i de tilfælde ventilatoren kører med forskellige trin. Resultatet af disse målinger kobles sammen med målinger af strømforbrug fra ventilatoren (foretages som løbende måling) for at fastlægge husets aktuelle luftskifte.

4.3 Yderligere målinger/beregninger

Der foretages kontrol af alle følere, instrumenter og tilslutninger.

Husenes tæthed skal måles, evt. når tæthedsmembranen er færdiggjort og når huset er indflytningsklart. Dette foretages af konsortiet via en blowerdoor-test. Resultatet herfra oplyses til Aalborg Universitet til brug ved vurdering af husets samlede energiforbrug og indeklima.

Udeklima registreres løbende via lokal vejrstation samt DMI-data fra Billund. Her registreres udetemperatur, vindhastighed og –retning samt solindfald.

5. Resultater for indeklima-analyser

I huset vil der være flest opholdstimer i køkken/alrum, hvorfor der vil blive lagt mest fokus på dette målepunkt i analysen.

5.1 Termisk indeklima

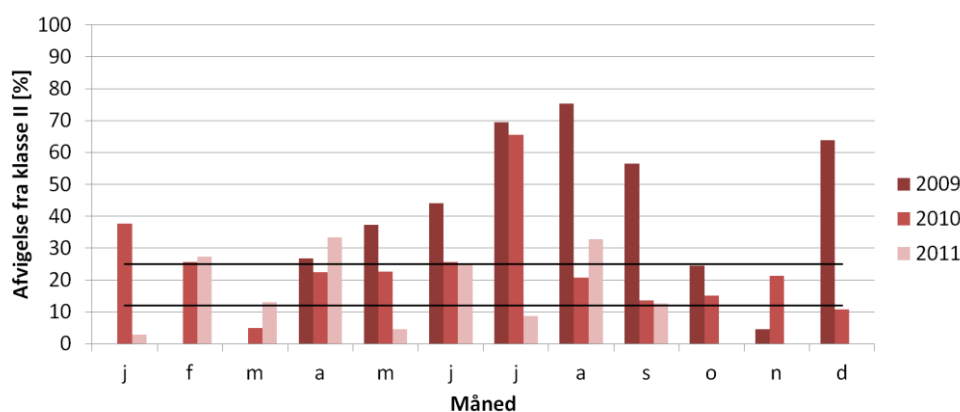
I afsnit 2.1 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det termiske indeklima. Med et aktivitetsniveau på 1,2 met, er kategori I, II og III defineret og det er som standard defineret i projektet at kategori II skal overholdes. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for termisk indeklima findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.2.

5.1.1 DS/EN 15251– overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.1 til Tabel 5.4. Ved valg af beklædning er der sommer brugt sommerbeklædning (0,5 clo) og vinter brugt vinterbeklædning (1,0 clo) til at vurdere den termiske komfort. Forår og efterår er der regnet med variabel beklædning således, at der i disse perioder vælges komfortinterval ud fra det interval der giver mindst timer underfor kategori 2. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.5. Denne opgørelse er også foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag B – Termisk indeklima"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	27	37	44	69	75	57	25	5	64
2010	38	26	5	23	23	26	66	21	14	15	21	11
2011	3	27	13	33	5	25	9	33	13	-	-	-

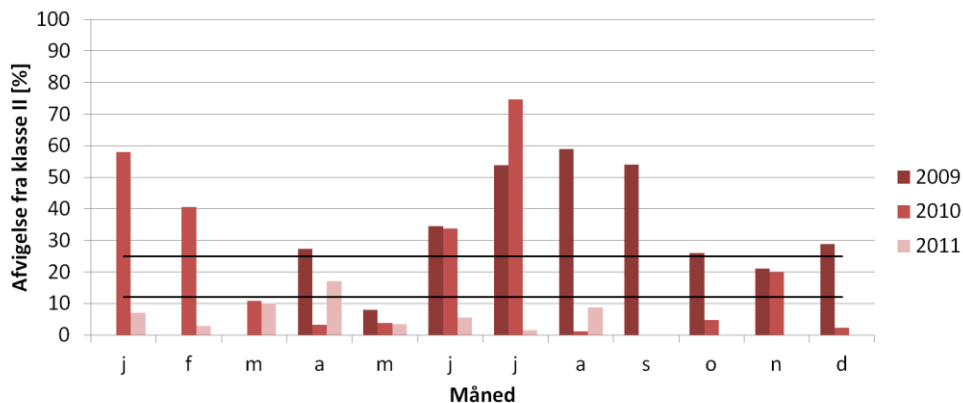
Tabel 5.1: Afbigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.1: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	27	8	35	54	59	54	26	21	29
2010	58	41	11	3	4	34	75	1	0	5	20	2
2011	7	3	10	17	3	6	2	9	0	-	-	-

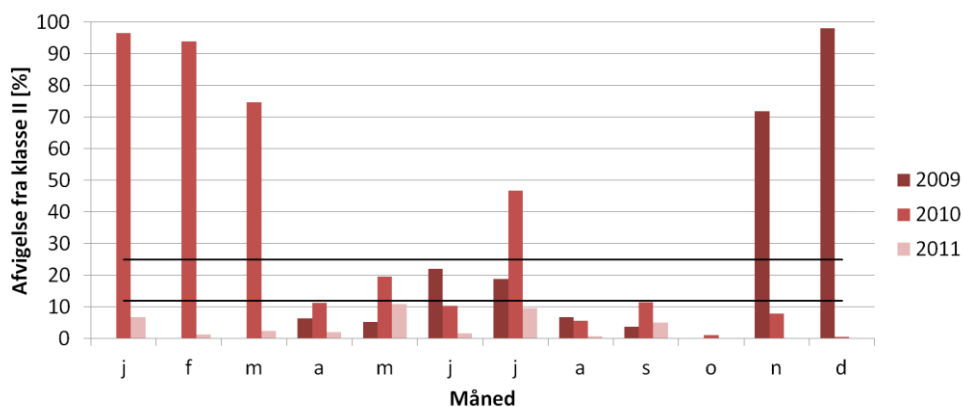
Tabel 5.2: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.2: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	6	5	22	19	7	4	0	72	98
2010	97	94	75	11	20	10	47	6	12	1	8	1
2011	7	1	2	2	11	2	10	1	5	-	-	-

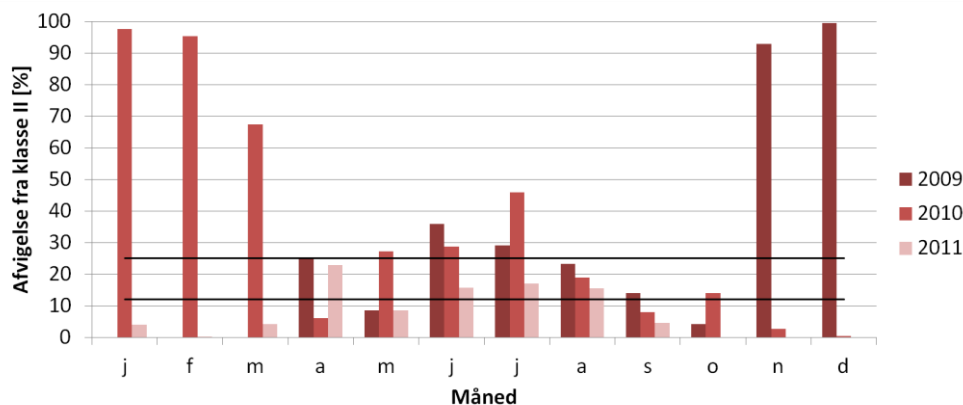
Tabel 5.3: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.3: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	25	8	36	29	23	14	4	93	99
2010	98	95	67	6	27	29	46	19	8	14	3	1
2011	4	0	4	23	8	16	17	15	5	-	-	-

Tabel 5.4: Afvigelse i procent fra kategori II for soveværelse.



Figur 5.4: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for soveværelse.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	31	15	8
Værelse	23	16	1
Baderum	20	28	0
Soveværelse	26	27	1

Tabel 5.5: Samlet årsoversigt over afvigelse i procent fra kategori II for alle rum. Vurdering er foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C

5.1.2 PHPP, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Sammenligning med passivhusanbefalingen, krav til lavenergiklasse 2015/bygningsklasse 2020 samt vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning foretages i Tabel 5.6 til Tabel 5.9 på månedsniveau. Tabel 5.10 indeholder en oversigt på årsniveau. Bemærk af temperaturer > 25°C angives i %. De øvrige vurderinger angives i h.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	36
	<20 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	1	33	475
	>25 [%]	-	-	-	49	78	70	100	99	88	17	0
	>26 [h]	-	-	-	106	278	317	517	560	407	35	0
	>27 [h]	-	-	-	4	64	215	230	211	176	4	0
2010	<19 [h]	63	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	<20 [h]	280	168	29	0	0	0	0	0	1	0	3
	>25 [%]	0	0	1	6	8	28	82	62	45	14	3
	>26 [h]	0	0	0	3	6	91	483	154	93	29	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	18	338	20	12	4	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	4	4	16	19	44	55	46	69	57	-	-
	>26 [h]	2	6	30	30	33	181	65	244	92	-	-
	>27 [h]	0	0	10	0	0	25	17	24	9	-	-

Tabel 5.6: Over- og undertemperaturstimer for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	1	151	215
	>25 [%]	-	-	-	2	41	54	96	96	80	3	0
	>26 [h]	-	-	-	0	59	249	401	438	389	0	0
	>27 [h]	-	-	-	0	0	95	150	89	38	0	0
2010	<19 [h]	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	<20 [h]	432	273	81	0	0	0	0	0	1	0	3
	>25 [%]	0	0	0	0	0	11	85	56	15	1	2
	>26 [h]	0	0	0	0	0	14	556	9	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	365	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	2	37	25	45	7	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	40	12	65	0	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.7: Over- og undertemperaturstimer for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	1	21	95
	<20 [h]	-	-	-	34	0	0	0	0	1	518	730
	>25 [%]	-	-	-	0	8	35	52	54	32	0	0
	>26 [h]	-	-	-	0	0	111	140	50	1	0	0
	>27 [h]	-	-	-	0	0	0	43	0	0	0	0
2010	<19 [h]	159	40	27	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	719	631	555	81	146	0	0	0	1	0	0
	>25 [%]	0	0	0	0	0	2	73	0	0	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	319	0	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	0	14	4	25	0	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-

Tabel 5.8: Over- og undertemperaturstimer for baderum.

		J	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	41	547
	<20 [h]	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	669	740
	>25 [%]	-	-	-	10	44	46	65	74	47	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	5	63	217	216	173	100	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	0	11	90	100	36	15	0	0	0
2010	<19 [h]	461	346	67	0	8	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	726	641	501	22	155	0	1	0	0	1	0	0
	>25 [%]	0	0	0	0	1	11	56	12	8	1	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	14	252	11	3	0	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	2	67	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	5	9	27	11	27	9	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	2	31	31	23	4	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	5	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.9: Over- og undertemperaturstimer for soveværelse.

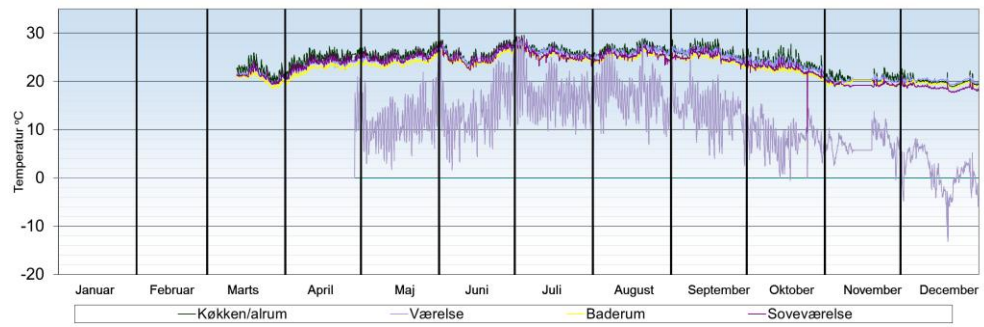
		<19 [h]	<20 [h]	>25 [%]	>26 [h]	>27 [h]
Køkken/ alrum	2009	36	521	42	2220	904
	2010	66	480	21	861	392
	2011	0	0	27	703	93
Værelse	2009	0	443	31	1536	372
	2010	9	789	14	579	365
	2011	0	0	10	117	0
Bade- rum	2009	179	1451	15	302	43
	2010	226	2132	6	319	68
	2011	0	0	4	1	0
Sovevæ- relse	2009	588	1494	24	774	252
	2010	882	2046	7	280	69
	2011	0	0	7	96	5

Tabel 5.10: Årsværdier for over- og undertemperaturstimer.

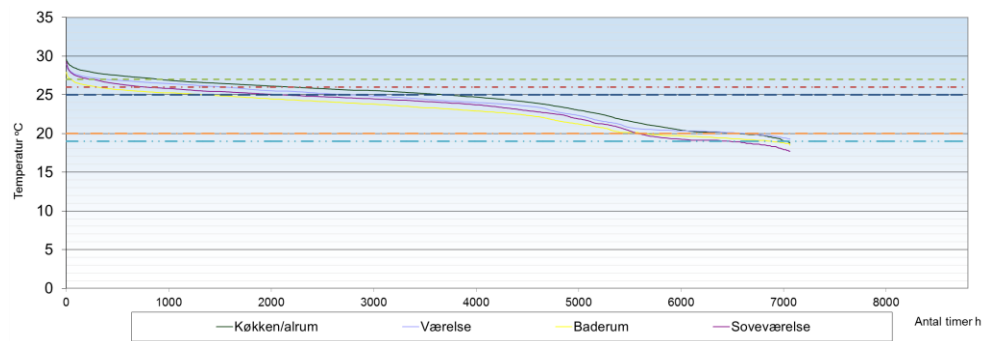
5.1.3 Temperaturmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser temperaturkurverne for målepunkterne placeret rundt i huset. Samtidig kan indetemperaturens afhængighed af udetemperaturen vurderes.

2009

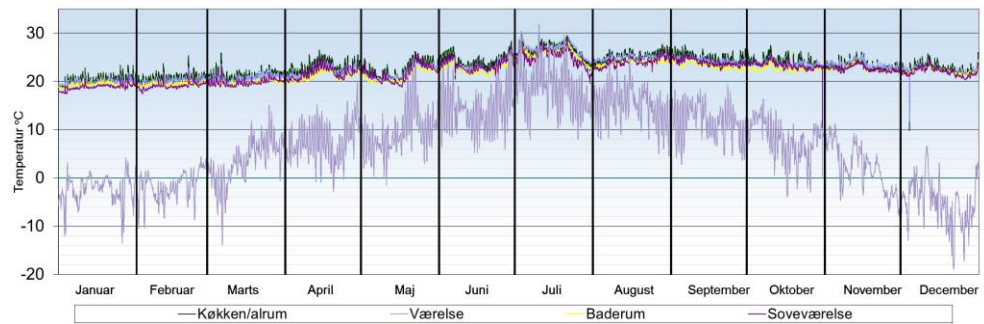


Figur 5.5 Temperaturer i de enkelte rum for 2009

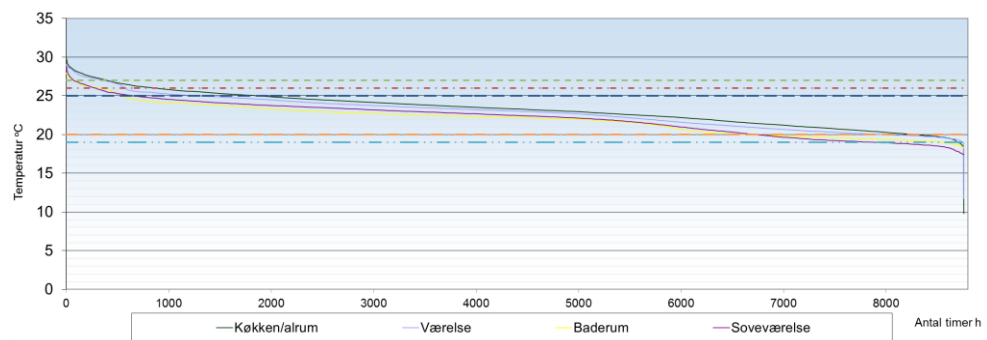


Figur 5.6 Akkumuleret temperaturprofil for alle rum for 2009

2010

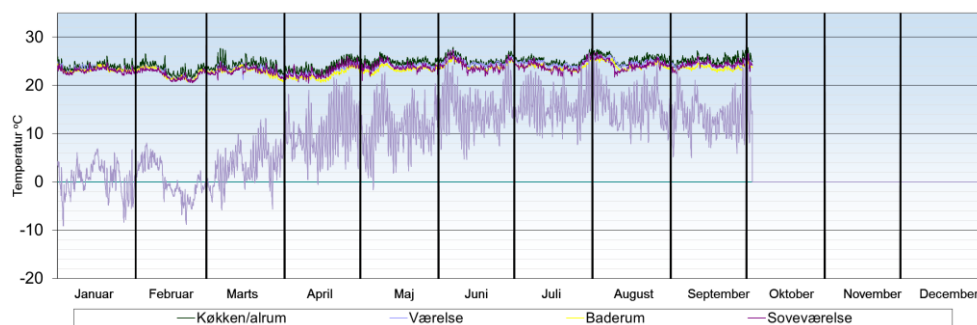


Figur 5.7 Temperaturer i de enkelte rum for 2010

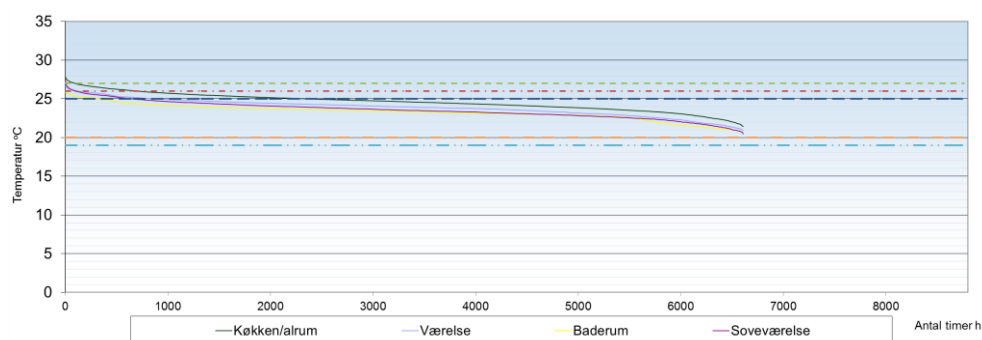


Figur 5.8 Akkumuleret temperaturprofil for alle rum for 2010

2011



Figur 5.9 Temperaturer i de enkelte rum for 2011

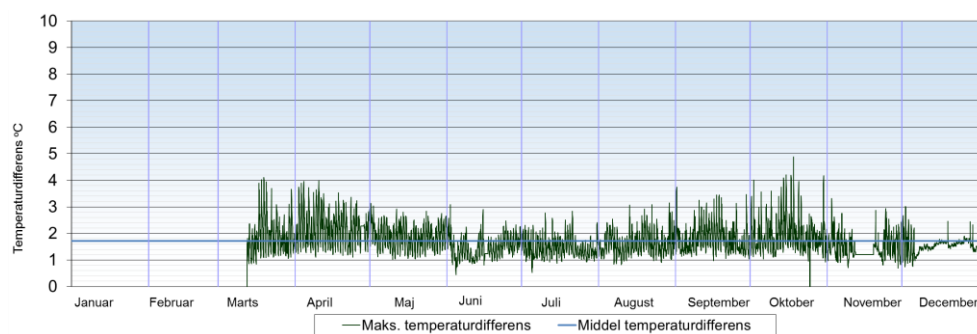


Figur 5.10 Akkumuleret temperaturprofil for alle rum for 2011

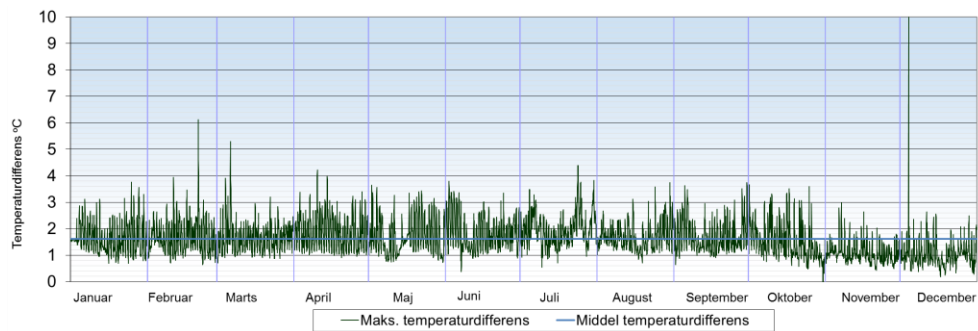
Det fremgår af figurerne, at køkken/alrum stort set altid er det varmeste rum. Dette passer godt overens med, at man må forvente den største brugstid i dette rum, og dermed den største interne belastning. I huset har der i måleperioden boet to forskellige familier, og det fremgår af målingerne, at den første familie havde det koldest i badeværelset, hvorimod den anden familie har det koldest i soveværelset. Desuden har den anden familie haft en højere rumtemperatur i opvarmningssæsonen i samtlige rum set i forhold til den første familie.

5.1.4 Temperaturforskel imellem rum

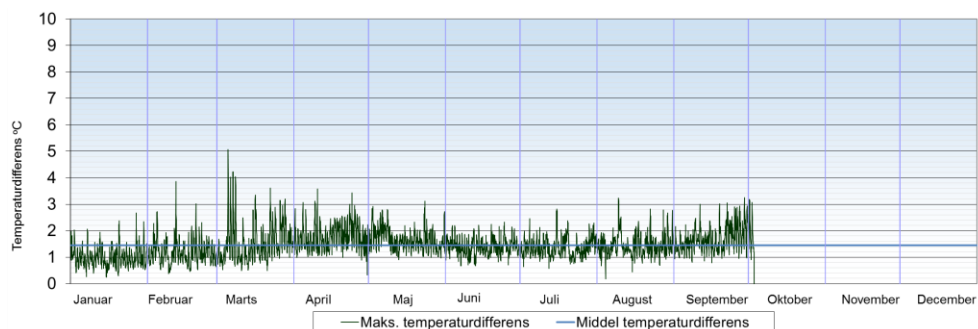
Det fremgår af figurerne i afsnit 5.1.3, at der er uens temperaturer i rummene. Denne variation vil naturligt opstå afhængigt af rummenes brug, da det interne varmetilskud varierer efter antallet af personer i et rum. Figur 5.11 til Figur 5.13 viser hvorledes forskellen mellem det koldeste og det varmeste rum varierer i løbet af 2009-2011.



Figur 5.11 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2009



Figur 5.12 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2010



Figur 5.13 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2011

Temperaturdifferensen er faldende fra 2009 til 2011, hvilket enten kan skyldes en bedre fordeling af varme mellem rummene, men mere sandsynligt skyldes en anden brug af rummene ved familie 2 end familie 1. Af Figur 5.5 til Figur 5.10 fremgår det hvilket rum der er varmest hhv koldest i perioden.

5.2 Opsamling: Termisk indeklima

Ud fra analyserne i afsnit 5.1 samt resultaterne i "Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

5.2.1 Termisk funktion

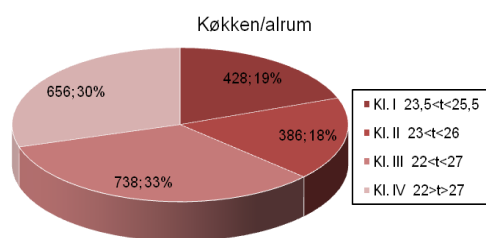
Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Køkken/alrummet har en lille tendens til overtemperaturer, mens de øvrige rum alle uden problemer holder sig indenfor kategori II.

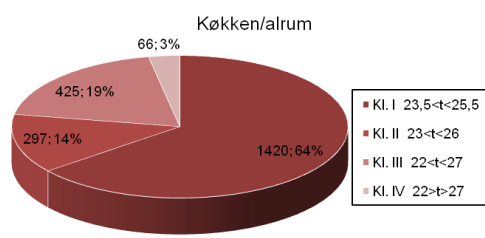
Sommersituation

Huset havde de to første somre store problemer med overtemperatur. Dette kan delvist forklares med, at beboerne ikke var bevidste om at udskifte bypass-modulet i anlægget, og derfor kørte med varmegenvinding på ventilationsluften hele sommeren. I 2009 var der især meget høje temperaturer, og gennemsnitstemperaturen lå i perioden på ca. 26°C.

Kategori II var kun opnået i 37% af tiden i køkken/alrummet. I 2011, hvor huset bruges korrekt, opnås kategori II i 78% af tiden, hvilket er en meget stor forbedring. Temperaturfordelingerne fremgår af Figur 5.14 og Figur 5.15.



Figur 5.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 5.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.

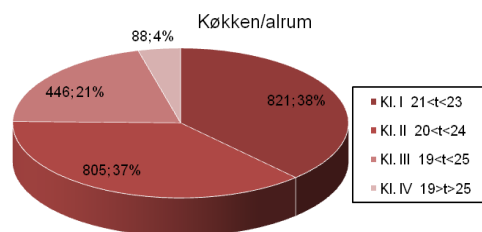
Efterårssituation

Efteråret fungerer godt i huset, og især 2010 giver gode resultater. Dog er der en lille tendens til overtemperaturer i køkken/alrum, hvor temperaturen ligger udenfor kategori II i ca 12% af tiden. De øvrige rum fungerer fint.

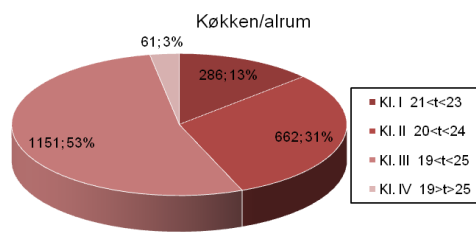
Vintersituation

Husets beboere var på ferie december 2009, hvorfor der ses bort fra denne periode ud fra et komfortmæssigt aspekt. Dog ses det i denne periode, at kompaktanlægget formår at holde en temperatur på ca. 20 °C i stuen selvom den interne varmelast ikke er til stede. Dette bør fremhæves som en væsentlig parameter for design af anlæg, da et anlæg designet lige til grænsen for hvad der er nødvendigt ikke ville kunne klare dette, og ville have medført, at beboerne var kommet hjem til et koldt hus.

Vurderes 2010 og 2011 ses effekten her af det stigende temperaturniveau omtalt i afsnit 5.1.3. I 2010 overholdes kategori II i 75% af tiden hvorimod der i 2011 kun opnås samme kategori i 44% af tiden. Undersøges det nærmere, hvorledes afvigelserne forekommer, ses det af diagrammerne nederst i Figur 5.16 og Figur 5.17, at der i 2011 er varmere i huset end i 2010, og afvigelserne fra kategori II dermed skyldes temperaturer over 24°C og ikke, som det måske kunne forventes, lave temperaturer.



Figur 5.16: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 5.17: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.

5.2.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.1.

DS/EN 15251 kategori II

Som tidligere nævnt vurderes her ud fra som maksimal afvigelse på 3 eller 5 %, hvilket på årsbasis svarer til 259 og 432 timer. [DS/EN 15251, 2007]. Desuden vurderes på månedsbasis ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

I denne bolig forekommer de største afvigelser fra kategori II hos familie 1, som har et langt køligere hus end familie 2. Dette er også omtalt i forrige afsnit, hvor der i vinterhalvåret holdes en er meget høj temperatur i huset. Desuden er der hos begge familier problemer med overtemperatur i sommermånederne, hvilket tyder på utilstrækkelig solafskærmning.

Ved vurdering af resultaterne på årsbasis giver 2011 gode resultater, da alle rum undtaget køkken/alrum har mindre end 3% afvigelse fra kategori II. 2011 er det eneste år, hvor huset har været fuldt beboet hele året.

Lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Ved vurdering af de nuværende krav til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 om maks 100 timer over 26°C og 25 timer over 27°C skal tællingen af timer foretages for kritiske rum. I dette tilfælde vurderes det kritiske rum at være køkken/alrum, da dette rum er sydvendt med store vinduespartier. Der er i 2011, som er det bedste år set i forhold til overtemperaturer, registreret 703 timer over 26°C og 93 timer over 27°C. I 2009, som var det år med de højeste temperaturer i huset, var der registreret 2220 timer over 26°C og 904 timer over 27°C i dette rum.

Ud fra ovennævnte antal timer kan det derfor konkluderes, at huset ikke kan leve op til de krav der i dag stilles til indeklima i lavenergibyggeri.

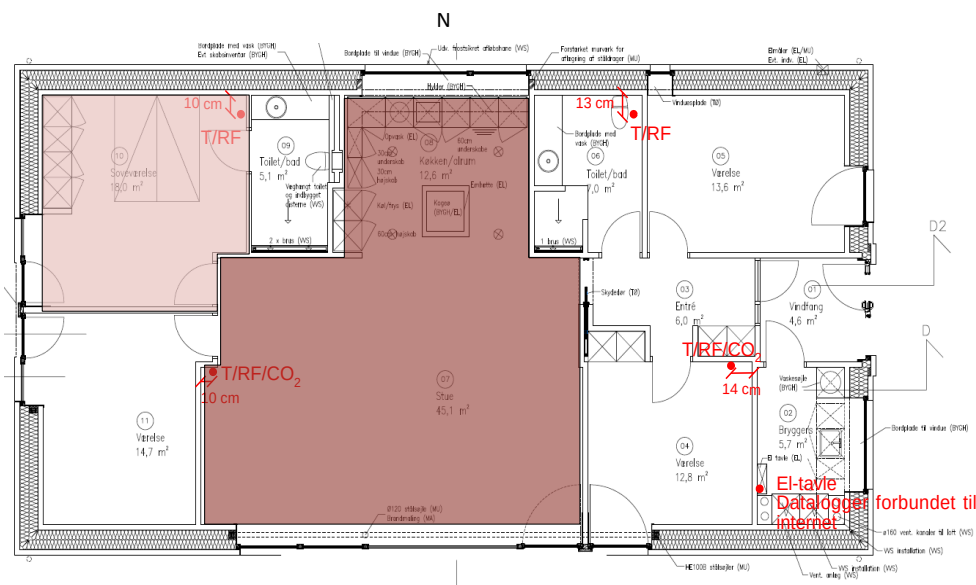
PHI-anbefaling ift overtemperatur

Ved vurdering af passivhus-anbefalingen om maks 10% af tiden over 25°C, svarer de 10% til en beregning baseret på hele huset som gennemsnit. I

praksis vil de sydvendte rum ofte overophede hvorimod de nordvendte rum forbliver kølige, og det kan derfor diskuteres hvorvidt denne vurdering bør foretages på rumniveau eller ej. I afsnit 0 opgives tallene på rumniveau. Heraf fremgår det, at huset i 2011 overholder de 10% i soveværelse, bad og værelse, men har temperaturer over 25°C i 27% af tiden i køkken/alrum.

5.2.3 Kritiske rum

Der gives i det følgende en oversigt over hvilke rum der typiske er kolde hhv varme rum i boligen. Oversigten er foretaget ud fra temperaturmålinger i de pågældende rum og er foretaget på årsbasis. Oversigten er baseret på samtlige rum i boligen, hvori der måles temperaturer.



5.18 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste temperatur og mørk farve markerer rummet med den højeste temperatur for 2009, 2010 og 2011.

Af oversigten fremgår det, at soveværelset mod nordvest i hele perioden har været det koldeste rum og køkken/alrum det varmeste rum i boligen.

5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder CO₂-niveauet i bygningen, som vurderes i dette afsnit. Desuden vil luftskiftet i bygningen blive vurderet sidst i dette afsnit.

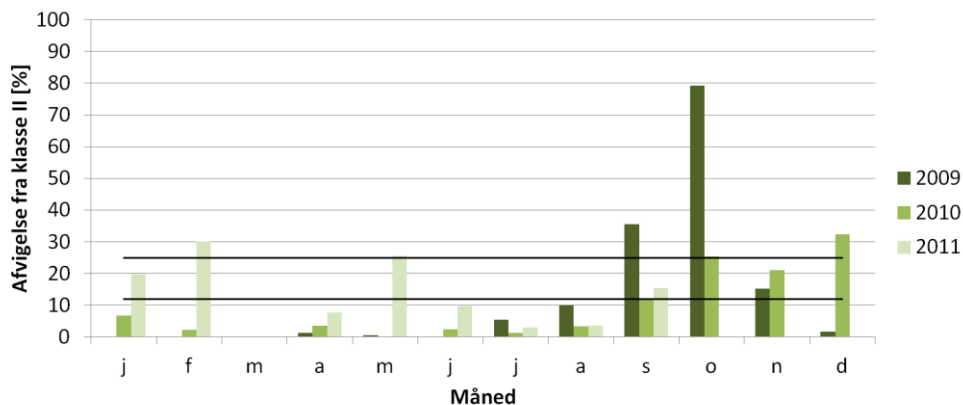
Der søges også med atmosfærisk indeklima at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for CO₂-niveauet i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.4.

5.3.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.11 og Tabel 5.12. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.13. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	1	1	0	5	10	36	79	15	2
2010	7	2	0	3	0	3	1	3	12	25	21	32
2011	20	30	0	8	26	10	3	3	15	-	-	-

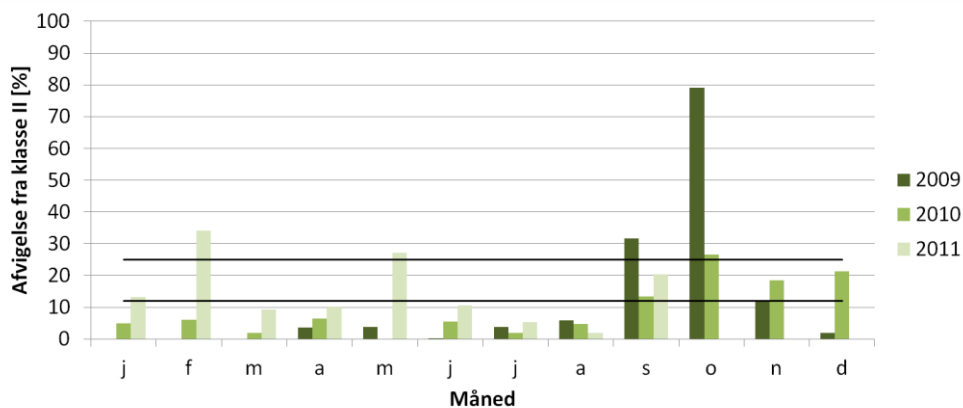
Tabel 5.11: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.19: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	4	4	0	4	6	32	79	12	2
2010	5	6	2	7	0	5	2	5	13	27	18	21
2011	13	34	9	10	27	11	5	2	20	-	-	-

Tabel 5.12: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.20: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

Det fremgår af ovenstående figurer, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet huset er mere lukket i denne periode end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne, men også helt hen i maj måned opleves en større afvigelse (ca 26%).

Ved vurdering af resultatet på årsbasis ses det, at ingen af de registrerede rum nærmer sig de anbefalede 3% og 5%.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	16	9	13
Værelse	15	9	14

Tabel 5.13: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

5.3.2 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 8 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	0	0	0	0	2	12	18	4	0
	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	1	8	23	2	0
2010	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	5
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	3
2011	Køkken/ alrum	3	7	0	1	10	2	0	0	3	-	-	-
	Værelse	4	6	0	0	10	2	0	0	4	-	-	-

Tabel 5.14: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerhalvåret i begge rum er en del perioder med over 8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode burde være væsentligt forøget vha naturlig ventilation.

Ved sammenfatning af resultaterne i Tabel 5.14 til årsniveau findes antal sammenhængende 8 timers perioder i løbet af et år i Tabel 5.15.

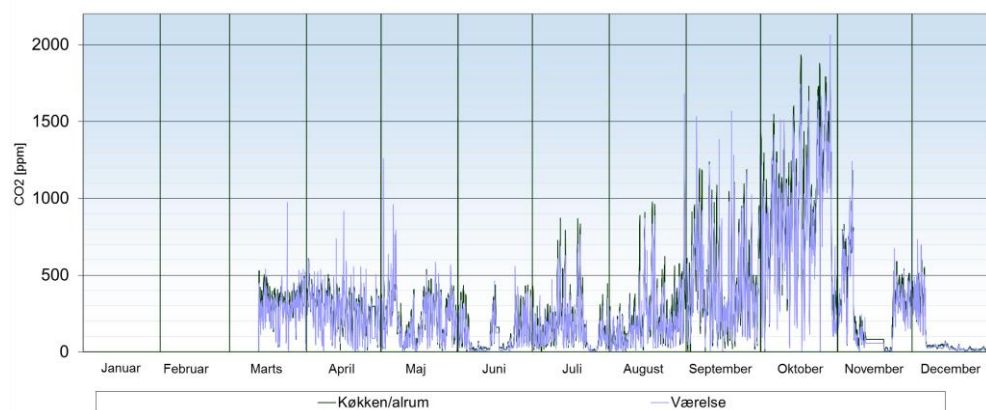
		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	36
	2010	11
	2011	26
Værelse	2009	34
	2010	9
	2011	26

Tabel 5.15: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

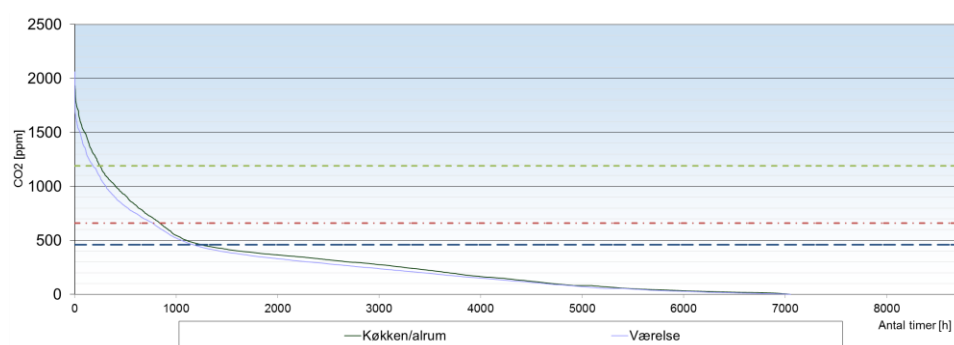
5.3.3 CO₂-målinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit indeholder en kronologisk oversigt over CO₂-målingerne i huset fratrasket udeniveau således, at de direkte kan sammenholdes med kravene fra hhv DS/EN 15251 og CR1752 (se evt afsnit 2.2.1).

2009

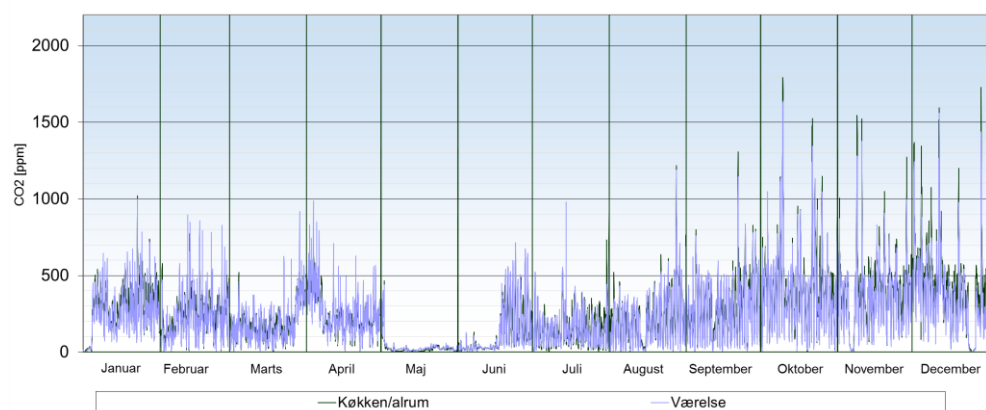


Figur 5.21 CO₂-niveau i de enkelte rum for 2009

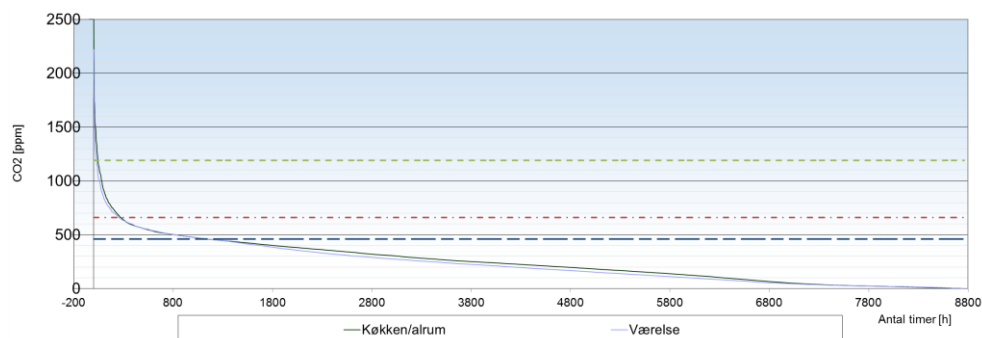


Figur 5.22 Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2009

2010

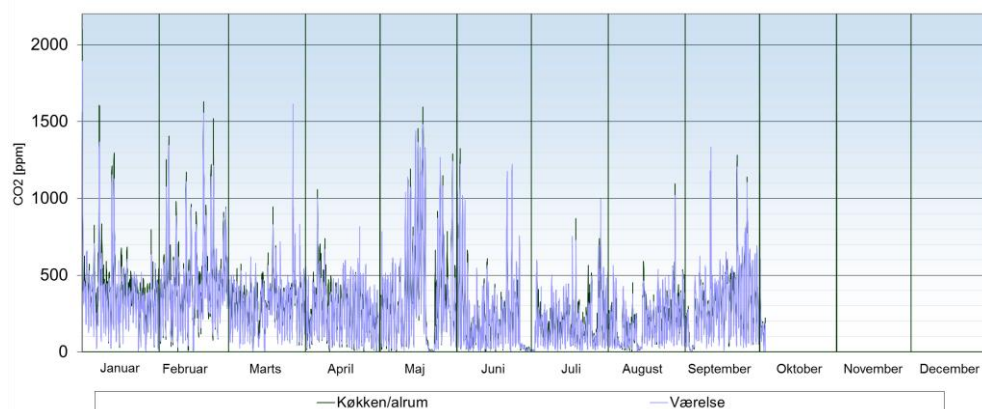


Figur 5.23 CO₂-niveau i de enkelte rum for 2010

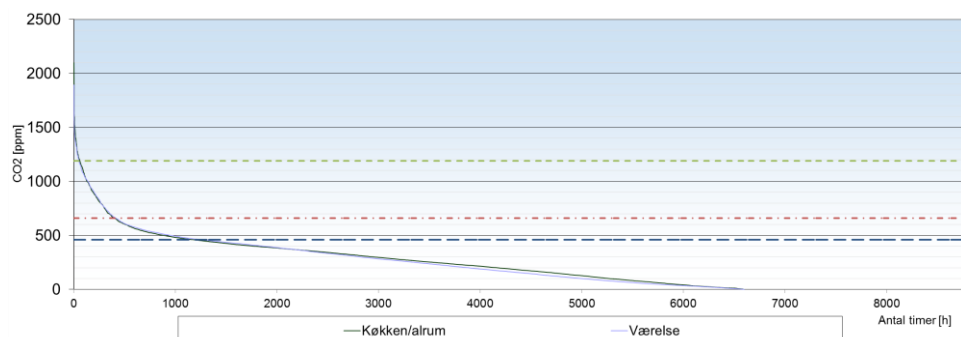


Figur 5.24 Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2010

2011



Figur 5.25 CO₂-niveau i de enkelte rum for 2011



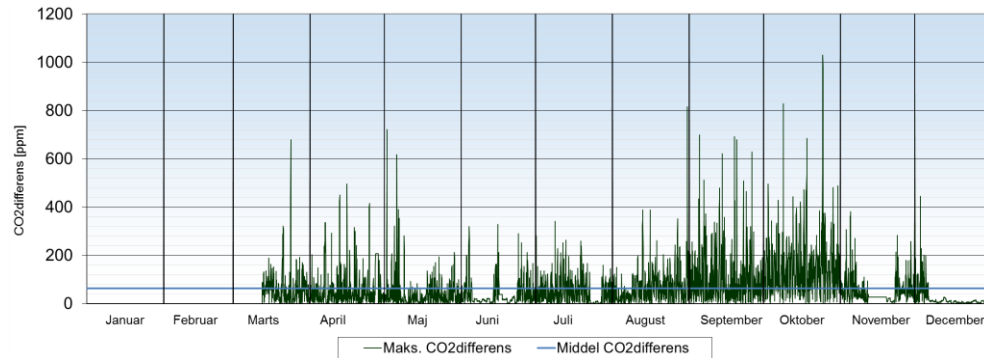
Figur 5.26 Akkumuleret CO₂-niveau for de enkelte rum for 2011

Det fremgår af CO₂-niveauet i de to målte rum, at niveauet stiger i vinterperioden. Dette er helt som forventeligt, da boligen i denne periode holdes mere tæt end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Der suppleres dermed i væsentlig grad med naturlig ventilation om sommeren.

5.3.4 CO₂-forskel imellem rum

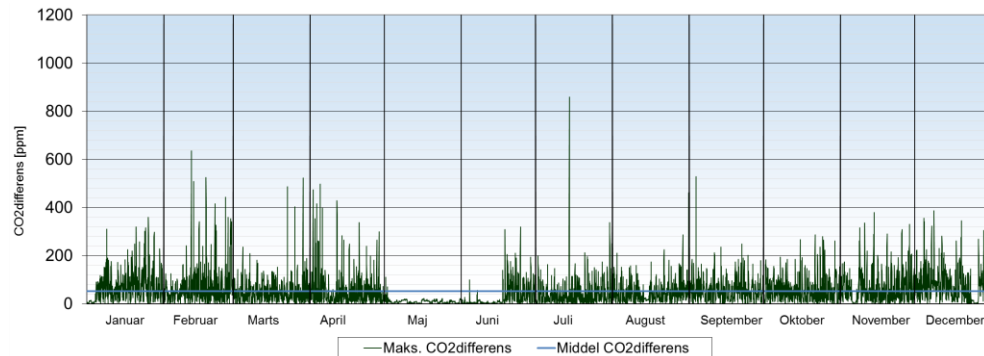
Det fremgår af forrige afsnit, at der er god opblanding af luft i boligen, da niveauerne er stort set ens. I det følgende vurderes forskellen i niveauerne.

2009



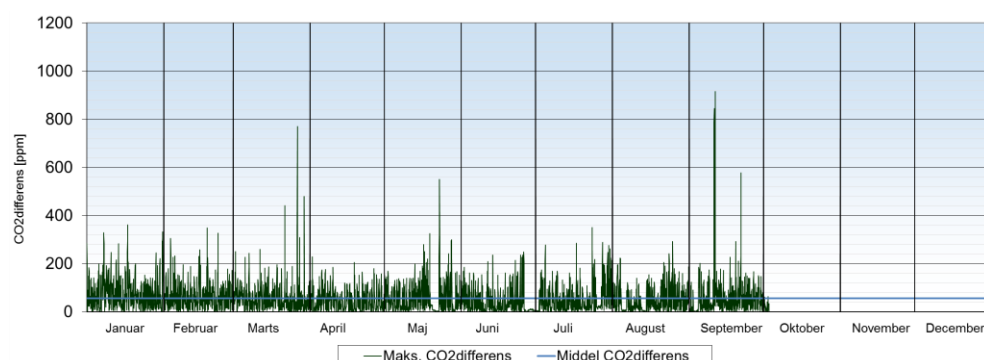
Figur 5.27 Maksimal CO_2 -niveauforskel imellem rummene for 2009

2010



Figur 5.28 Maksimal CO_2 -niveauforskel imellem rummene for 2010

2011



Figur 5.29 Maksimal CO_2 -niveauforskel imellem rummene for 2011

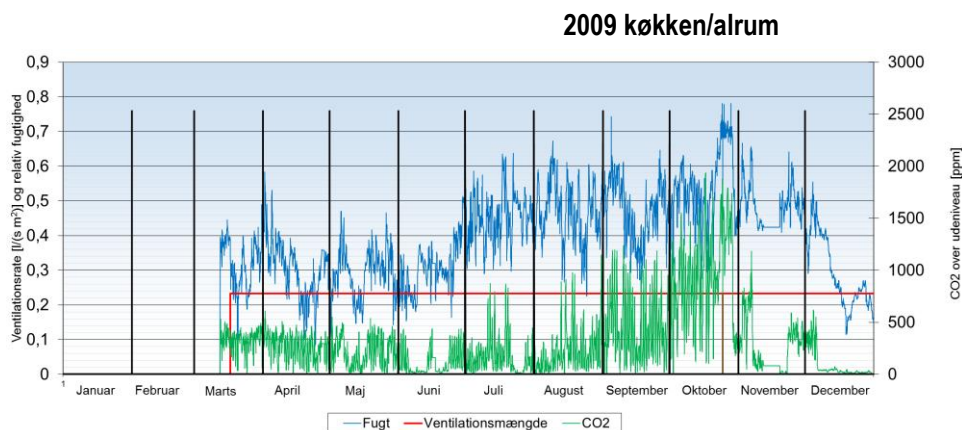
Forskellen i målte CO_2 -niveauer er stort set ens året rundt. Dog forøges forskellen i efteråret 2009, men der er i denne periode målt væsentligt forøgede værdier i huset, som også på forskellen giver et stort udslag.

5.3.5 Behovstyret ventilation - vurdering af luftskifte i boligen

Der blev ved projektets start givet dispensation fra BR08 således, at der kunne køres med behovstyret ventilation i samtlige Komforthuse. Husets luftskifte fremgår af nedenstående tabel. Celler markeret med gråt angiver beboelse i huset. Det fremgår her, at der året rundt køres med et konstant luftskifte lavere end de i BR08 anbefalede værdier (som var $0,35 \text{ l/s pr m}^2$).

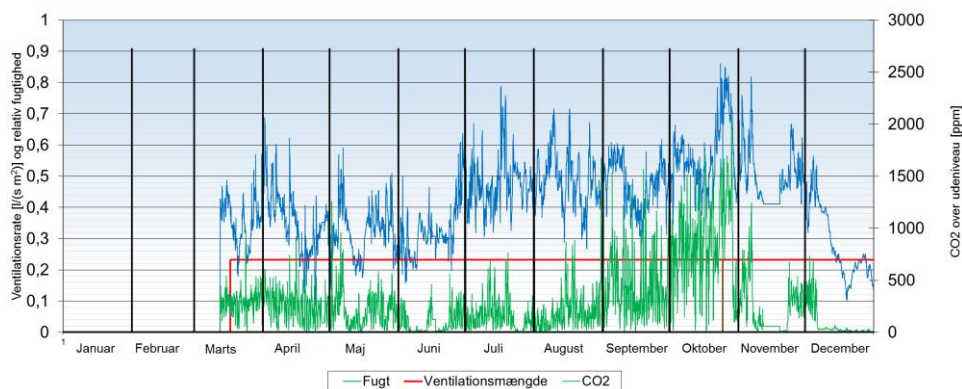
	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	Året
2009	-	-	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
2010	0,232	0,232	0,232	0,233	0,233	0,235	0,252	0,247	0,244	0,235	0,237	0,236	0,237
2011	0,233	0,238	0,248	0,267	0,242	0,250	0,257	0,261	0,264	-	-	-	0,251

Tabel 5.16 Middel ventilationsmængde i l/(s m²)



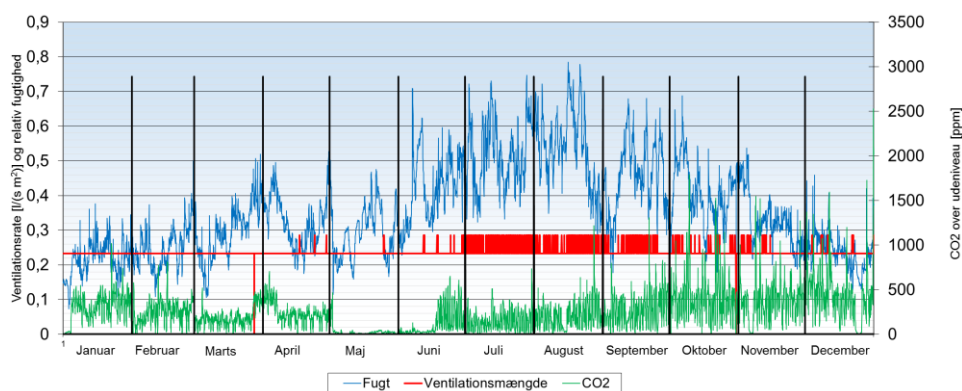
Figur 5.30: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

2009 værelse



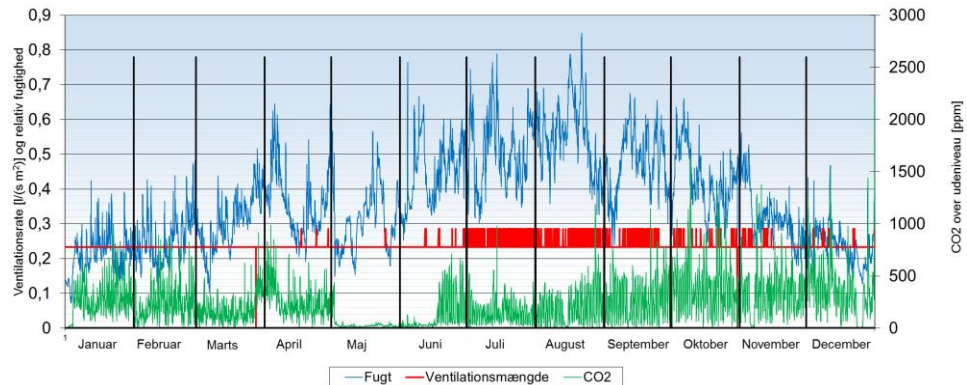
Figur 5.31: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

2010 køkken/alrum



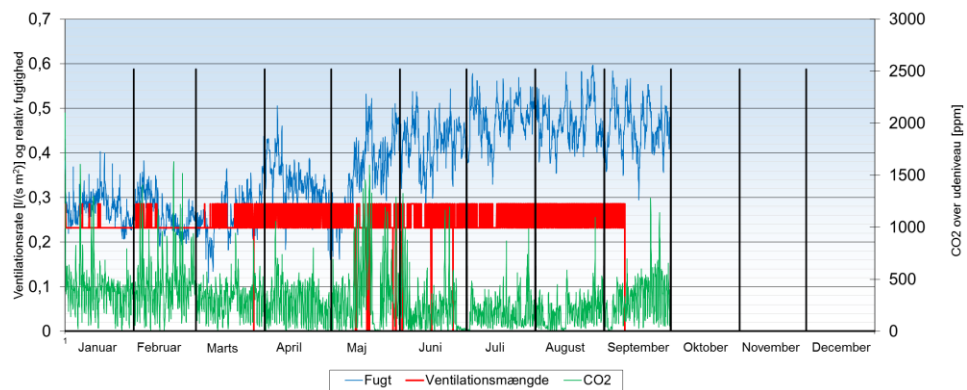
Figur 5.32: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

2010 værelse



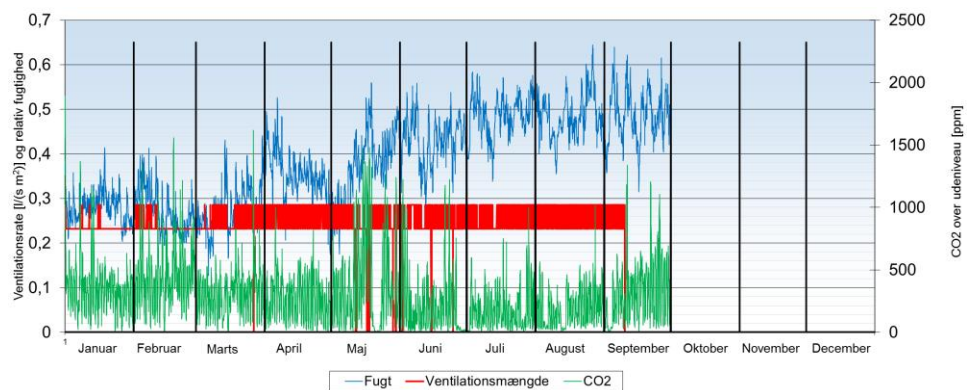
Figur 5.33: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

2011 køkken/alrum



Figur 5.34: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

2011 værelse



Figur 5.35: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklime – luftkvalitet

Ud fra analyserne i afsnit 5.3 samt resultaterne i "Bilag C – Atmosfærisk indeklime (luftkvalitet)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

5.4.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Der er i denne periode opnået kategori II i ca 86% af tiden, hvilket bør betragtes som rimeligt.

Sommersituation

Der er i perioderne enkelte dage med høje CO₂-koncentrationer (max 1400 ppm) men generelt gode resultater. Kategori II er overholdt omkring 95% af tiden.

Efterårssituation

Der blev i efteråret 2009 målt meget høje CO₂-niveauer. I september opnås kun kategori II ca 64% af tiden, men især oktober er kritisk, hvor kategori II kun opnås i 21% af tiden. Det er uvist hvad der sker i denne periode og hvorvidt der har været flere beboere i huset. Vurderes elforbrug til ventilation i oktober 2009, så er dette meget lavt, og det kunne se ud til, at anlægget kører mere og mere ned i luftmængde indtil sidst i oktober, hvorefter det kører som oprindeligt (ift juni) igen.

Efteråret 2010 og 2011 fungerer væsentligt bedre. Her er kategori II opnået ca 80% af tiden.

Vintersituation

Som forventet stiger CO₂-niveauet i vintermånederne, da den naturlige ventilation i denne periode må forventes at være på et minimum. Der opnås kategori II i 70-80% af tiden.

5.4.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.1.

DS/EN 15251 kategori II

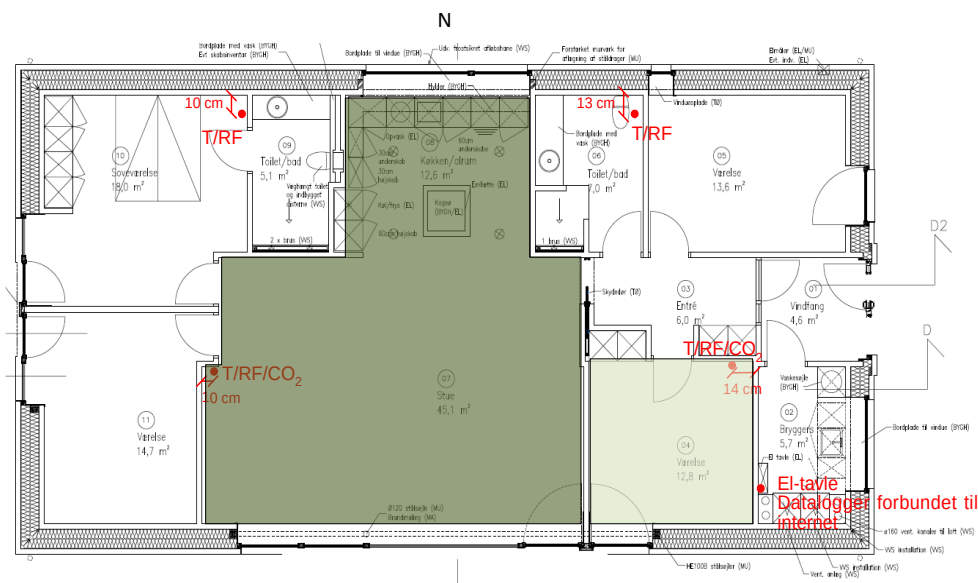
Det fremgår af vurderingerne ift DS/EN15251, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet vinduer og døre er mere lukkede i denne periode end om sommeren, hvor de ofte er åbne, og dermed bidrager til at forøge luftskiftet i boligen. Dog er der også helt hen i maj måned fundet en større afvigelse (ca 26%). Ved vurdering af resultatet på årsbasis ses det, at ingen af de registrerede rum nærmer sig de anbefalede 3% og 5%.

Overskridelse af kategori II i en sammenhængende 8 timers periode

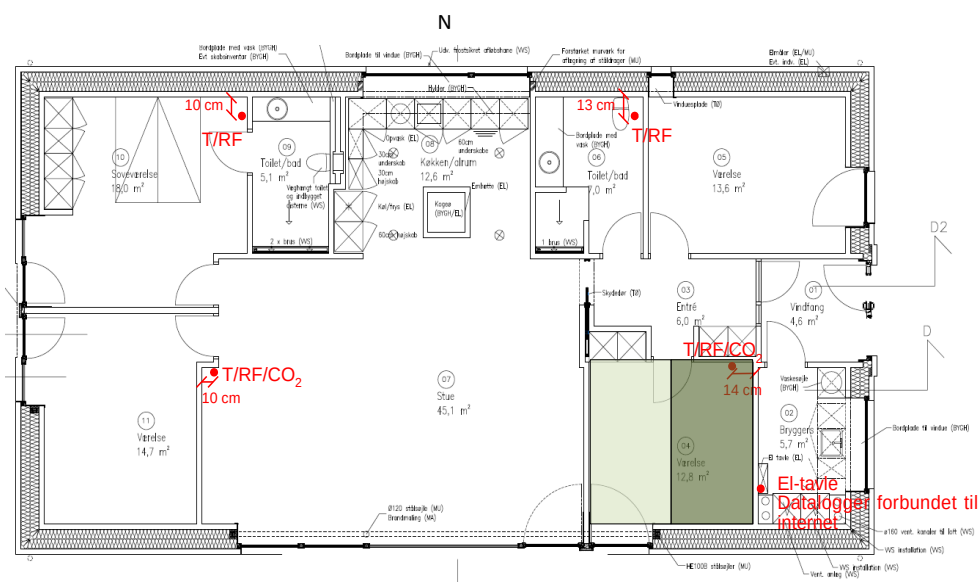
Resultaterne følger godt konklusionerne fra forrige afsnit, men desuden fremgår det, at der også i sommerhalvåret er en del perioder med over 8 timers sammenhængende overskridelse af kat. II, selvom ventilationen i denne periode ofte er væsentligt forøget vha naturlig ventilation.

5.4.3 Kritiske rum

Der er i de registrerede rum i denne bolig fundet problemer med CO₂-niveauet. Nedenstående figurer viser hvilke rum der har hhv de højeste og laveste koncentrationer af CO₂.



5.36 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO₂-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO₂-niveau for 2009 og 2010.



5.37 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO₂-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO₂-niveau for 2011.

5.4.4 Ventilation

Ved vurdering af luftskiftet i boligen, og sammenholdning af dette med CO₂-niveau i huset vurderes det, at luftskiftet i boligen i de fleste perioder er tilstrækkeligt til trods for, at der året rundt køres med et luftskifte lavere end de i BR08 anbefalede værdier (som var 0,35 l/s pr m²).

5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder niveauet af den relative luftfugtighed (RF) i bygningen, som vurderes i dette afsnit.

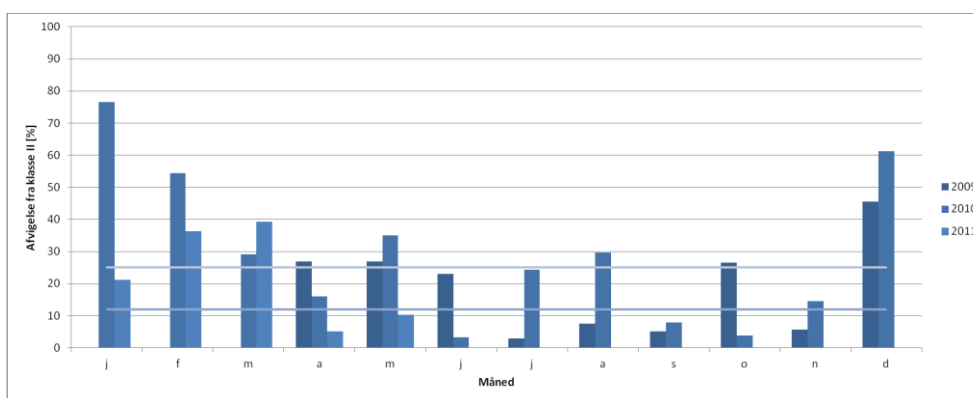
Det ønskes at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for RF i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.6.

5.5.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.17 til Tabel 5.20. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.21. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)".

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	27	27	23	3	8	5	26	6	46
2010	77	54	29	16	35	3	24	30	8	4	14	61
2011	21	36	39	5	10	0	0	0	0	-	-	-

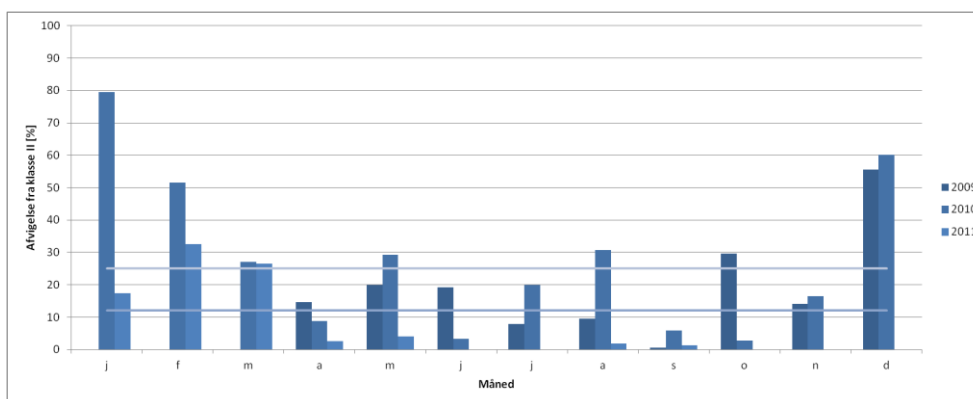
Tabel 5.17: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



5.38: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	15	20	19	8	10	1	30	14	56
2010	79	51	27	9	29	3	20	31	6	3	17	60
2011	17	33	27	3	4	0	0	2	1	-	-	-

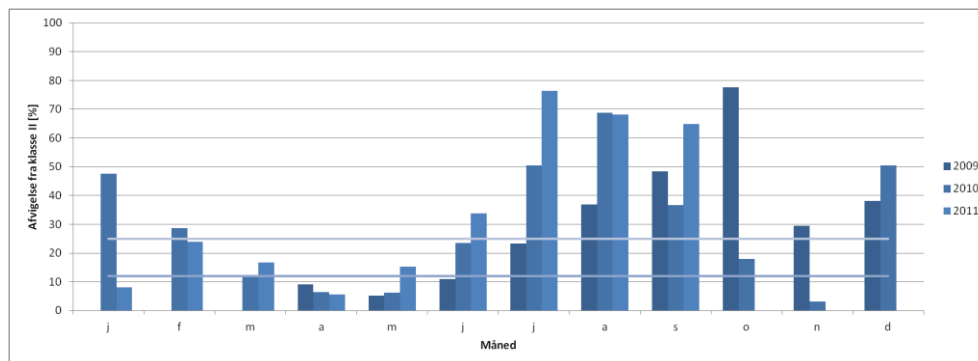
Tabel 5.18: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



5.39: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	9	5	11	23	37	48	78	29	38
2010	48	29	12	7	6	24	51	69	37	18	3	51
2011	8	24	17	6	15	34	76	68	65	-	-	-

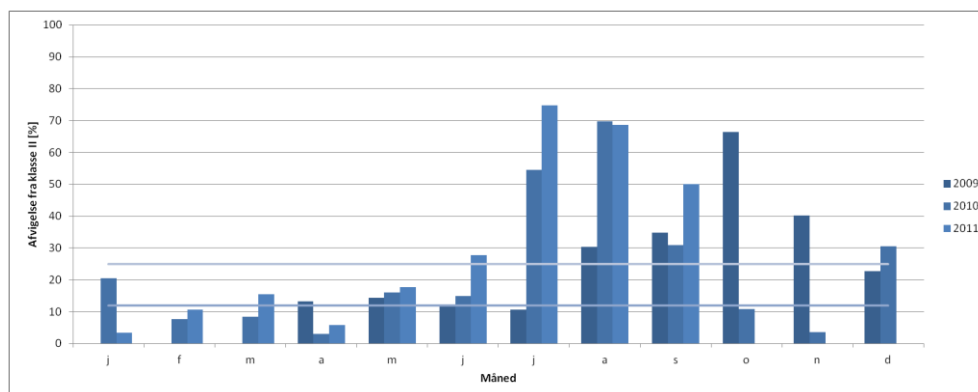
Tabel 5.19: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



5.40: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for badeværelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	13	14	12	11	30	35	66	40	23
2010	21	8	8	3	16	15	55	70	31	11	4	31
2011	3	11	15	6	18	28	75	69	50	-	-	-

Tabel 5.20: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.



5.41: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I badeværelse og soveværelse (som også støder op til et badeværelse) findes de største afvigelser fra sensommeren og hen over efteråret. I køkken/alrum og værelset er afvigelserne størst henover vinteren og i det tidlige forår. Hvorvidt afvigelserne skyldes for høj eller lav RF fremgår ikke her, men vurderes målingerne af RF i afsnit 5.5.5 ses, at det i det første tilfælde vil skyldes for høj RF og i det andet tilfælde skyldes for lav RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	19	30	12
Værelse	18	28	9
Baderum	29	29	35
Soveværelse	26	23	31

Tabel 5.21: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

5.5.2 Perioder med RF<45%

For at sikre anbefalingen om mindst en måned med RF<45% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.22.

		Antal perioder
Køkken/alrum	2009	3
	2010	3
	2011	2
Værelse	2009	2
	2010	2
	2011	3
Baderum	2009	2
	2010	2
	2011	3
Soveværelse	2009	2
	2010	1
	2011	2

Tabel 5.22: Antal sammenhængende perioder >1 måned, hvor den relative fugtighed er under 45 %.

Det fremgår af ovenstående tabel, at der alle år i alle rum er mindst 1 måned med RF < 45%.

5.5.3 Tid med RF>75%

For at sikre anbefalingen om maksimalt 1% af tiden med RF>75% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.23 på månedsbasis og i Tabel 5.24 på årsbasis.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Værelse	-	-	-	0	0	0	1	0	0	8	1	0
	Baderum	-	-	-	1	0	1	2	3	4	28	4	0
	Soveværelse	-	-	-	0	0	0	0	1	1	20	4	0
2010	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Baderum	0	1	1	2	0	0	9	16	2	0	0	0
	Soveværelse	0	0	0	0	0	0	14	20	1	1	0	0
2011	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0	1	0	5	7	6	-	-	-
	Soveværelse	0	0	0	0	2	2	5	8	4	-	-	-

Tabel 5.23: Procentdel med relativ fugtighed over 75 %.

Af ovenstående og nedenstående tabel fremgår det, at baderum og soveværelse flere gange opnår længerevarende perioder med RF > 75%. I badeværelset kan det forventes, men i soveværelset er det problematisk.

		$\phi > 75\%$
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	0
	2011	0
Værelse	2009	1
	2010	0
	2011	0
Baderum	2009	5
	2010	3
	2011	2
Sove- værelse	2009	3
	2010	3
	2011	2

Tabel 5.24: Årsværdier for andel af relativ fugtighed som er over 75 %.

5.5.4 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 24 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II. Vurderingen foretages på månedsbasis i Tabel 5.25 og på årsbasis i Tabel 5.26.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/alrum	-	-	-	3	3	2	0	0	0	1	0	3
	Værelse	-	-	-	0	2	2	1	1	0	1	2	3
	Baderum	-	-	-	0	0	0	1	2	2	8	3	3
	Soveværelse	-	-	-	0	0	0	1	3	3	5	4	2
2010	Køkken/alrum	6	5	3	2	4	0	2	2	1	0	1	6
	Værelse	4	5	2	0	3	0	1	2	0	0	1	5
	Baderum	1	0	1	0	0	2	4	6	6	1	0	4
	Soveværelse	0	0	1	0	1	1	4	7	4	1	0	2
2011	Køkken/alrum	1	4	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	1	3	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Baderum	0	1	2	0	1	2	4	7	5	-	-	-
	Soveværelse	0	0	1	0	1	0	5	6	5	-	-	-

Tabel 5.25: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

		Klasse II
Køkken/alrum	2009	13
	2010	32
	2011	9
Værelse	2009	12
	2010	23
	2011	8
Baderum	2009	19
	2010	26
	2011	24
Soveværelse	2009	26
	2010	23
	2011	31

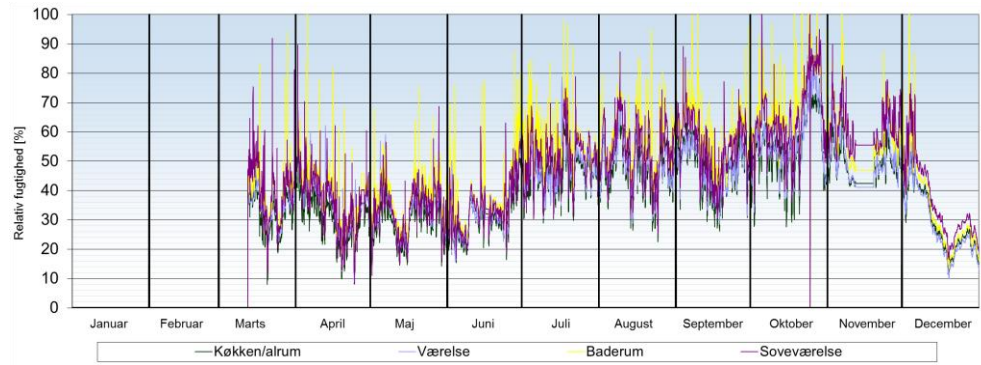
Tabel 5.26: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes adskillige perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes.

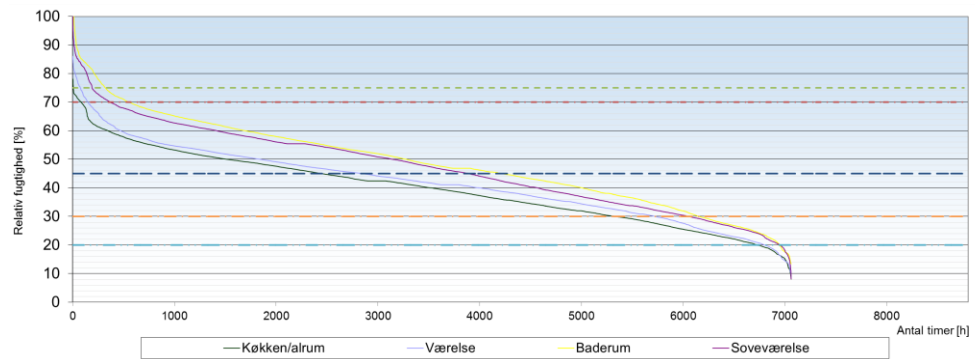
5.5.5 Fugtmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser målepunkterne for relativ luftfugtighed placeret rundt i huset.

2009

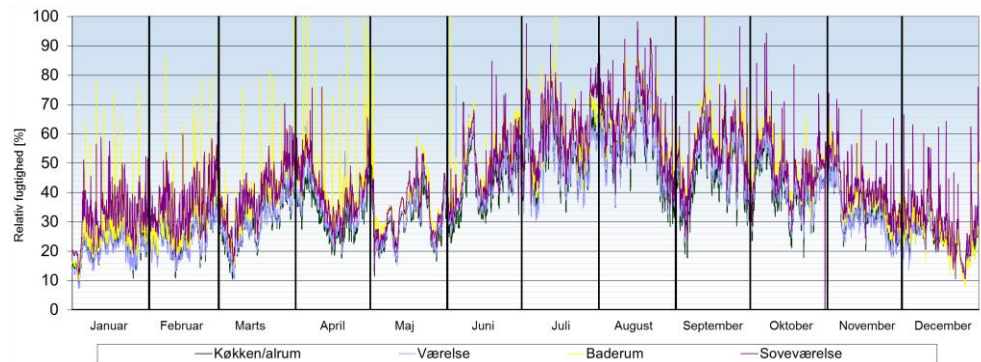


Figur 5.42 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2009

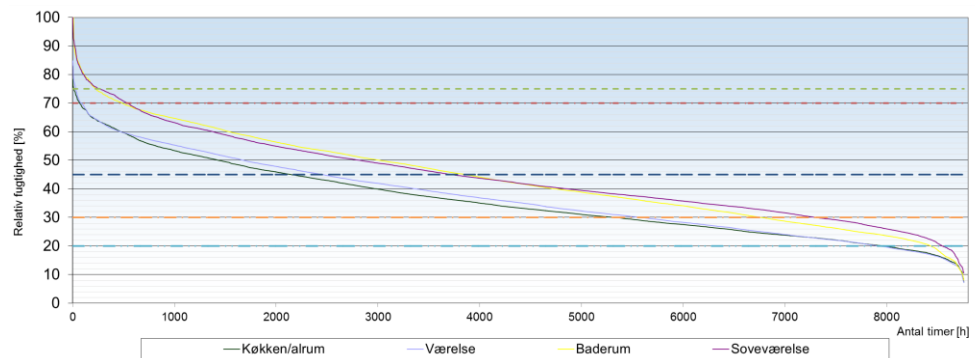


Figur 5.43 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2009

2010

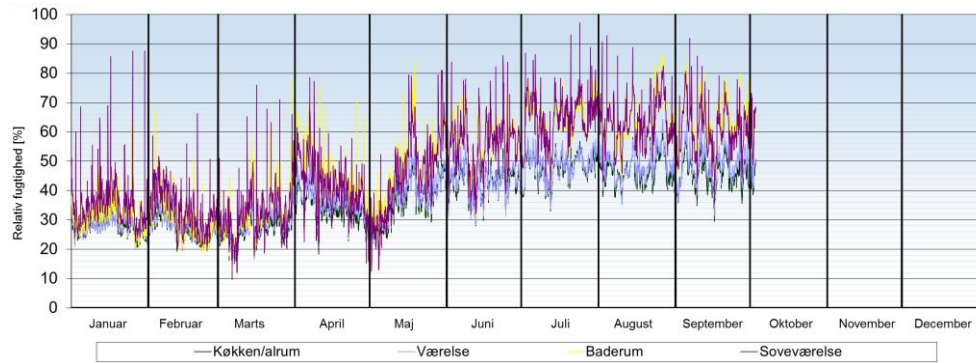


Figur 5.44 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2010

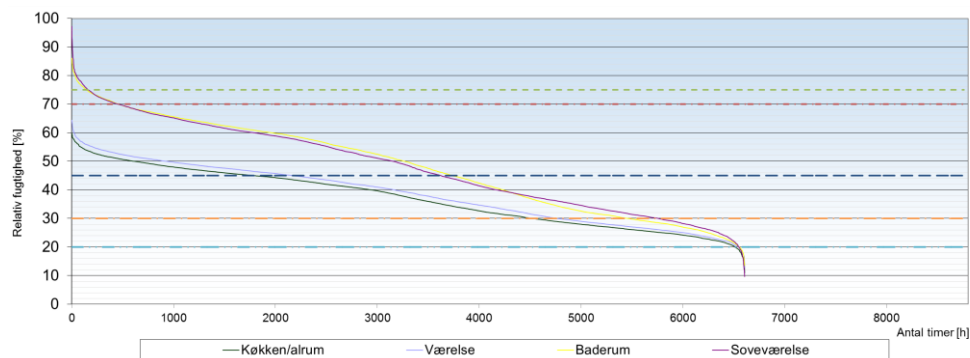


Figur 5.45 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2010

2011



Figur 5.46 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2011



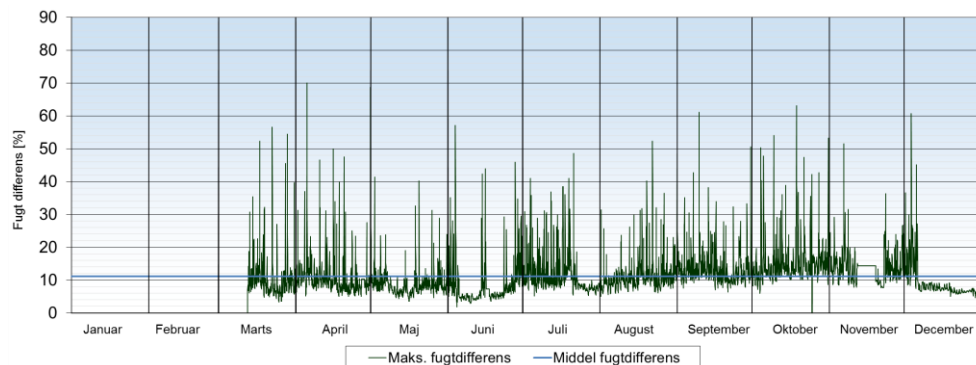
Figur 5.47 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2011

Det fremgår af figurerne, at der er et stort spænd i målte værdier i løbet af året. Det er typisk badeværelset der har den højeste RF, men også soveværelset har høje værdier og en stor variation i værdierne. Samtidig forekommer der lange perioder i vinterhalvåret med meget lave værdier for RF.

5.5.6 Forskel i relativ luftfugtighed mellem rum

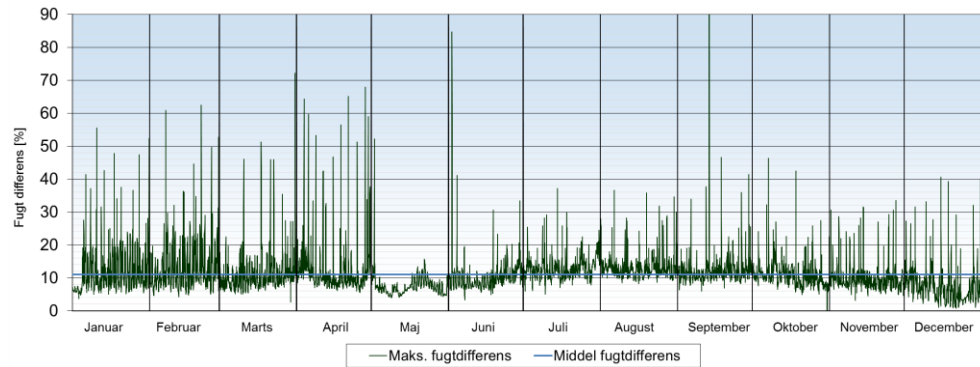
Følgende grafer viser forskellen i RF mellem rummet med den højeste og laveste værdi.

2009



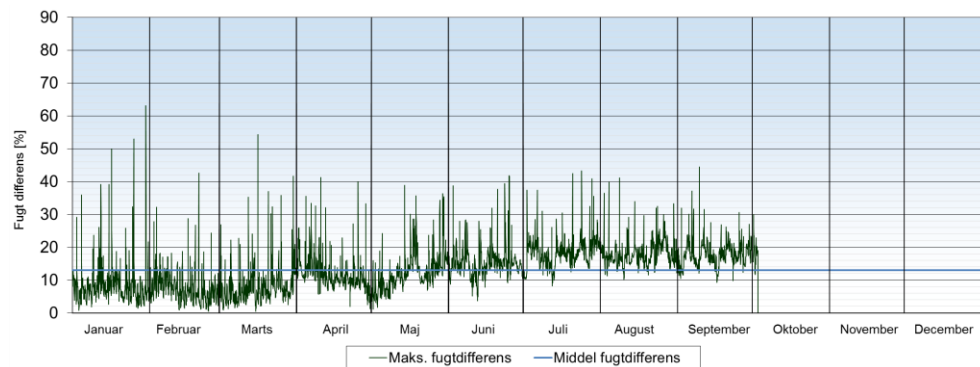
Figur 5.48 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2009

2010



Figur 5.49 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2010

2011



Figur 5.50 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2011

Det fremgår af ovenstående figurer, at bundlinjen for forskellen er næsten konstant. De store afvigelser der fremgår som korte lodrette linier opstår når der bades.

5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt

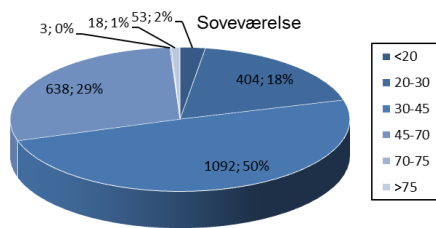
Ud fra analyserne i afsnit 0 samt resultaterne i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

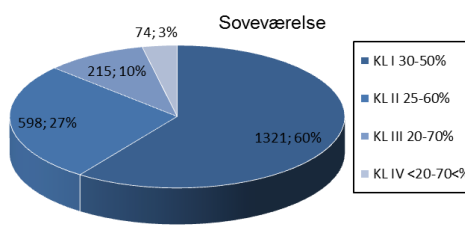
5.6.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

Forårssituation

Kategori II opnås ca 80-90% af tiden i alle rum. Figur 5.51 og Figur 5.52 illustrerer hvorledes fordelingen af RF ligger gennem perioden og hvordan tiden er fordelt på de forskellige kategorier.



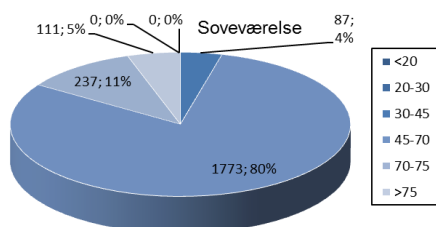
Figur 5.51: Timefordeling for RF for forårssituation i soveværelset i 2011.



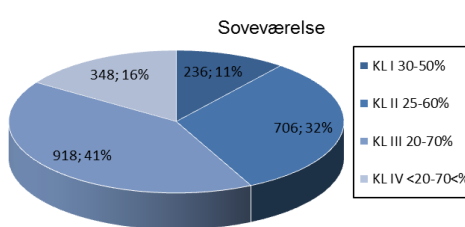
Figur 5.52: Timefordeling for RF for forårssituation i soveværelset i 2011.

Sommersituation

Der er ingen problemer med den relative fugtighed i køkken/alrum og værelse, hvor klasse II er opnået næsten hele tiden. Især 2011 give gode resultater hvorimod 2009 og 2010 opnår kat. II ca 90% af tiden. I badeværelse og soveværelse, som begge er rum med tendens til en højere RF, opnås derimod kun kat. II ca 40% af tiden. Her ligger den relative luftfugtighed en stor del af tiden over 70%, jf Figur 5.53.



Figur 5.53: Timefordeling for RF for sommersituation i baderum i 2011.



Figur 5.54: Timefordeling for RF for sommersituation i soveværelse i 2011.

Efterårssituation

Også i efterårssæsonen er der problemer med RF i sove- og baderum. Især hos familie 2, som har en lavere rumtemperatur er der store problemer. Her opnås kun kat. II i ca. 15% af tiden. Køkken/alrum og værelse fungerer fint.

Vintersituation

I vinterperioden ses det hvorledes at luften i huset tørrer ud og den relative luftfugtighed falder. I denne periode opleves meget lave værdier af RF. Især vinteren for 2010 er meget tør, men denne vinter var også koldere end sædvanligt. I denne vinter opnås kun kat. II 35% af tiden i køkken/alrum. I vinteren 2011 opnås 81% i samme rum.

5.6.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.2.

DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I badeværelse og soveværelse (som også støder op til et badeværelse) findes de største afvigelser fra sensommeren og hen over efteråret. Disse afvigelser skyldes for høje værdier af RF. I køkken/alrum og værelset er afvigelserne størst henover vinteren og i det tidlige forår. I denne periode skyldes afvigelserne for lave værdier for RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse fra kategori II.

Perioder med RF<45%

Der opnås i alle år i alle rum mindst 1 måned med RF < 45%.

Tid med RF>75%

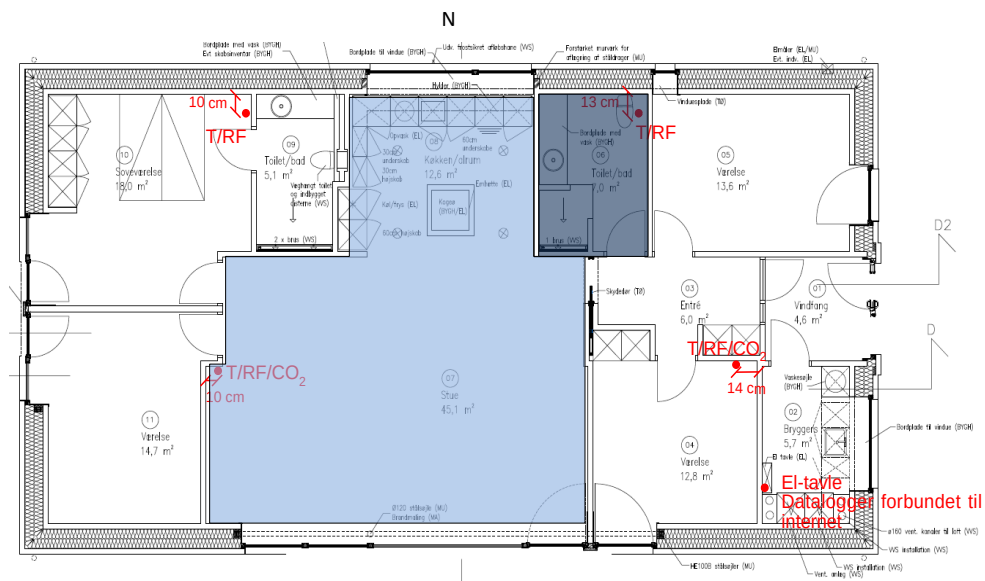
Både baderum og soveværelse opnår flere gange længerevarende perioder med RF > 75%. I badeværelset kan det forventes, men i soveværelset er det problematisk.

Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

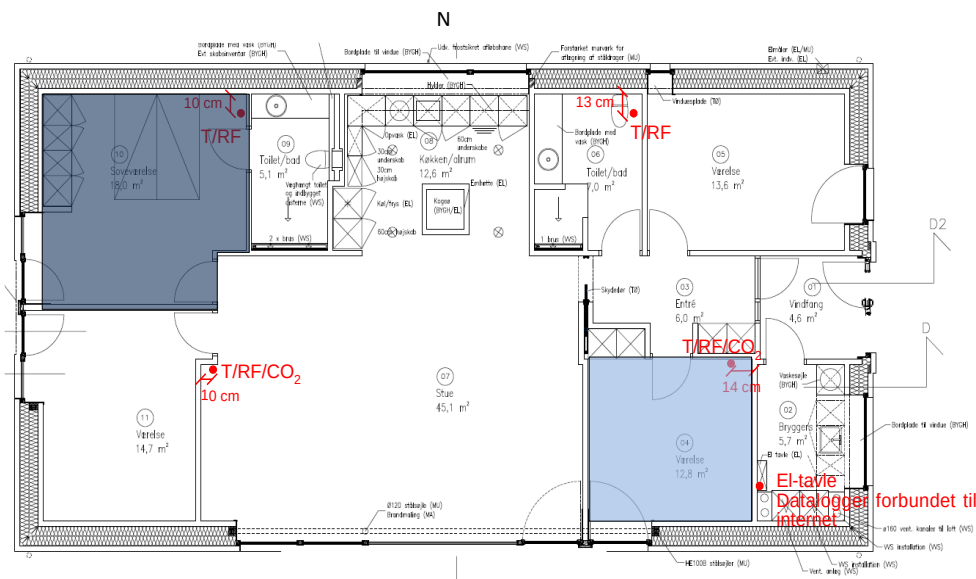
August måned giver her de dårligste resultater i både bad og soveværelse. Her findes der op til 7x24 timer hvor kategori II er overskredet. Vurderes på årsbasis findes der adskillige perioder med overskridelser af kat. II for alle rum når RF vurderes.

5.6.3 Kritiske rum

Ved vurdering af de kritiske rum i boligen når RF vurderes findes det, at hhv badeværelse og soveværelse er de mest kritiske rum med høje værdier for RF en stor del af året. Køkken/alrum og værelse er de rum, hvor de laveste værdier findes.



5.55 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2009 og 2011.

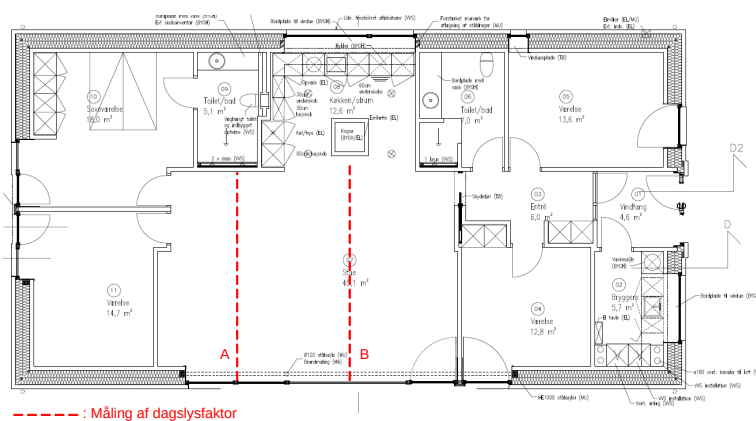


5.56 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2010.

5.7 Dagslysforhold

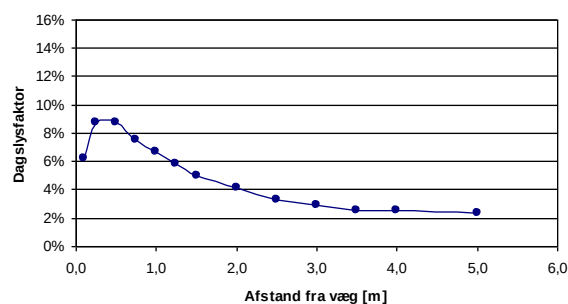
Registrering af dagslysfaktorer i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

Ved målingerne blev der målt dagslysfaktorer to forskellige steder i stuen. Positionen af målingerne ses i Figur 5.57.

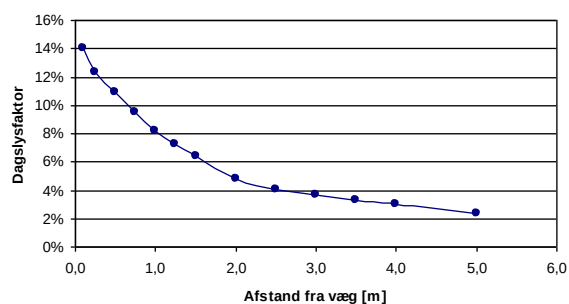


Figur 5.57. Positioner for måling af dagslysfaktorer ind gennem stuen.

Resultaterne for målinger ses i Figur 5.58 og Figur 5.59.



Figur 5.58. Dagslysfaktor for position A i stue.



Figur 5.59. Dagslysfaktor for position B i stue.

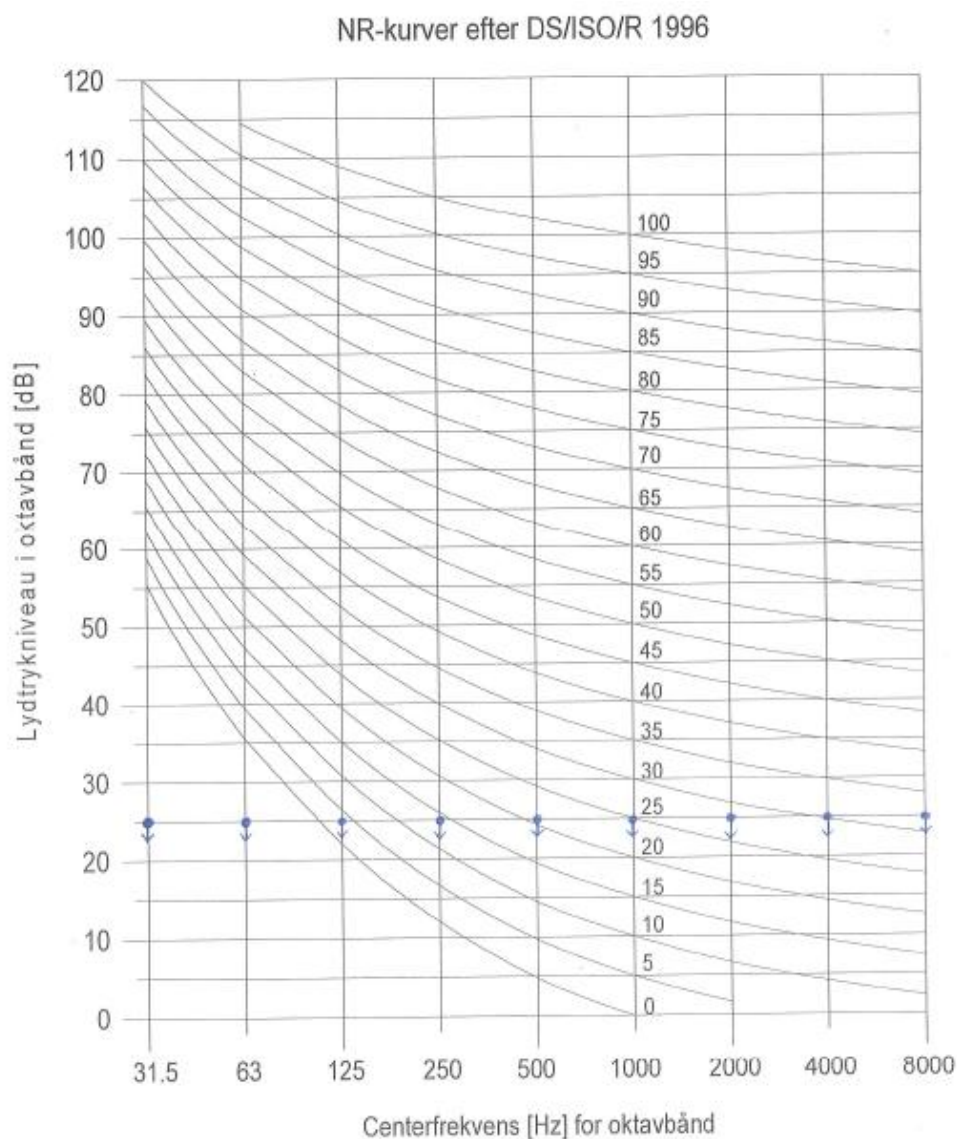
Som det fremgår af målingerne overholdes kravet til dagslysfaktorerne i stuen. Dette sikres bl.a ved det store glasparti i facaden, det dobbeltbelyste rum som får lys både via stuevinduer og køkkenvinduer samt en forholdsvis smal stue.

5.8 Akustisk indeklime

Måling af støj og efterklangstider i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

5.8.1 Støj fra tekniske installationer

Støjmålingerne er gennemført i stuen. Resultatet af støjmålingerne er indtastet i NR-diagrammet i Figur 5.60.



Figur 5.60. Målinger af støj fra tekniske installationer.

Som det ses af måleresultaterne i Figur 5.60 ligger alle målingerne under 25 dB, som er kravet til lydklasse B. Herved er minimum lydklasse B opnået. Den præcise værdi er ikke angivet, da måleinstrumentet ikke kan registrere længere ned end 25 dB.

5.8.2 Efterklangstid

Målingerne af efterklangstider er målt i stuen (i tomt rum). Resultatet af målingerne af efterklangstid ses i Tabel 5.27.

Oktavbånd	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Efterklangstid [s]	1,0	1,0	1,4	1,6	1,6	1,1	0,9

Tabel 5.27. Måling af efterklangstider ved forskellige frekvenser.

Som det ses af målingerne på efterklangstider, er kravet til dette ikke umiddelbart overholdt. Da efterklangstid skal måles i et møbleret rum, vil dette dog kunne ændre sig ved gentagelse af målingerne efter møblering.

6. Energiforbrug

I dette kapitel vurderes husets energiforbrug. Da huset ikke har været beboet et sammenhængende år med brugbare data, er det valgt at generere et kunstigt år. Året er sammensat af forskellige måneder udplukket i løbet af måleperioden. Der genereres for de samme måneder et kunstigt år med vejrdato til PHPP, som indsættes i huset PHPP beregning, hvorved der opnås mulighed for at sammenligne de målte og de beregnede værdier for hhv energiforbrug og overtemperatur-vurdering. Vejrdatasæt brugt i PHPP forefindes i "Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP".

Vurderingerne for energiforbrug er foretaget ud fra det kunstige år vist i Tabel 6.1.

jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	jun-11	Juli-11	aug-11	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10
--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 6.1: Måneder brugt til analyse af husets energiforbrug.

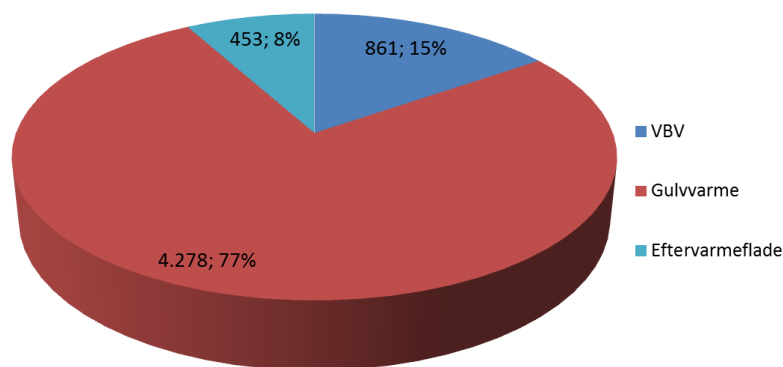
6.1 Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand

Tabel 6.2 viser husets samlede forbrug til rumvarme og varmt brugsvand fundet for månederne i det kunstige år. Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.1.

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
VBV	87	69	85	91	58	60	66	56	67	68	65	89	861
Gulvvarme	918	734	519	23	0	0	0	0	0	213	712	1159	4.278
Eftervarmeblade	95	74	51	2	1	1	1	1	2	16	69	139	453
Total rumopv.	1.100	877	655	116	59	61	67	57	69	297	846	1.387	5.592

Tabel 6.2: Målte energiforbrug i Stenagervænget 12. Alle værdier er opgivet i kWh.

Der er ud over ovenstående målt energitilførsel fra en forvarmeblade på loftet, hvor luften forvarmes ved at passere slangerne fra jordvarmepumpen. Dette bidrag er ikke medregnet i husets energiforbrug.



Figur 6.1. Fordeling af energiforbrug.

6.2 Energiforbrug til rumopvarmning

Ud fra forrige afsnit kan energiforbruget til rumvarme bestemmes. Det er dette forbrug der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det er væsentligt at huske, at de målte data ikke er vejrdato-korrigerede. En direkte sammenligning kan derfor ikke foretages. Der skal, forinden dette foretages, laves en PHPP-beregning med de målte vejrdato svarende til det

kunstige år. Dette sker ligeledes i afsnit 6.4. Tabel 6.3 viser forbruget over året samt det samlede forbrug til rumopvarmning.

Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Forbrug [kWh]	1013	808	570	25	1	1	1	1	2	229	781	1298	4731,2
Forbrug [kWh/m ²]	7,0	5,6	3,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	5,4	9,0	32,6

Tabel 6.3: Målt forbrug til rumopvarmning.

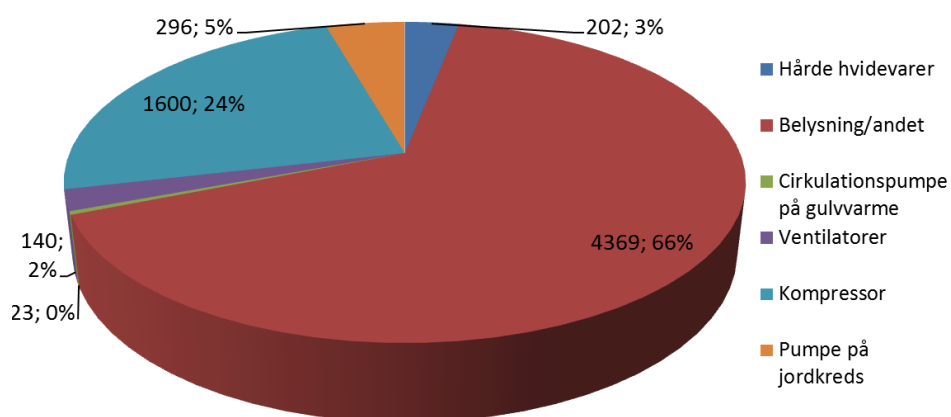
6.3 Husets samlede energiforbrug til el

Tabel 6.4 viser husets samlede forbrug til el genereret ud fra det kunstige år. Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.2. Det er dette forbrug, der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det totale el-forbrug vægtes med en primær energifaktor på 2,7 svarende til værdien brugt i PHPP.

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Hårde hvidevarer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	164	202
Belysning/andet	308	299	306	296	98	248	508	424	464	536	477	405	4369
Cirk. pumpe gulvvarme	1	5	2	0	1	0	0	0	0	1	5	8	23
Ventilatorer	10	10	11	11	12	12	13	13	12	12	12	12	140
Kompressor	259	218	132	76	50	36	49	37	45	99	227	370	1600
Pumpe jordkreds	39	33	17	8	7	15	40	32	17	12	27	47	296
Total el forbrug	617	565	469	391	168	311	611	506	539	660	785	1006	6629
Total el forbrug [kWh/m ²]	4,3	3,9	3,2	2,7	1,2	2,1	4,2	3,5	3,7	4,6	5,4	6,9	45,7

Tabel 6.4: Målte elforbrug i Stenagervænget 12. Alle værdier er opgivet i kWh.

Elforbruget er udelukkende vurderet på baggrund af data fra 2010 idet data fra 2011 ikke giver realistiske værdier, men viser et meget stort forbrug, som ikke kan forklares via målingerne.



Figur 6.2: Fordeling af elforbrug.

6.4 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om huset overholder passivhus-kriterierne vil de målte data fra det kunstige år i det følgende blive sammenlignet med et beregnet forbrug. Det beregnede forbrug er fundet ud fra de aktuelle målte vejrdato i perioden, som er indsat i PHPP. Heraf fås nye og mere reelle værdier til sammenligning. Værdierne svarer til de 15 kWh/m² pr år til rumvarme og 120 kWh/m² pr år i primær energi i standardåret, der normalt benyttes i

PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7. De beregnede og målte værdier findes i Tabel 6.5.

		Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdata	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov	[kWh/m ² pr år]	15	24	32,6
Primært Energibehov	[kWh/m ² pr år]	91	96	123

Tabel 6.5: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Det fremgår af ovenstående tabel, at passivhuskriteriet ikke umiddelbart er overholdt i huset. Dog er kriteriet fastlagt ud fra en række forudsætninger hvoraf en af forudsætningerne hedder en rumtemperatur på 20°C. I stenagervænget 12 har rumtemperaturen i opvarmningssæsonen langt fra været 20°C. Dette fremgår af Tabel 6.6.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Køkken/alrum	23,9	23,3	24,1	23,8	24,9	25,3	25,0	25,5	24,8	24,0	23,4	22,8
Værelse	23,3	22,6	23,2	22,8	24,0	24,9	24,6	25,0	24,4	23,5	23,5	22,3
Baderum	23,2	22,4	22,8	22,1	23,3	24,1	23,7	24,3	23,2	22,5	22,6	22,1
Soveværelse	23,1	22,2	22,9	22,9	23,9	24,2	23,9	24,3	23,9	23,3	22,6	21,9

Tabel 6.6: Gennemsnitstemperaturer for månederne i det kunstige år.

Ud fra temperaturerne i Tabel 6.6 beregnes en middeltemperatur for opvarmningssæsonen til 23,0°C, hvilket ligger langt fra de forudsatte 20°C i PHPP-beregningen. Gentages beregningen med 23,0°C i stedet for 20°C findes frem til resultatet i Tabel 6.7.

	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdata	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år + rumtemp. på 23,0°C	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov [kWh/m ² pr år]	15	24	31	32,6
Primært Energibehov [kWh/m ² pr år]	91	96	101	123

Tabel 6.7: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Efter sidstnævnte korrektion ses at de målte og beregnede værdier stemmer godt overens når rumvarmebehovet vurderes. En forklaring på den sidste lille afvigelse kan være, at der i huset kun er to beboere og et barn, dvs at den interne belastning i huset er mindre end antaget i PHPP. Desuden ses det, at afvigelsen fra PHPP-beregningen fra det forventede energiforbrug i høj grad skyldes brugeradfærden og den forhøjede rumtemperatur, som dermed har stor betydning for husets energiforbrug. Ved vurdering af det primære energibehov stemmer beregning og virkelighed ikke overens, men passivhuskriteriet er stadig overholdt, da kravet på 120 kWh/m² pr år stiger når rumtemperaturen stiger, på samme vis som for rumvarmebehovet.

Det tredje passivhus kriterium er kravet til tæthed. Ved opførelse og dimensionering af passivhuse, bliver der i høj grad lagt fokus på såvel varmetab igennem konstruktionen som tætheden af klimaskærmen. Tætheden af boligen er kontrolleret ved blowerdoor test af hvert konsortium. Resultatet af blowerdoor testen kan ses i Tabel 6.8 sammen med Passivhuskriterierne og kravet fra bygningsreglementet 2008.

Lufttæthed		Krav	Målt værdi
PHI	$[h^{-1}]$ v. $\Delta P = 50$ Pa	0,6	0,59
BR08	$[l/s \text{ pr } m^2]$ v. $\Delta P = 50$ Pa	1,5	0,33

Tabel 6.8. Blowerdoor testresultat og krav fra PHI samt bygningsreglementet 2008.

Det kan ses fra blowerdoor-testresultatet at passivhus kriteriet på $0,60 h^{-1}$ er overholdt. Kravet til passivhuse er højere end kravet fra bygningsreglementet 2008, som i dette tilfælde er ca. 450 % større end den målte infiltration.

6.5 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur

Det anbefales af PHI at der maks. 10% af tiden er temperaturer over $25^{\circ}C$. Ved brug af vejrdatasættet for det kunstige år, kan dette tal også beregnes i PHPP for det kunstige år og dermed direkte sammenlignes med målingerne. Denne sammenligning er foretaget i Tabel 6.9.

	Forventet tid med overtemperatur beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet tid med overtemperatur beregnet med kunstigt år	Målt ud fra værdier i kunstigt år (middel for alle rum)
Overtemperatur [%]	4	3	12

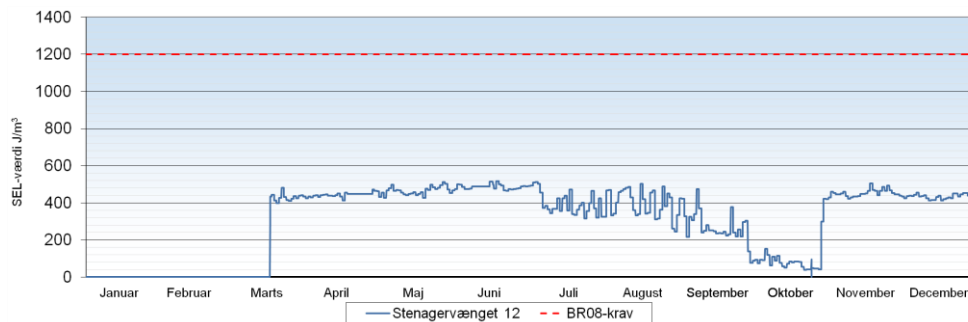
Tabel 6.9: Kontrol af passivhus-anbefaling om maks 10% tid med overtemperatur.

Det ses af ovenstående tabel, at huset afviger fra passivhus anbefalingen om overtemperatur i maks 10% af tiden. Desuden er de 12% fundet som en middelværdi for alle rum. I stuen var afvigelsen på 27%, hvilket ikke er tilfredsstillende.

7. Installationer

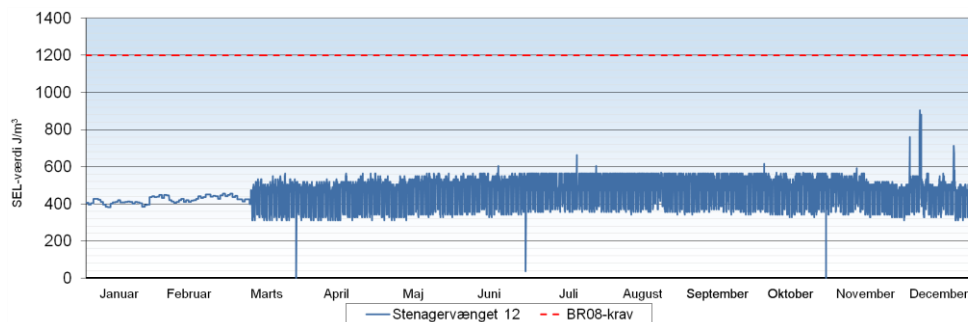
Der er i huset vurderet hvorledes SEL-værdien for anlægget har været gennem måleperioden. Nedenstående figurer viser den målte SEL-værdi sammen med BR08-kravet. Her fremgår det, at anlægget i hele perioden er langt under BR08-kravet.

2009



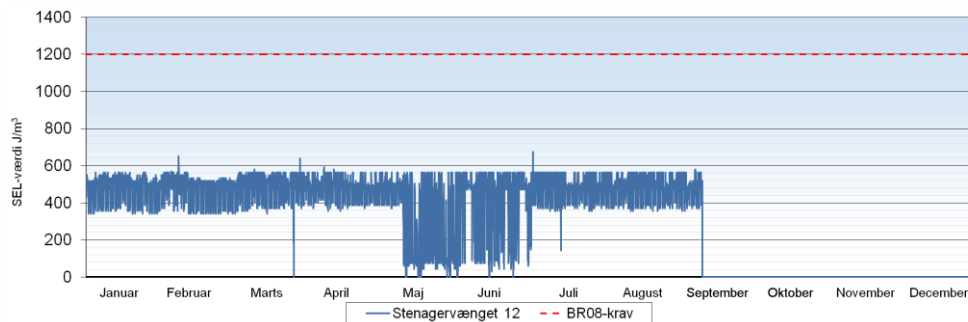
7.1: Målt SEL-værdi for 2009.

2010



7.2: Målt SEL-værdi for 2010.

2011



7.3: Målt SEL-værdi for 2011.

Vurdering af varmevekslerens effektivitet fremgår af projektets tværgående rapport "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

8. Kildeliste

- [BR08] *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [DS490] DS 490, Lysklassifikation af boliger, Dansk standard, 2007
- [Koch et al.] *Fugt i boligen*, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Hyldgård] *Støjfri ventilationsanlæg*, Carl Erik Hyldgård, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Indeklima og Energi, DCE Lecture Notes No. 15, 2007, ISSN 1901-7286
- [Larsen] *Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri*, Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 65 s. (DCE Contract Reports; 100)
- [PHPP2007] *Passive House Planning Package, Technical information PHI 2007/1, Requirements for Quality Approved Passive Houses*, Wolfgang Feist, Rainer Pfluger m.fl, 2007
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI217] *SBI-anvisning 217, Udførelse af bygningsakustiske målinger*, Dan Hoffmeyer
Henrik S. Olesen & Birgit Rasmussen, Statens byggeforskningsinstitut, 2008
- [SBI219] *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*, Kjeld Johnsen & Jens Christoffersen, Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [DS/EN 15251] *DS/EN 15251, Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*, Dansk standard, 2007.

9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering

Nedenstående afsnit er den vurderingsmetode der i projektets start i 2008 blev opstillet til vurdering af indeklimate. Afsnittet er IKKE brugt i nærværende rapport, men vedlægges blot til orientering.

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklimate ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimate". Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori B som minimum være opfyldt. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 9.1 og 9.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 9.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklimate tager udgangspunkt i DS490, Lydklassifikation af boliger og gennemgås i afsnit 9.4.

9.1 Termisk indeklimate

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklimate, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 9.1 temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	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
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

Tabel 9.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]

Som det ses i Tabel 9.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

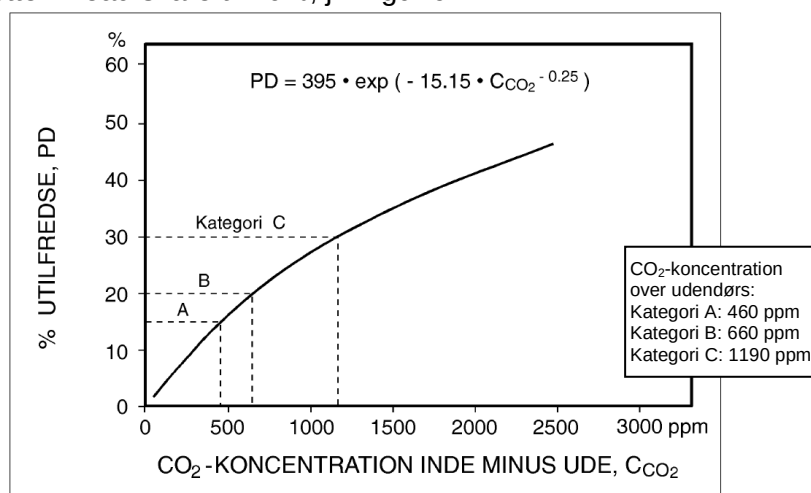
9.2 Atmosfærisk indeklimate

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgangning af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklimate er, at antallet af utilfredse reduceres når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

9.2.1 Vurdering af CO₂-niveau

Ved vurdering af CO₂-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO₂-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO₂-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm

for at opfylde kategori B. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 9.1.

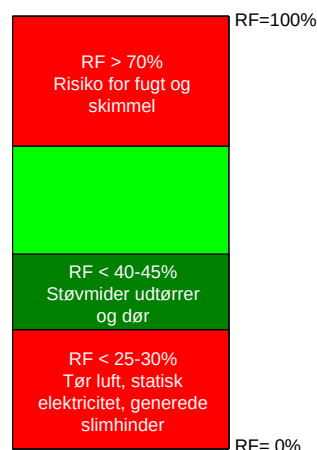


Figur 9.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO₂-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]

9.2.2 Vurdering af relativ luftfugtighed

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.



Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.

9.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt".

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	(6.5.1, STK. 1) Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet. Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	(6.5.2, STK. 1) I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en dagslysfaktor på 2% også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås hele vejen ind gennem rummet og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

9.4 Akustisk indeklima

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklima* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
STK. 1 Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	(6.4.2, STK. 1 - STK. 4) Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning. Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange. Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

Lydkrav

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

4.2

Lydklasse B

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

4.3

Lydklasse C

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

9.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område, $L_{pA,LF}$, ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 9.2.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 9.2. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

9.4.2 Krav til efterklangstider

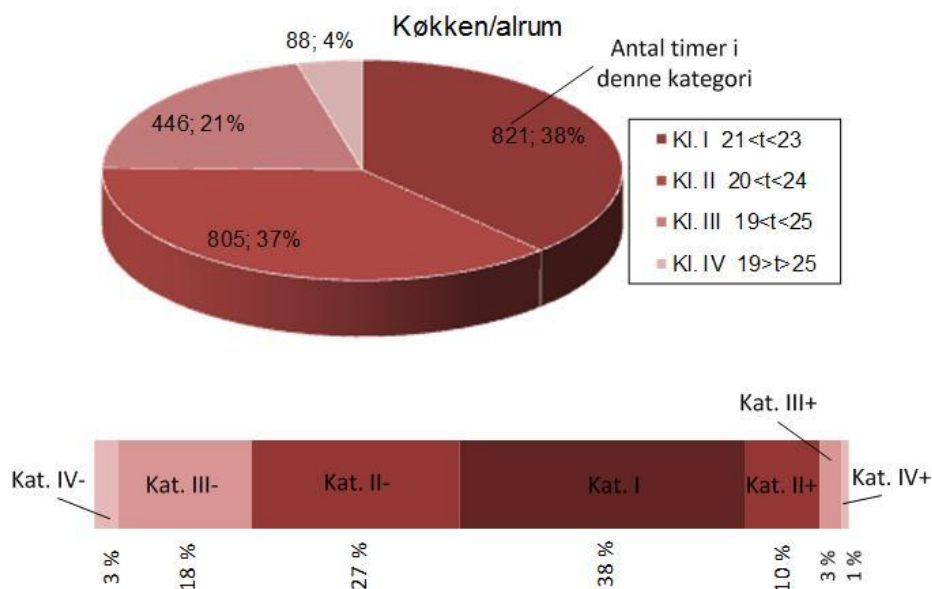
Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 9.3. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdsrum".

Rumtype	Klasse A T_{is}	Klasse B T_{is}	Klasse C T_{is}	Klasse D T_{is}
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 9.3. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

10. Bilag B – Termisk indeklima

Dette bilag indeholder diagrammer for temperaturfordelingen i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. For overskuelighedens skyld er enkelte signaturer i graferne udeladt. Opbygningen af grafer og diagrammer fremgår af eksemplet i Figur 10.1.



Figur 10.1: Signaturforklaring til diagrammer

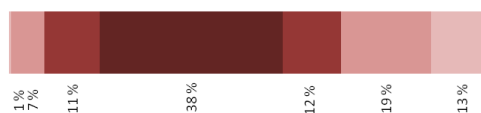
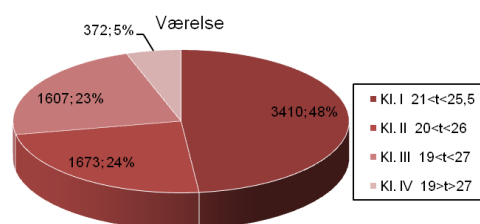
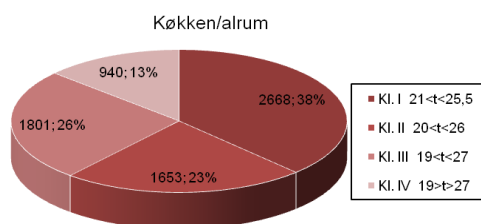
Det øverste diagram angiver fordelingen af henholdsvis timer og % på kategori I, II og III. Kategori IV angiver tid udenfor de øvrige kategorier. Når det i projektet angives, at kategori II skal overholdes omfatter tid i kategori II både andelen af timer i andelen kaldet kategori II og kategori I.

Det nederste diagram angiver hvorvidt rummet ligger i den lave eller høje ende af skalaen. Kat II- angiver fx hvor stor en del af tiden, at temperaturen ligger mellem 20°C og 21°C – dvs forskellen fra den nederste grænse i kategori I til den nederste grænse i kategori II. På tilsvarende måde angiver kategori II+ tiden, der ligger mellem 23°C og 24°C.

10.1 Generel situation hele året

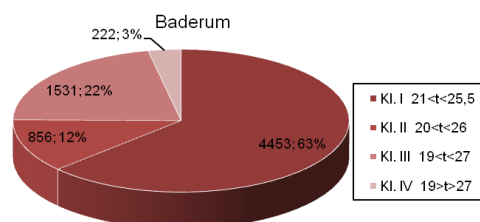
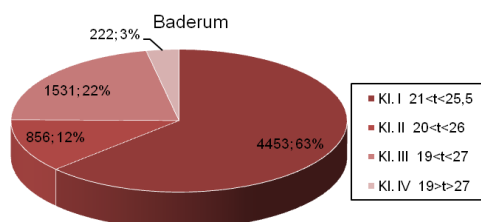
Ved vurdering af temperaturer på årsniveau er komfortskalaen for både sommer og vintersituation slået sammen således, at kategori II i denne vurdering omfatter alle temperaturer mellem 20°C og 26°C.

2009



Figur 10.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

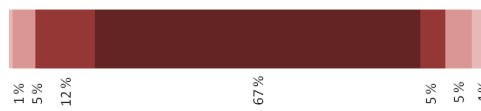
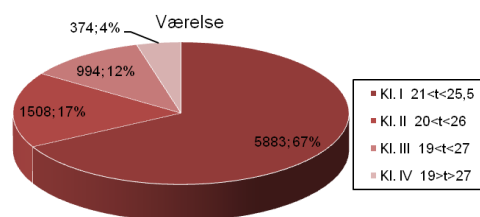
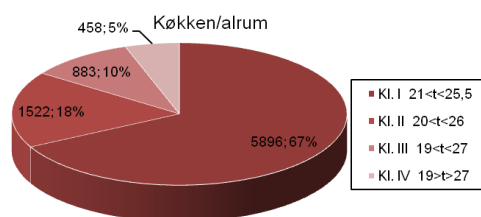
Figur 10.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



Figur 10.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

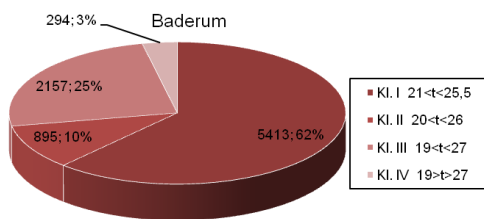
Figur 10.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

2010

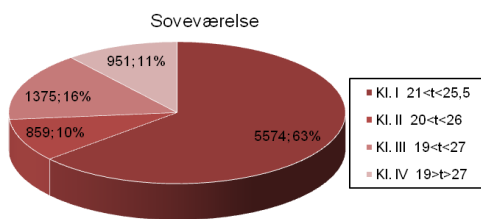


Figur 10.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

Figur 10.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

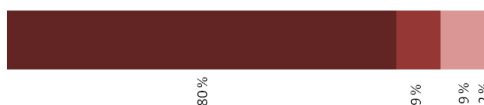
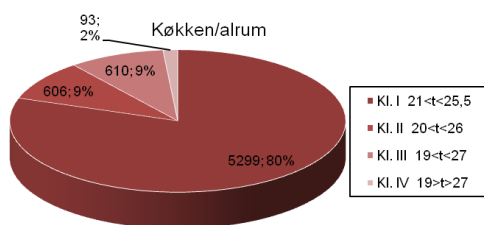


Figur 10.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

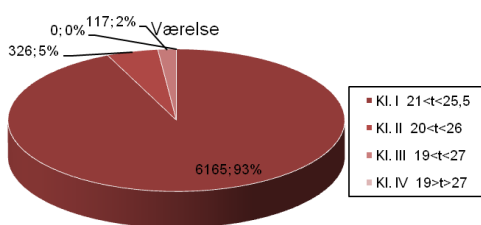


Figur 10.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

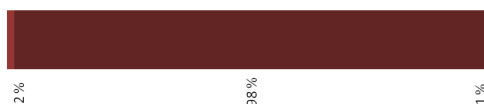
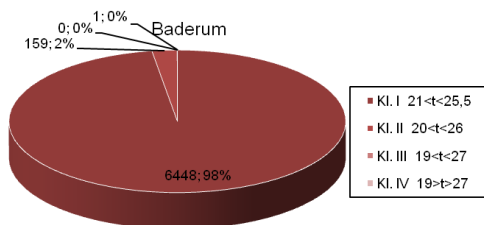
2011



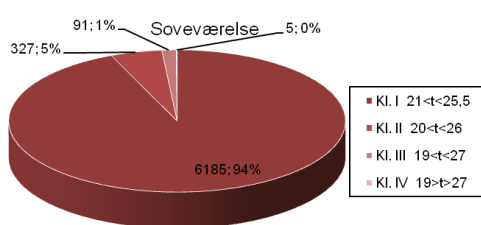
Figur 10.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 10.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

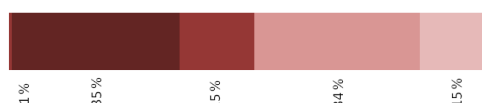
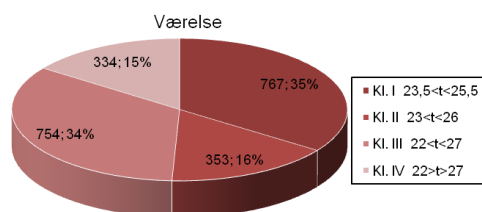
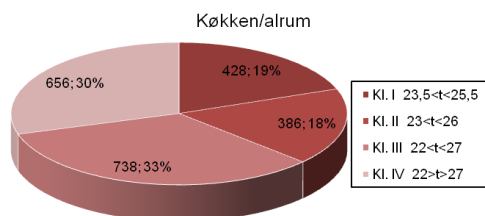


Figur 10.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

10.2 Sommersituation

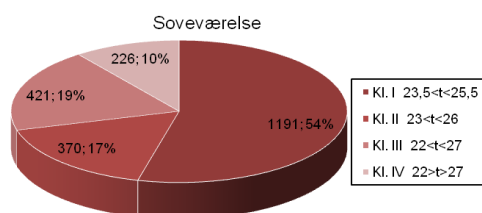
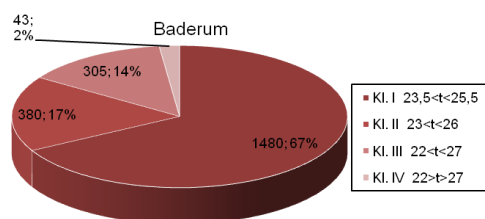
Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned. Sommerbeklædning er altid benyttet ved vurderingen af det termiske indeklima for denne årstid.

2009



Figur 10.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

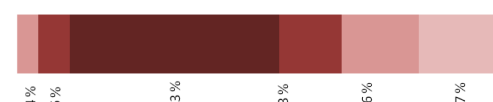
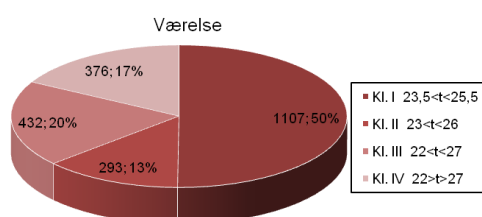
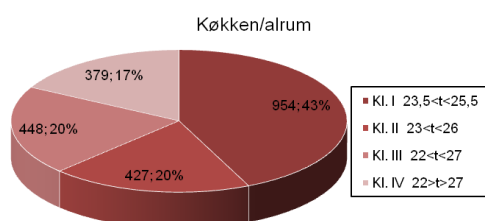
Figur 10.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



Figur 10.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

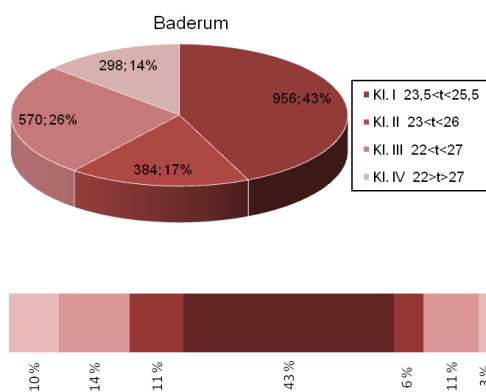
Figur 10.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

2010

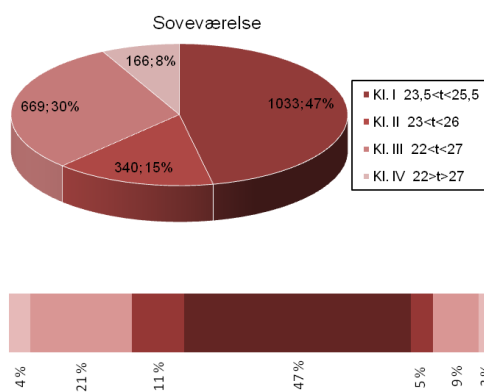


Figur 10.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

Figur 10.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

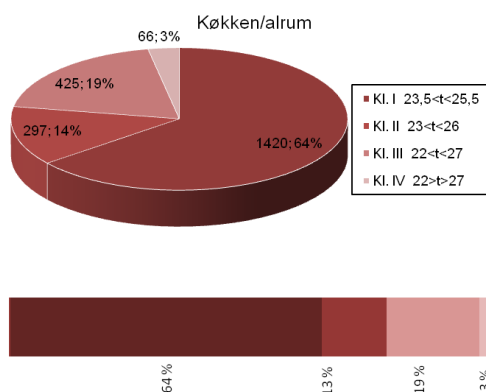


Figur 10.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

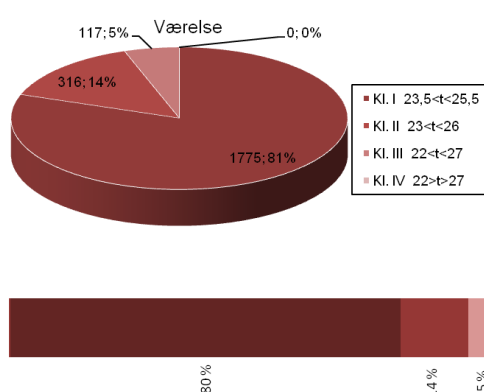


Figur 10.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

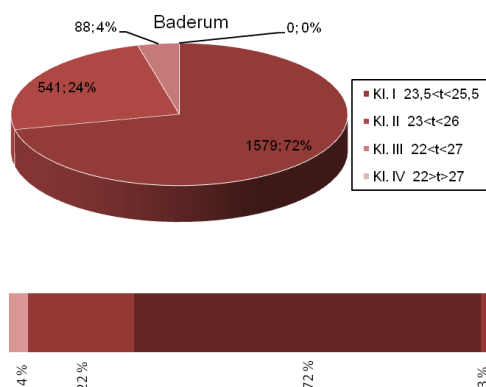
2011



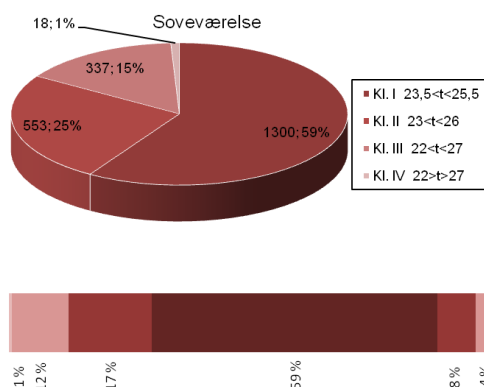
Figur 10.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 10.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



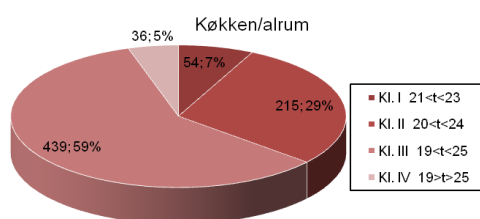
Figur 10.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

10.3 Vintersituation

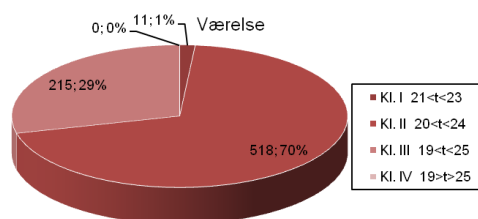
Vintersituationen er defineret som værende januar, februar og december. Til vurdering af den termiske komfort er vinterbeklædning altid benyttet til denne årstid.

2009

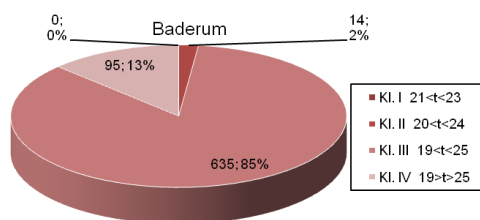
Da vintersituationen er defineret til at være januar, februar og december og der ikke er målinger fra januar og februar vil undersøgelsen af vinterscenariet for 2009 kun indeholde data fra december. Kategoriseringen af timer i de forskellige rum er vist herunder på Figur 10.26, Figur 10.27, Figur 10.28 og Figur 10.29.



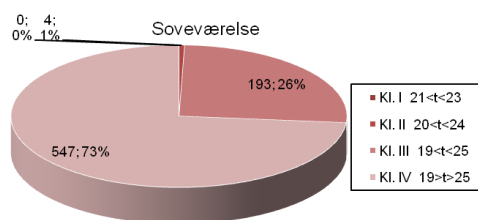
Figur 10.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



Figur 10.28: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

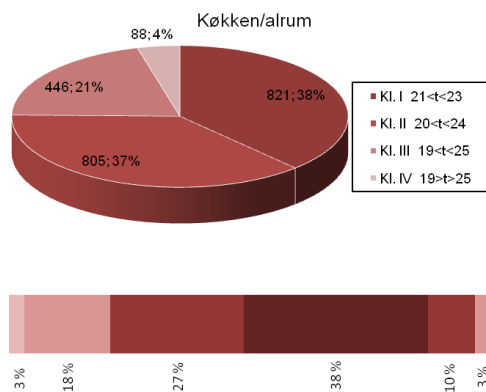


Figur 10.29: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

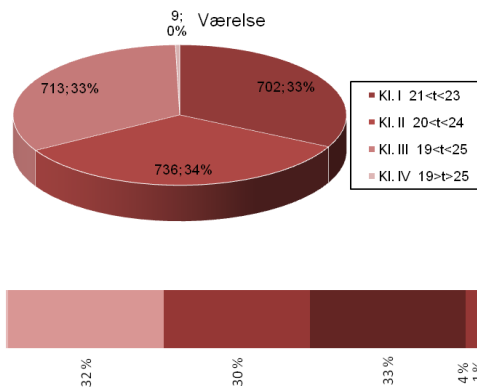
Undersøgelsen viser at det er i værelset kriteriet for temperaturen er overholdt i den største del af perioden. 70 % af tiden overholdes kategori II, hvorimod det i køkken/alrum er 36 % og henholdsvis 1 % og 2 % for baderum og soveværelse.

2010

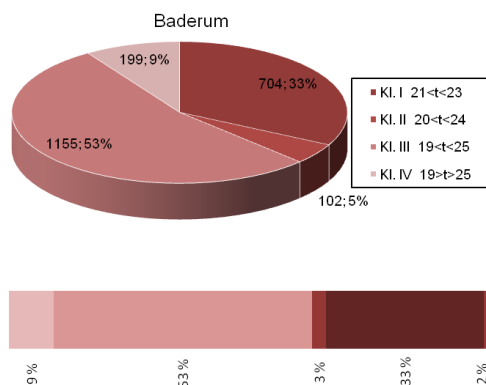
I 2010 har huset været beboet i alle vintermåneder. Resultatet af undersøgelsen kan ses på Figur 10.30, Figur 10.31, Figur 10.32 og Figur 10.33



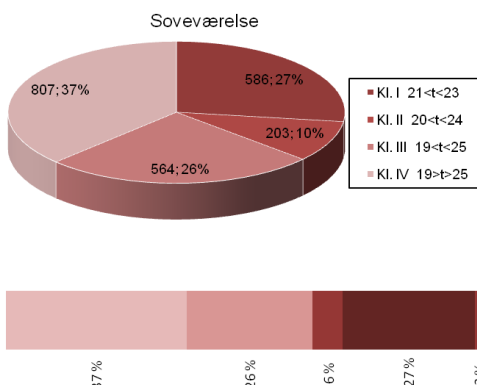
Figur 10.30: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.31: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

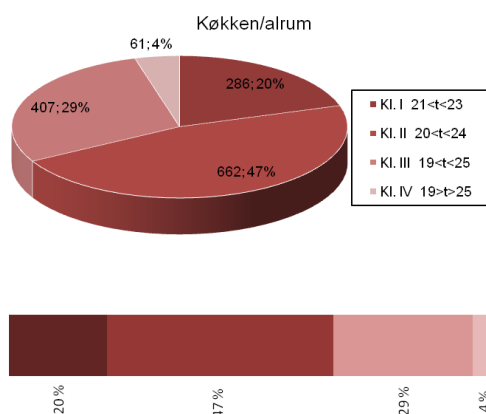


Figur 10.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

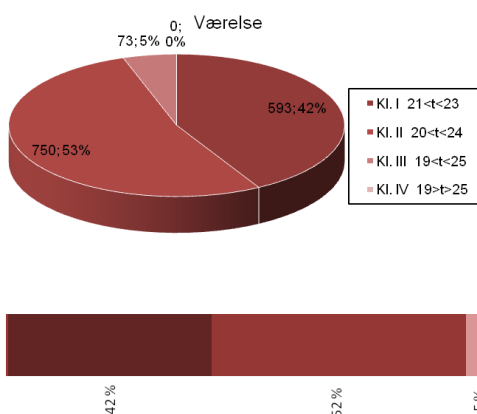


Figur 10.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

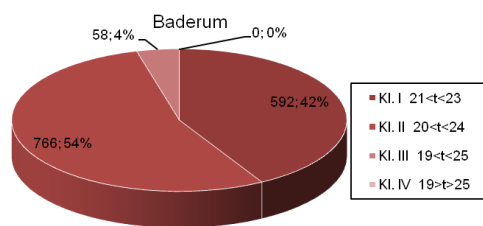
2011



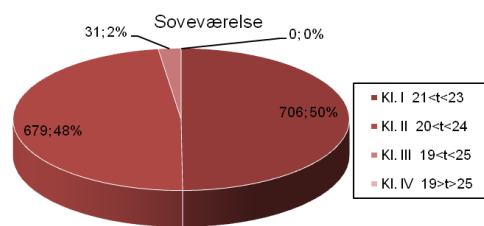
Figur 10.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 10.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

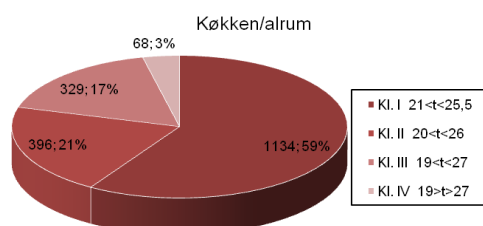


Figur 10.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

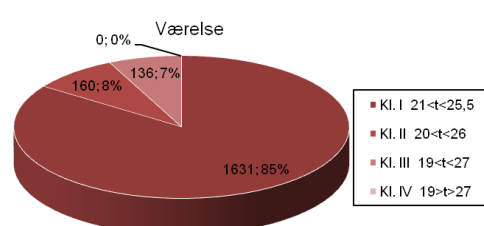
10.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

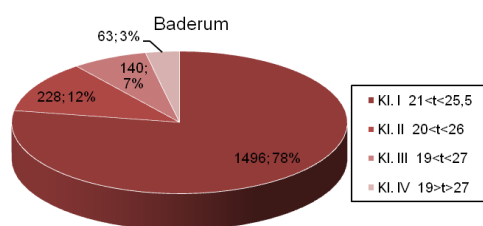
2009



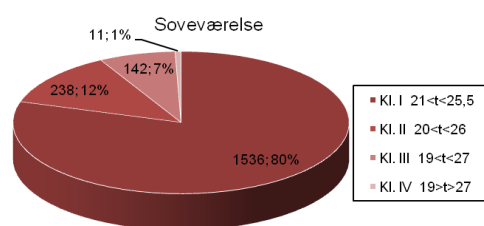
Figur 10.38: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.39: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

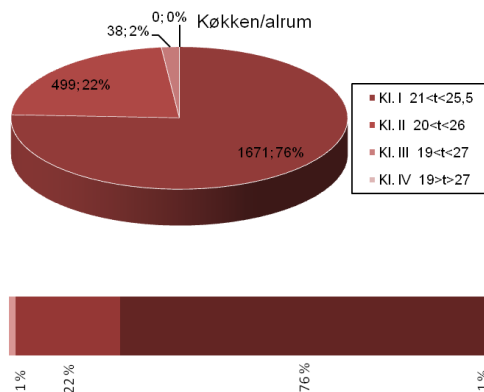


Figur 10.40: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

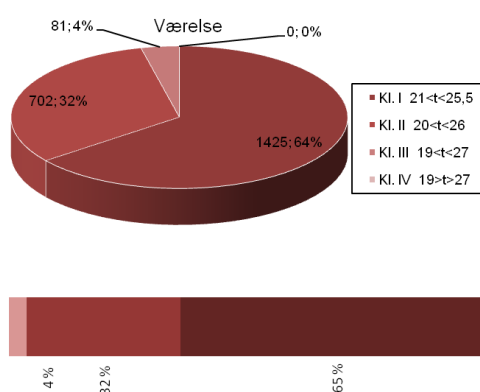


Figur 10.41: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

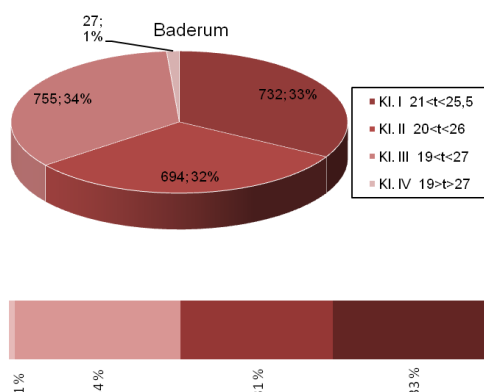
2010



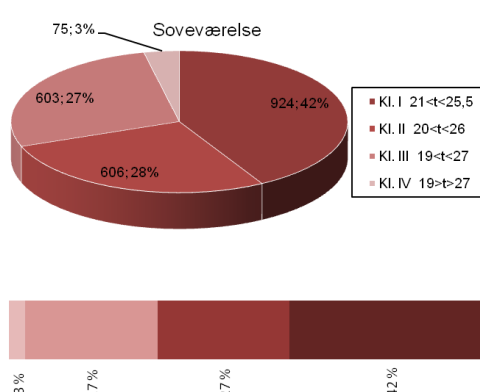
Figur 10.42: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.43: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

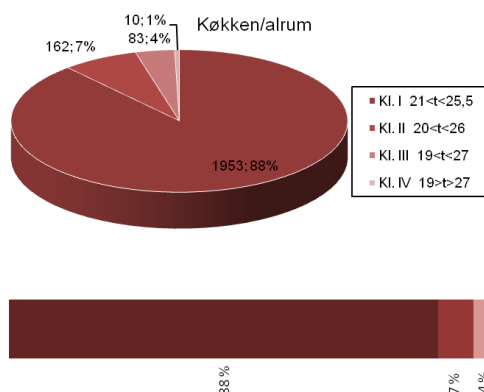


Figur 10.44: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

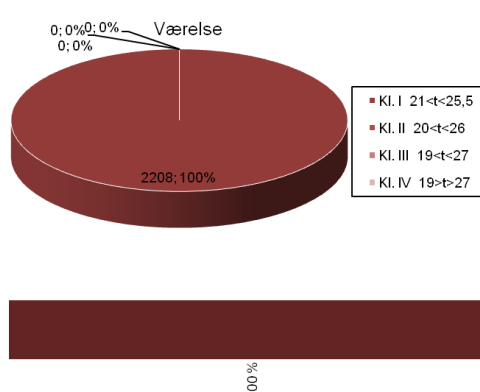


Figur 10.45: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

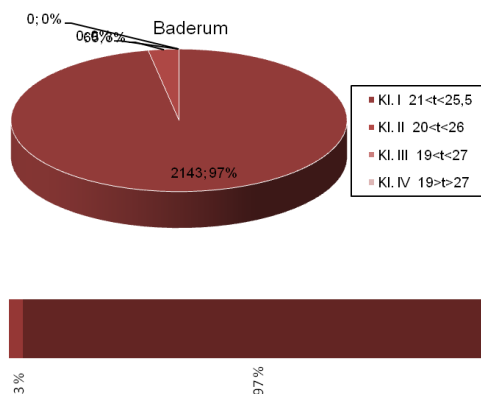
2011



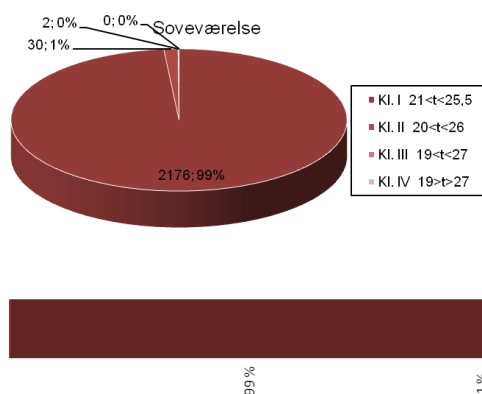
Figur 10.46: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

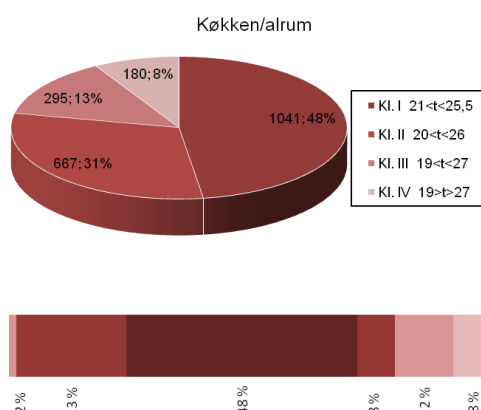


Figur 10.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

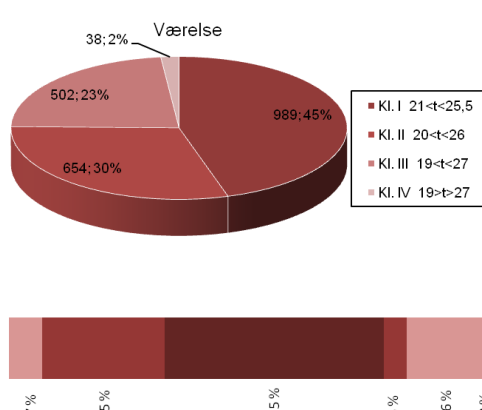
10.5 Efterårssituation

Denne periode er defineret som september, oktober og november. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

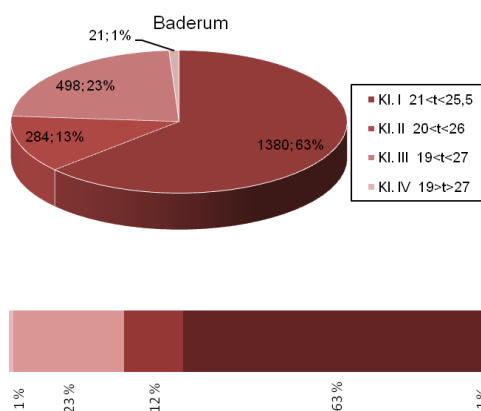
2009



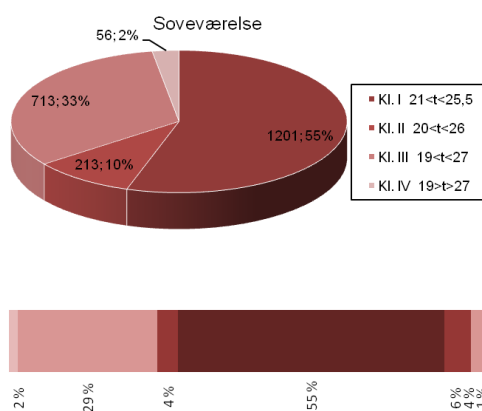
Figur 10.50: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 10.51: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

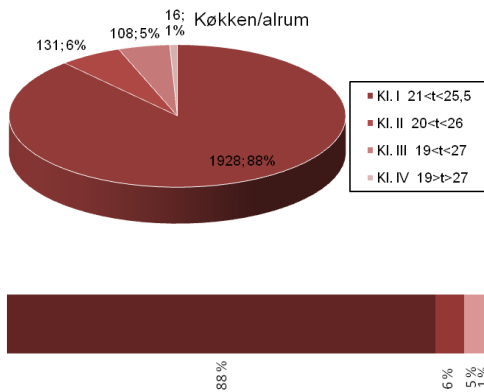


Figur 10.52: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

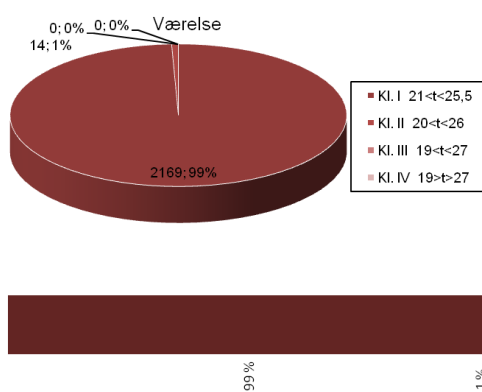


Figur 10.53: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

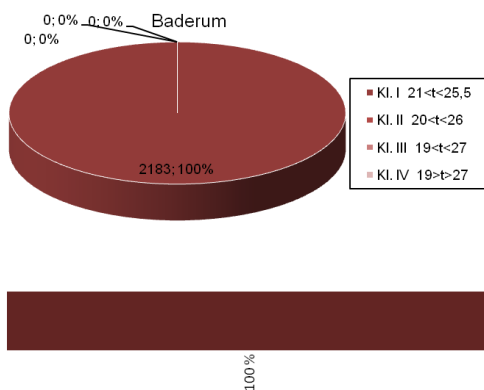
2010



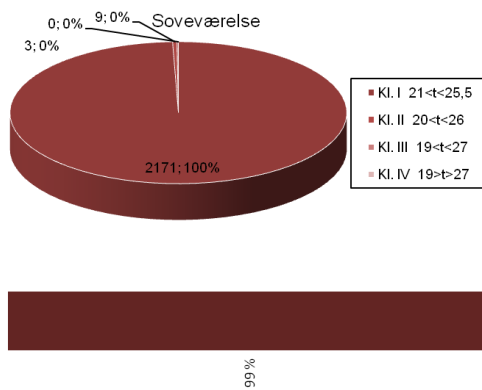
Figur 10.54: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

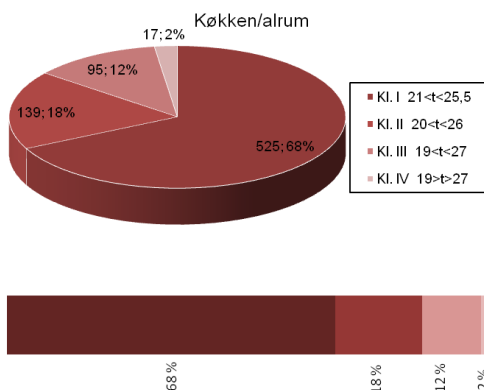


Figur 10.56: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

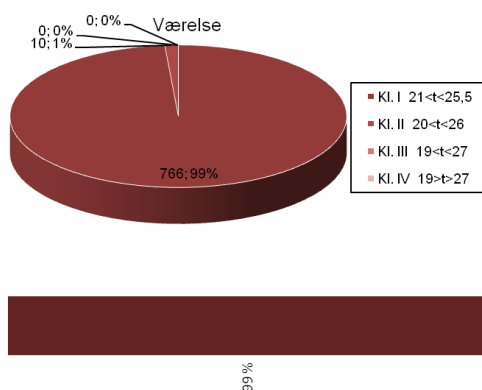


Figur 10.57: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

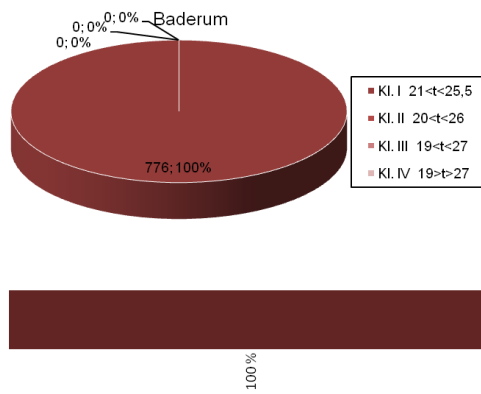
2011



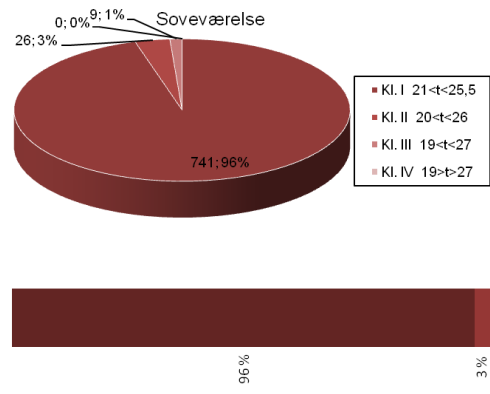
Figur 10.58: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 10.59: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 10.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 10.61: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

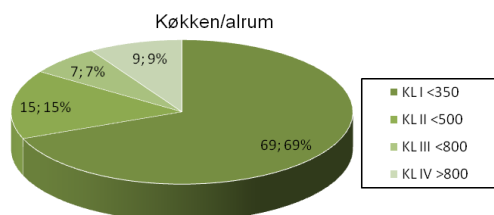
Dette bilag indeholder diagrammer for CO₂-niveauet i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.1.

11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

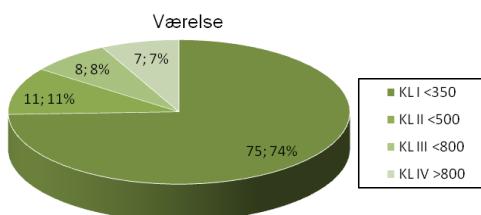
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

11.1.1 Generel situation hele året

2009

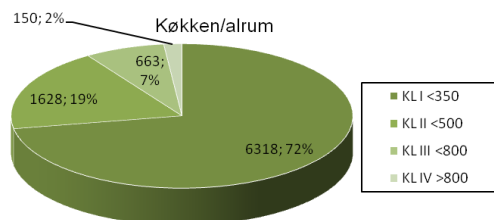


Figur 11.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

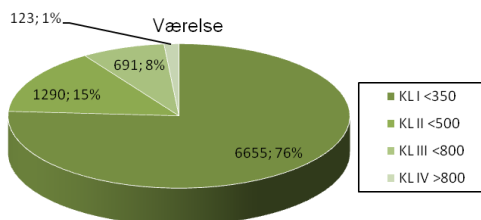


Figur 11.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

2010

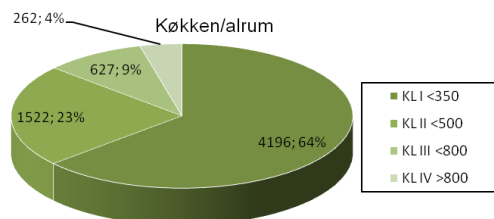


Figur 11.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

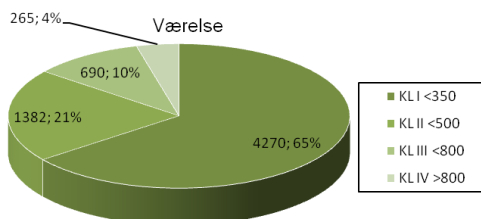


Figur 11.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

2011



Figur 11.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.

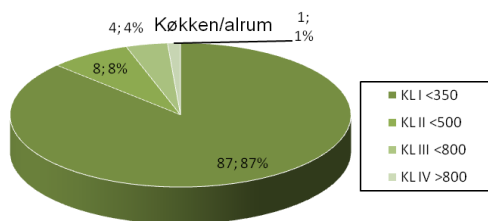


Figur 11.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.

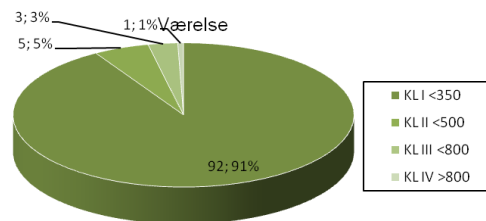
11.1.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned.

2009

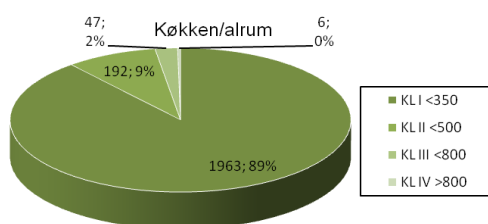


Figur 11.7: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

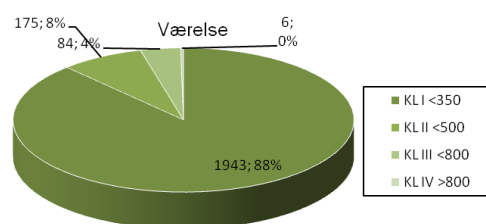


Figur 11.8: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

2010

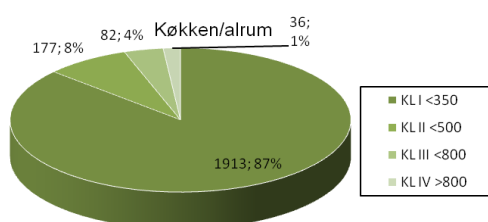


Figur 11.9: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

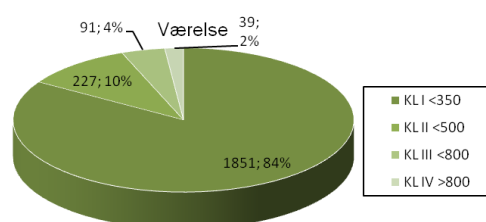


Figur 11.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



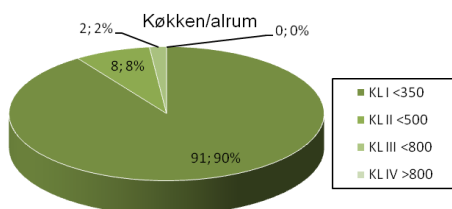
Figur 11.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.

11.1.3 Vintersituation

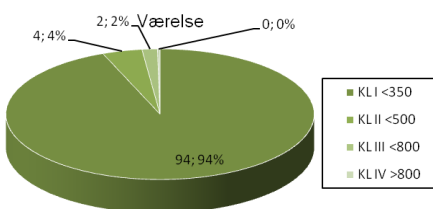
Vinter er defineret som januar, februar og december

2009

Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

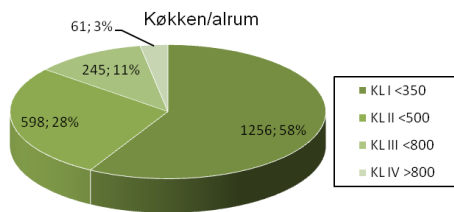


Figur 11.13: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

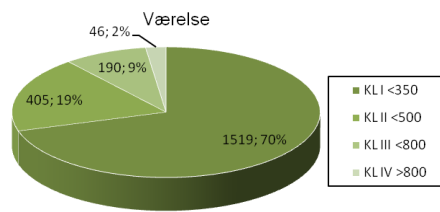


Figur 11.14: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

2010

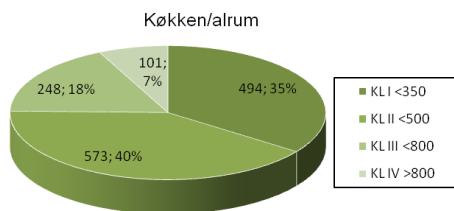


Figur 11.15: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

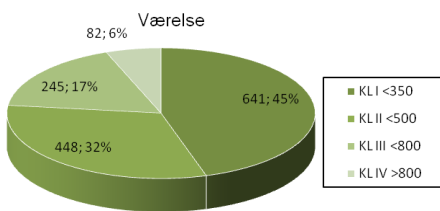


Figur 11.16: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.17: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.

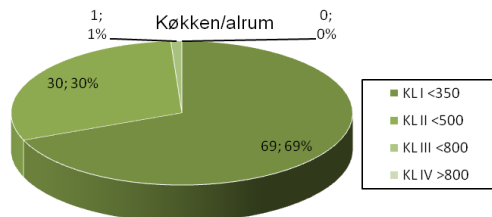


Figur 11.18: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.

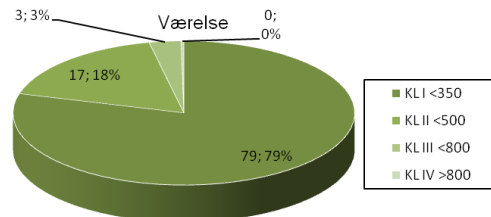
11.1.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj.

2009

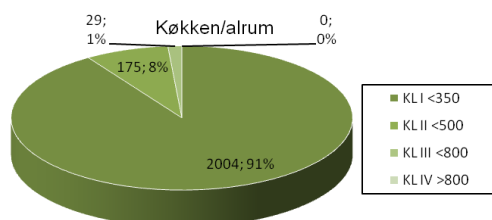


Figur 11.19: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

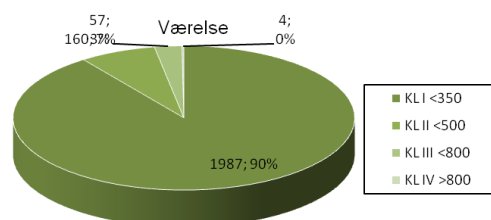


Figur 11.20: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

2010

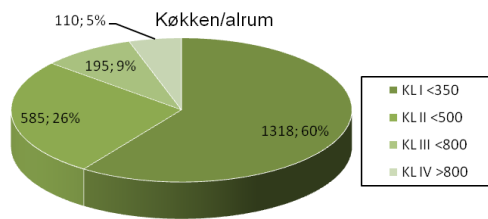


Figur 11.21: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

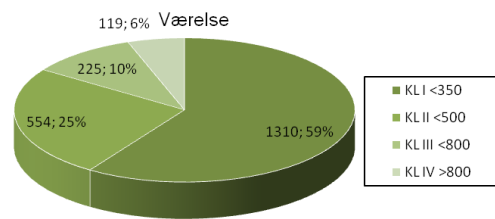


Figur 11.22: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.23: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.

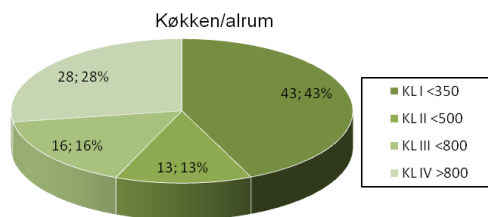


Figur 11.24: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.

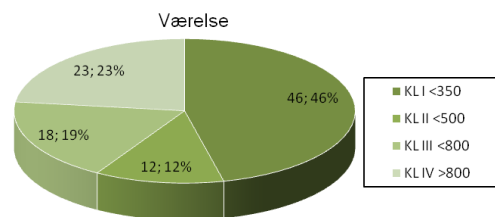
11.1.5 Efterårssituation

Efterår er defineret som september, oktober og november.

2009

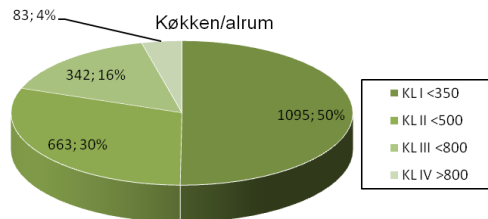


Figur 11.25: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

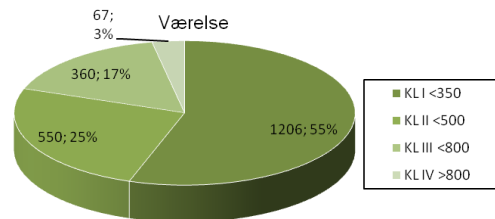


Figur 11.26: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

2010

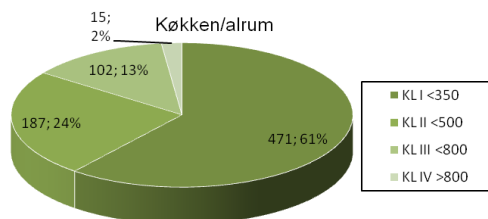


Figur 11.27: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

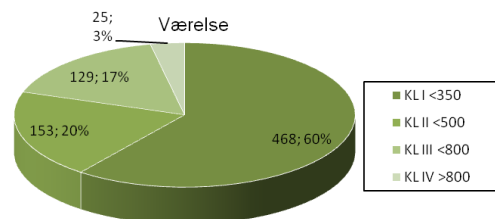


Figur 11.28: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.29: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



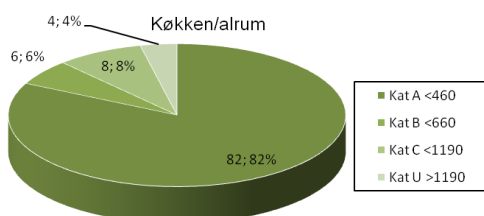
Figur 11.30: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.

11.2 Cirkeldiagrammer CR1752

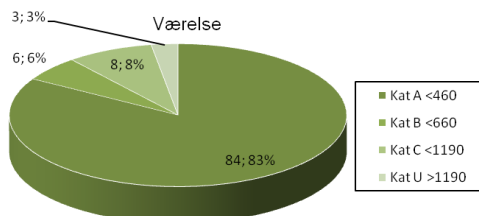
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

11.2.1 Generel situation hele året

2009

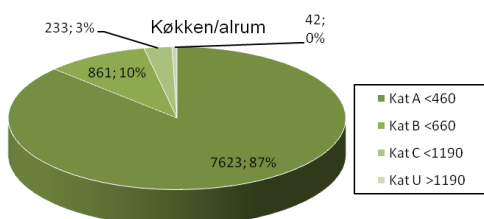


Figur 11.31: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

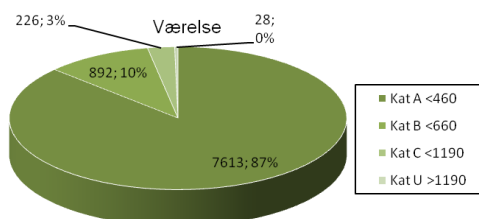


Figur 11.32: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

2010

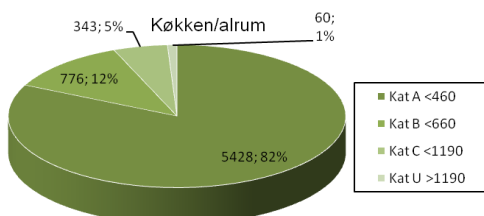


Figur 11.33: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

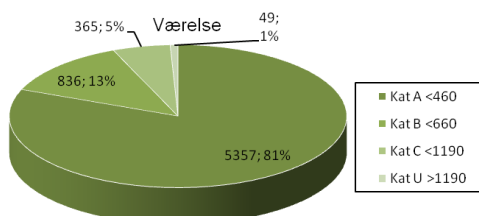


Figur 11.34: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

2011



Figur 11.35: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.

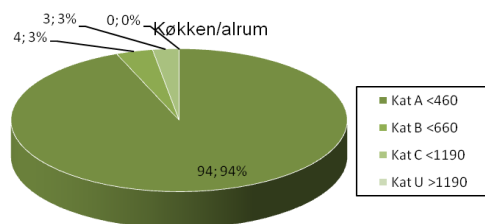


Figur 11.36: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.

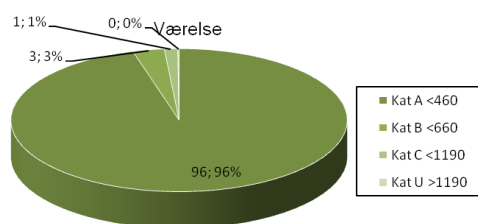
11.2.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned.

2009

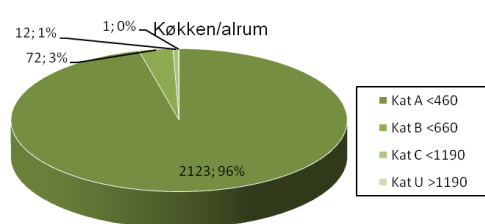


Figur 11.37: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

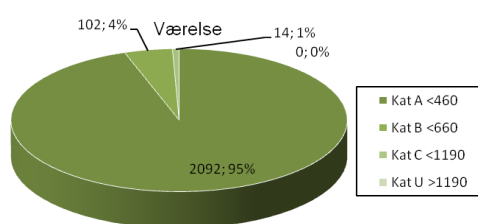


Figur 11.38: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

2010

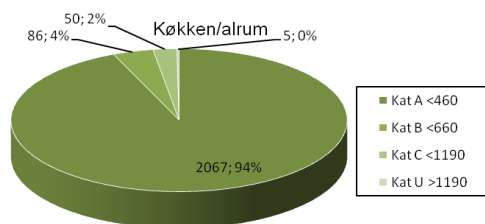


Figur 11.39: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

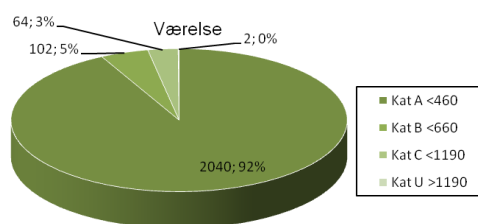


Figur 11.40: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.41: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



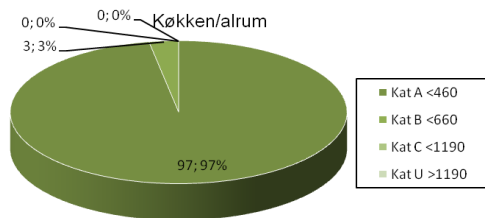
Figur 11.42: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.

11.2.3 Vintersituation

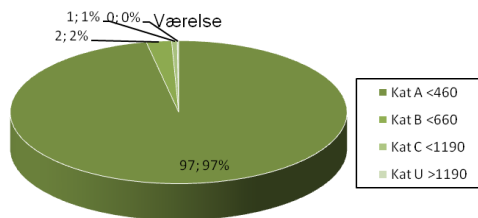
Vintersituationen er defineret som januar, februar og december måned.

2009

Vinteren 2009 er kun for december, da huset ikke var beboet januar og februar 2009.

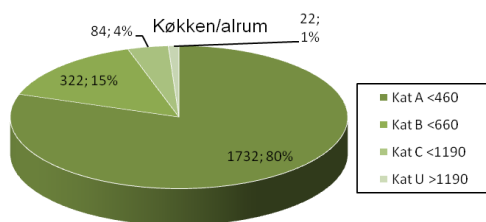


Figur 11.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

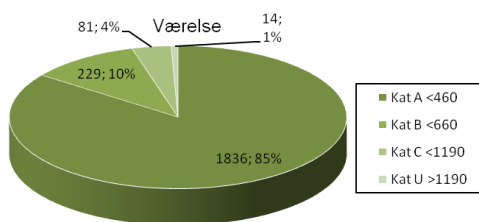


Figur 11.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

2010

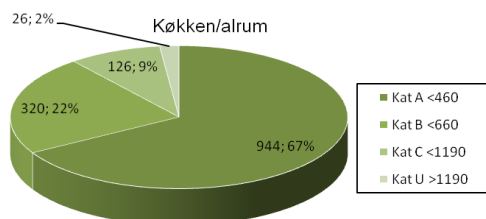


Figur 11.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

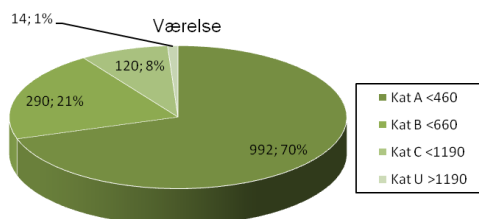


Figur 11.46: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.47: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.

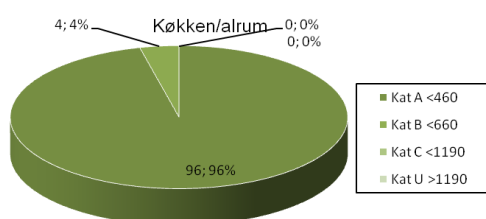


Figur 11.48: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.

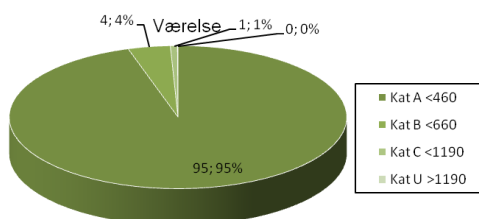
11.2.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj.

2009

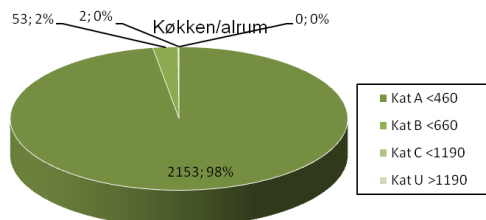


Figur 11.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

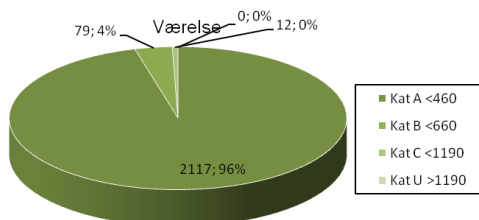


Figur 11.50: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

2010

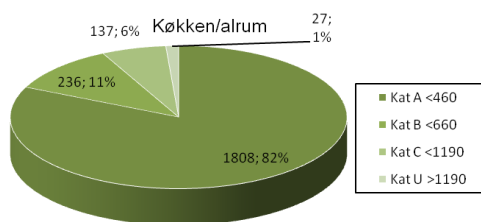


Figur 11.51: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

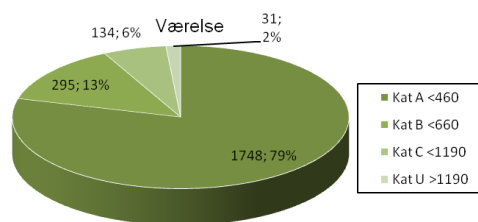


Figur 11.52: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.53: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.

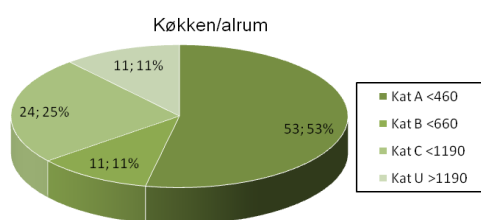


Figur 11.54: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.

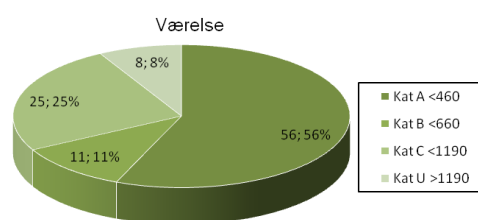
11.2.5 Efterårssituation

Efterår er defineret som september, oktober og november

2009

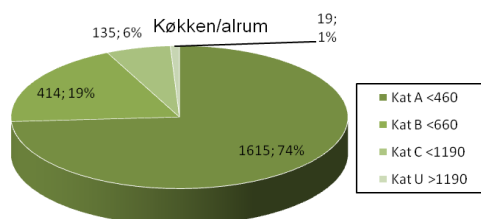


Figur 11.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

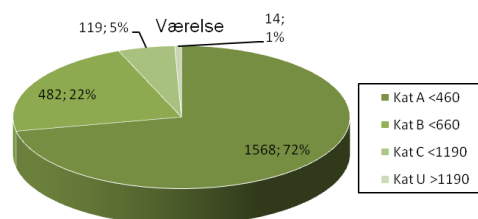


Figur 11.56: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

2010

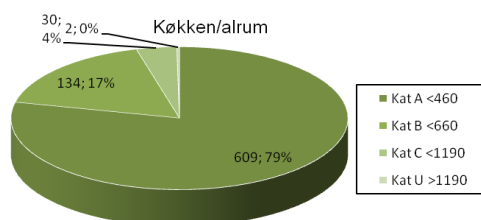


Figur 11.57: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

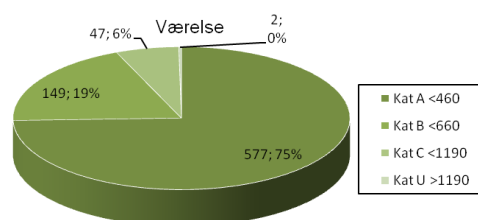


Figur 11.58: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

2011



Figur 11.59: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.

12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)

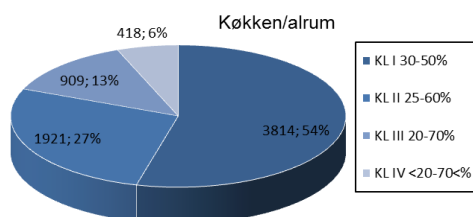
Dette bilag indeholder diagrammer for den relative luftfugtighed i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.2.

12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

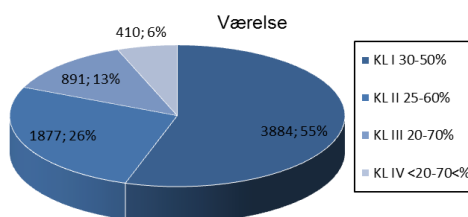
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

12.1.1 Generel situation hele året

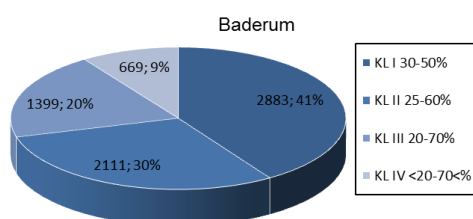
2009



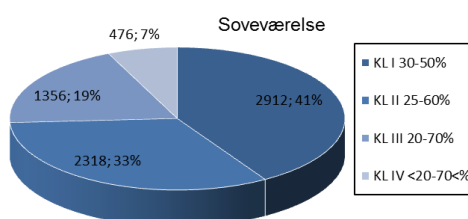
Figur 12.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

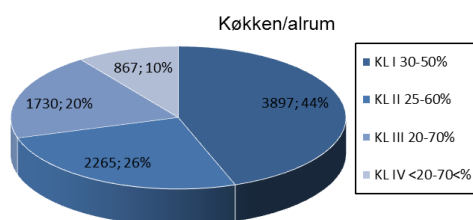


Figur 12.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

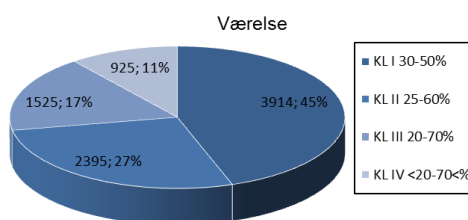


Figur 12.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

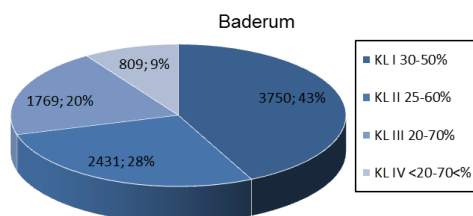
2010



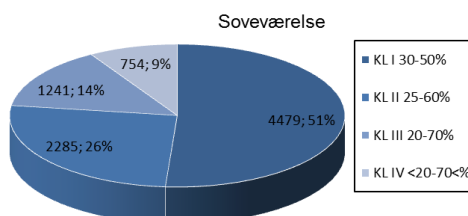
Figur 12.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

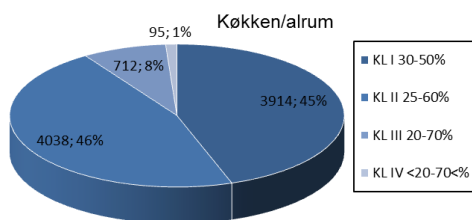


Figur 12.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

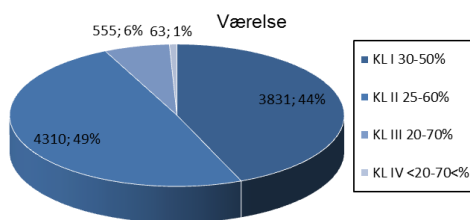


Figur 12.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

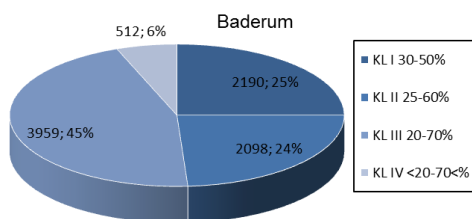
2011



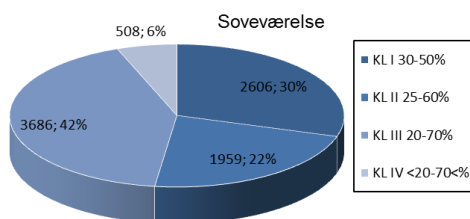
Figur 12.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 12.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

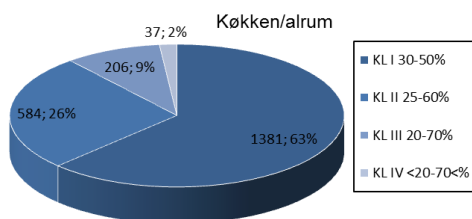


Figur 12.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

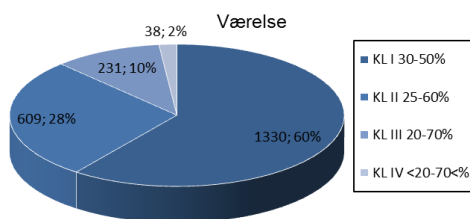
12.1.2 Sommersituation

Sommer er defineret som juni, juli og august.

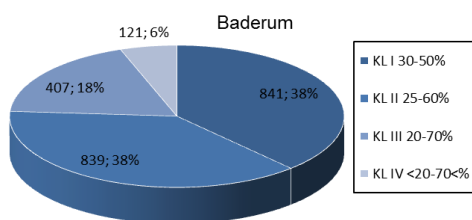
2009



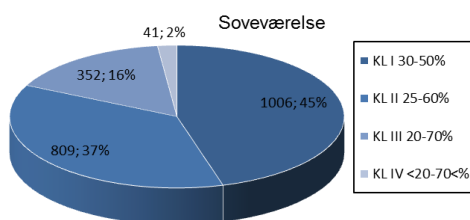
Figur 12.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

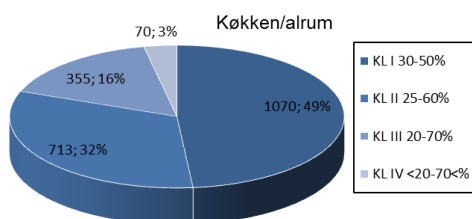


Figur 12.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

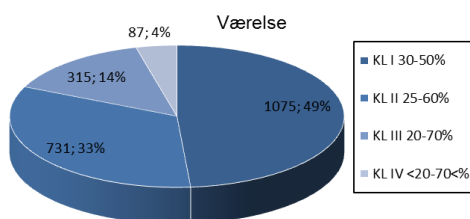


Figur 12.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

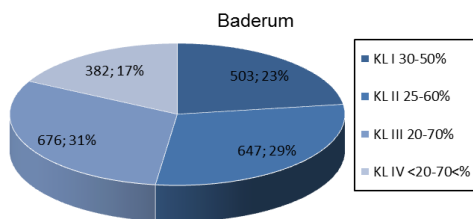
2010



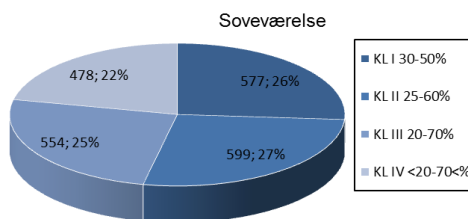
Figur 12.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

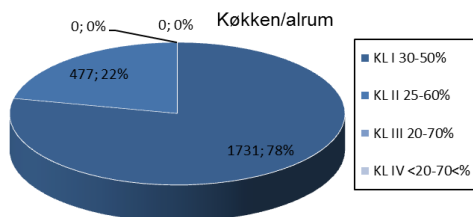


Figur 12.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

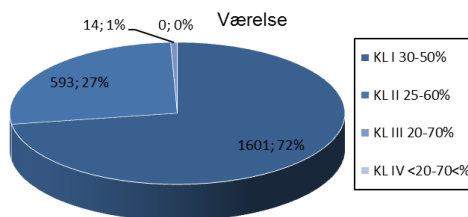


Figur 12.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

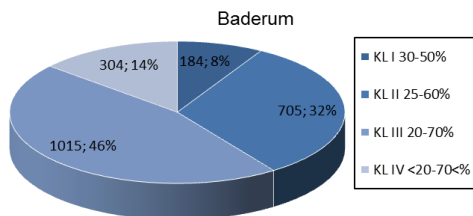
2011



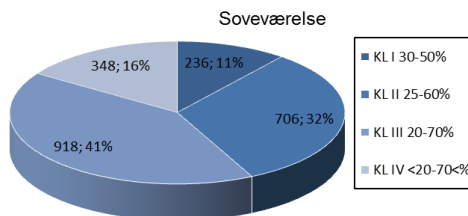
Figur 12.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 12.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



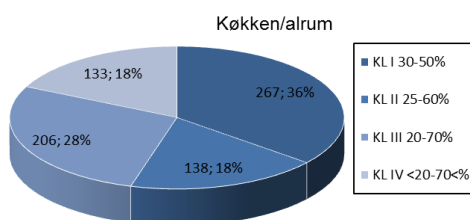
Figur 12.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

12.1.3 Vintersituation

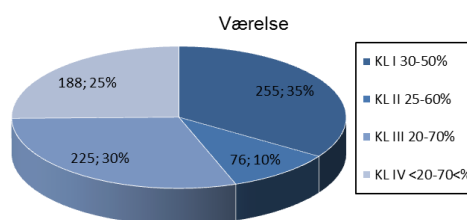
Vinter er defineret som januar, februar og december.

2009

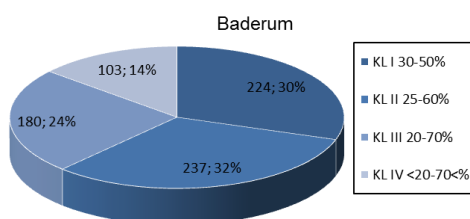
2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt i januar og februar.



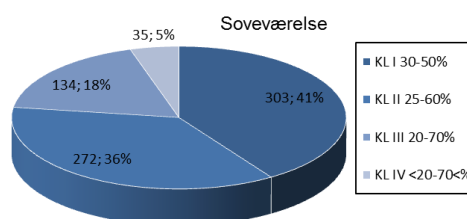
Figur 12.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

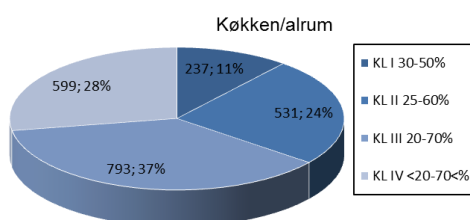


Figur 12.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

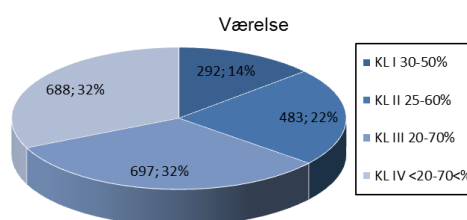


Figur 12.28: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

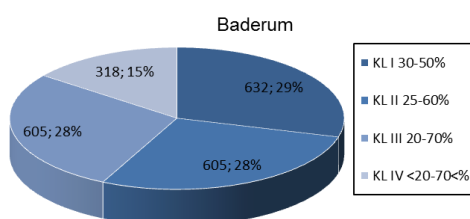
2010



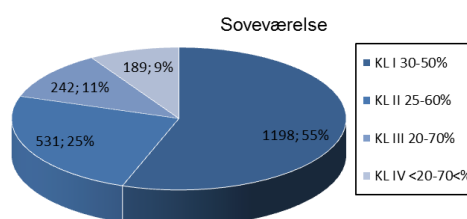
Figur 12.29: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.30: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

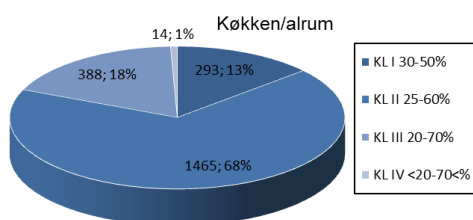


Figur 12.31: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

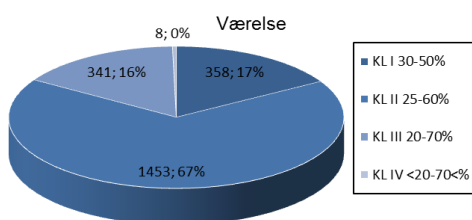


Figur 12.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

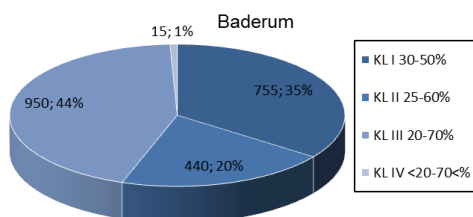
2011



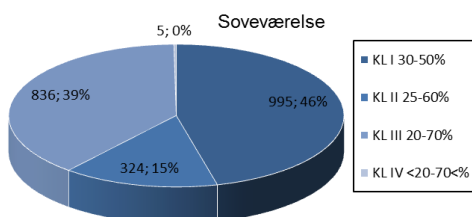
Figur 12.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 12.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

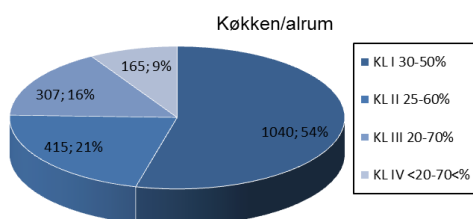


Figur 12.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

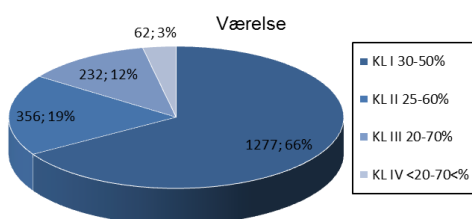
12.1.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj.

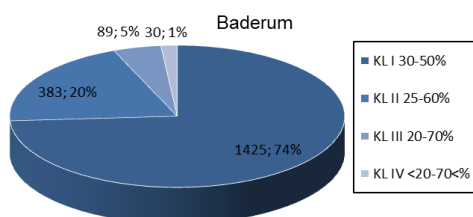
2009



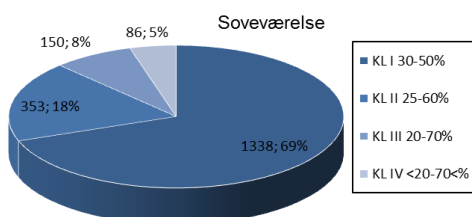
Figur 12.37: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.38: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

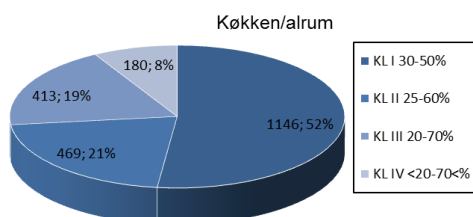


Figur 12.39: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

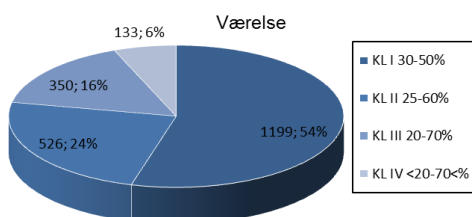


Figur 12.40: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

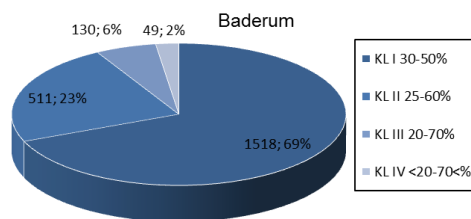
2010



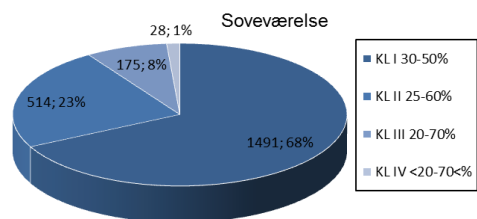
Figur 12.41: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.42: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

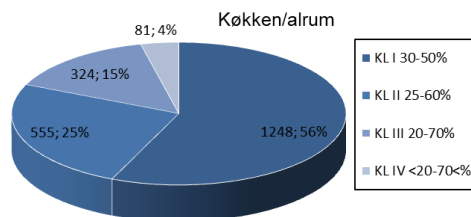


Figur 12.43: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

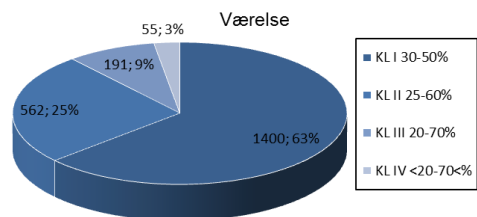


Figur 12.44: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

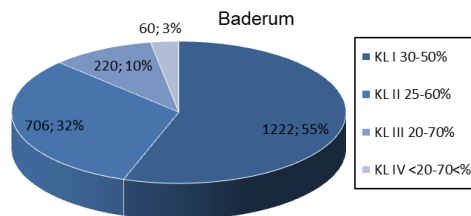
2011



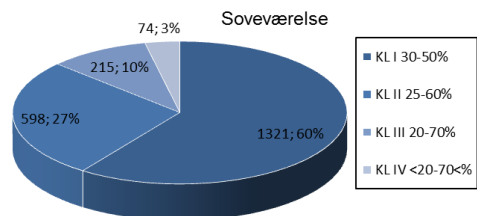
Figur 12.45: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.46: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

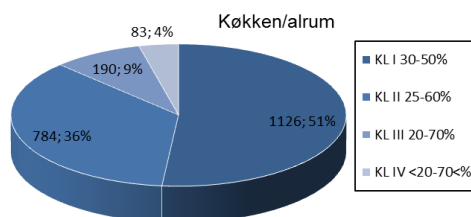


Figur 12.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

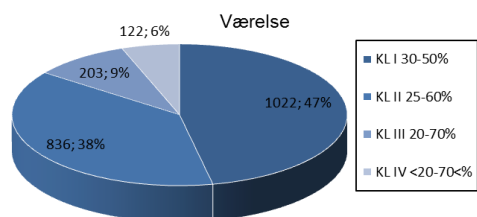
12.1.5 Efterårssituation

Efterår er defineret som september, oktober og november.

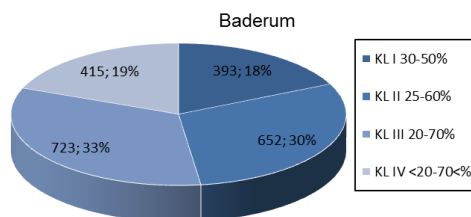
2009



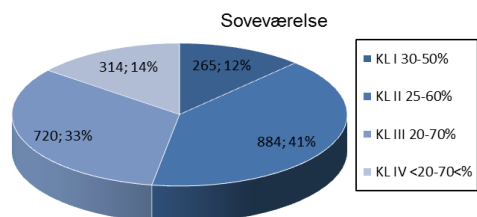
Figur 12.49: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.50: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

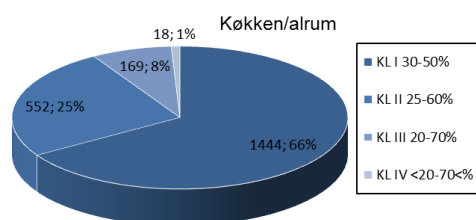


Figur 12.51: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

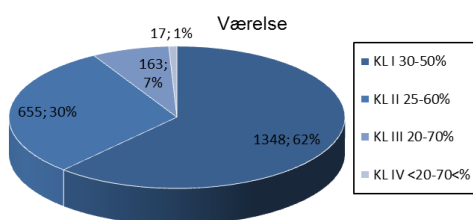


Figur 12.52: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

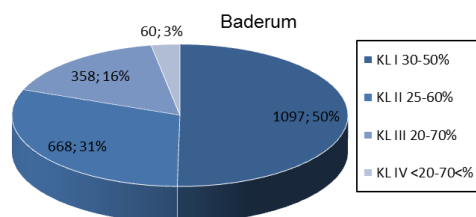
2010



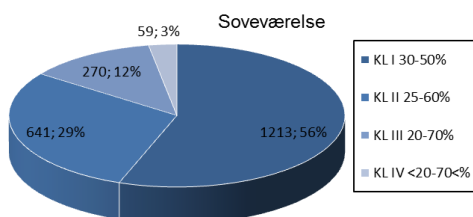
Figur 12.53: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.54: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

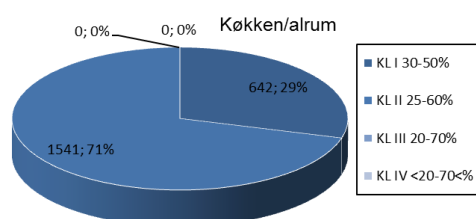


Figur 12.55: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

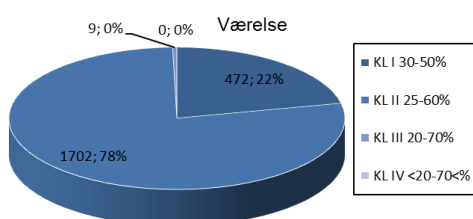


Figur 12.56: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

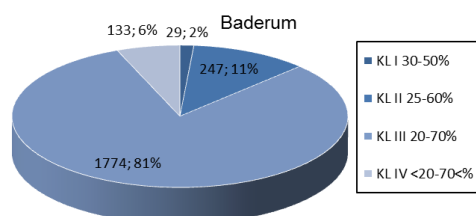
2011



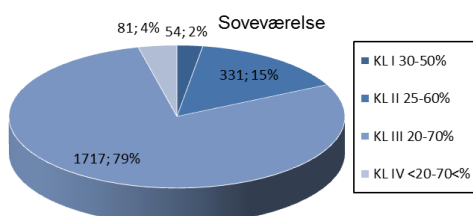
Figur 12.57: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.58: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.59: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



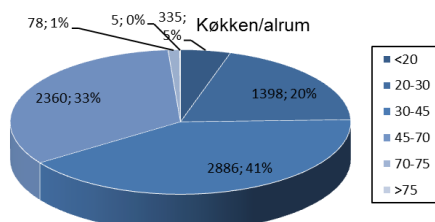
Figur 12.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

12.2 Cirkeldiagrammer CR1752

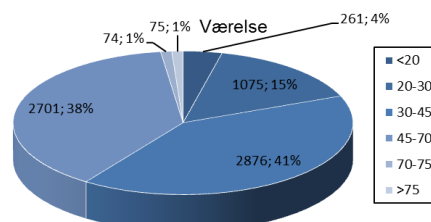
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

12.2.1 Generel situation hele året

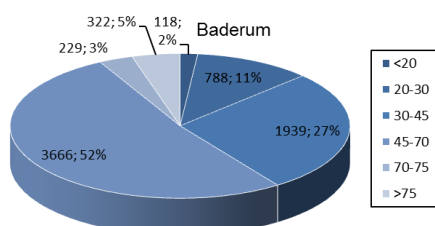
2009



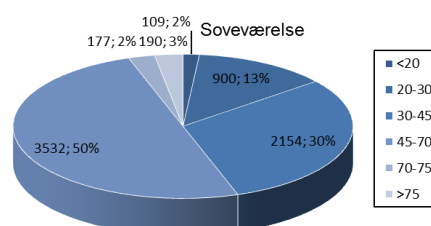
Figur 12.61: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.62: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

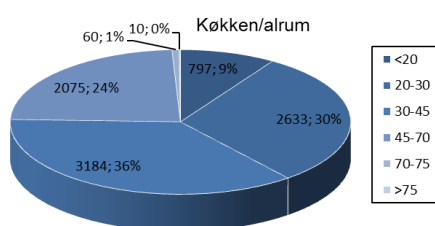


Figur 12.63: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

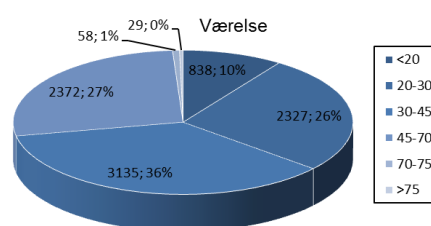


Figur 12.64: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

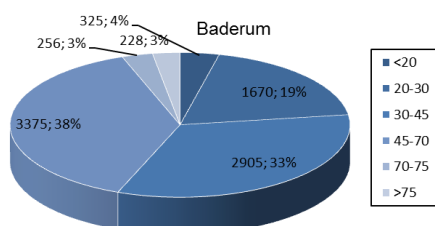
2010



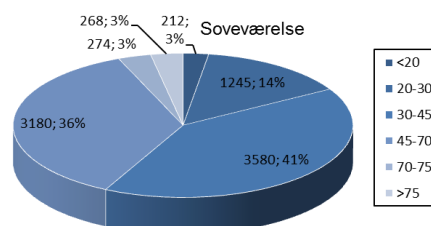
Figur 12.65: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.66: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

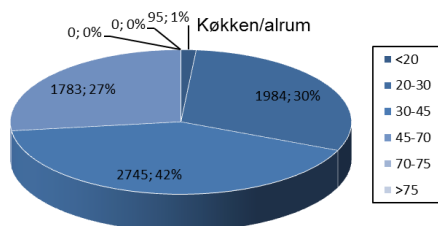


Figur 12.67: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

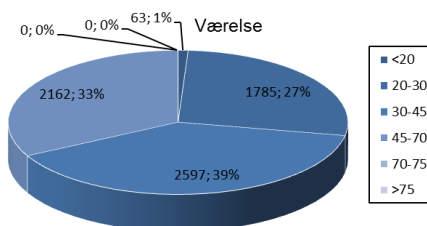


Figur 12.68: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

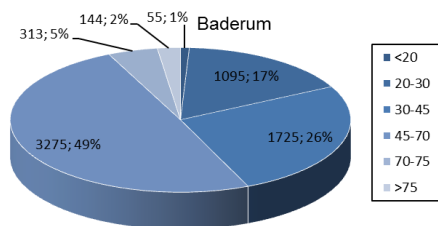
2011



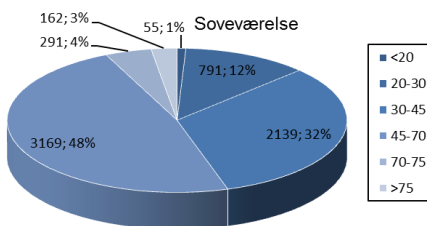
Figur 12.69: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.70: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



Figur 12.71: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.

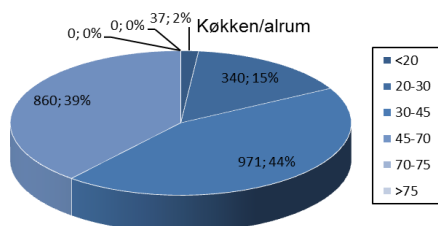


Figur 12.72: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

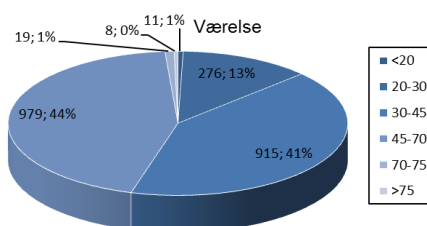
12.2.2 Sommersituation

Sommer er defineret som juni, juli og august

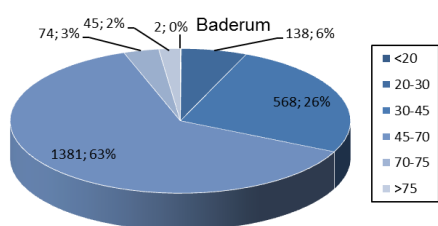
2009



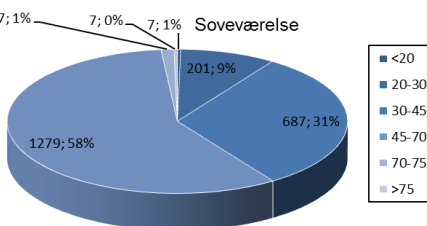
Figur 12.73: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.74: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

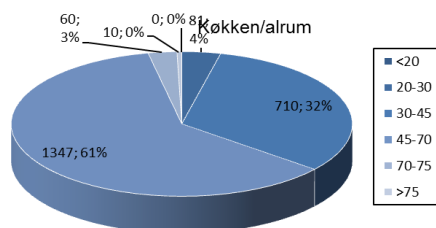


Figur 12.75: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

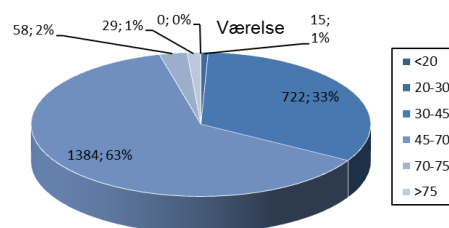


Figur 12.76: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

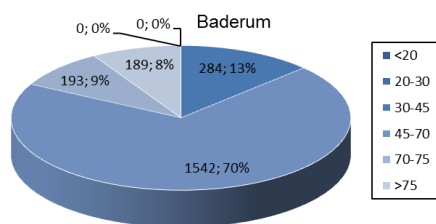
2010



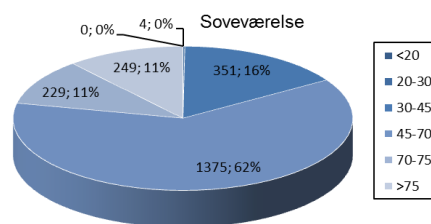
Figur 12.77: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.78: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

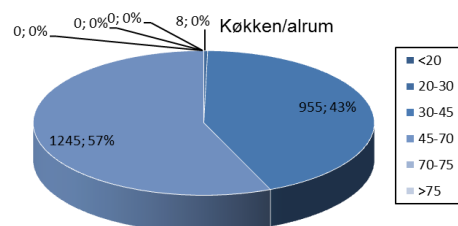


Figur 12.79: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

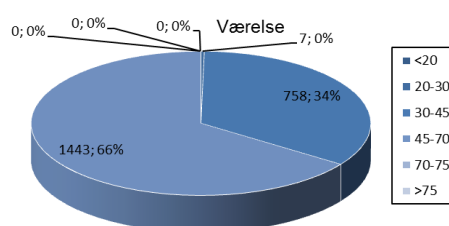


Figur 12.80: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

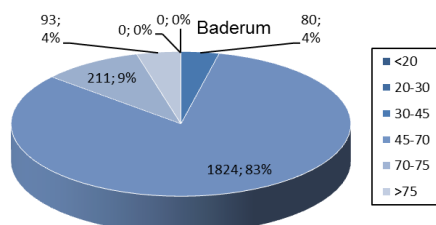
2011



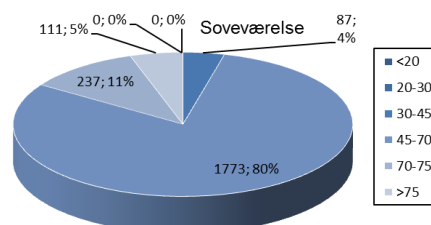
Figur 12.81: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.82: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



Figur 12.83: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



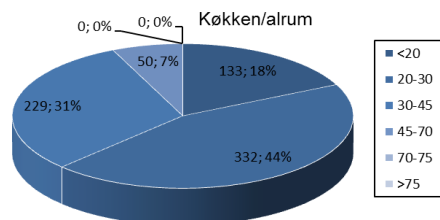
Figur 12.84: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

12.2.3 Vintersituation

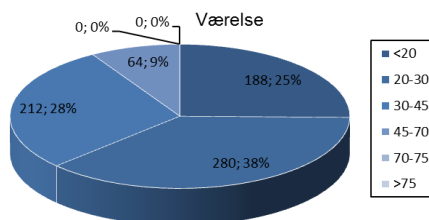
Vinter er defineret som januar, februar og december.

2009

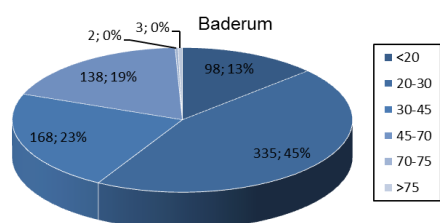
2009 er kun baseret på december, de huset var tomt januar og februar.



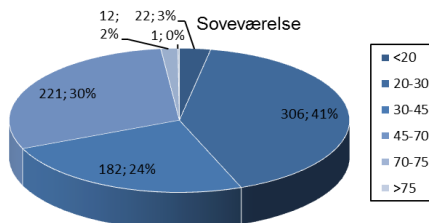
Figur 12.85: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.86: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

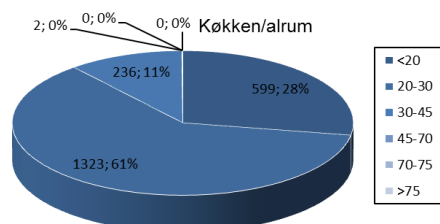


Figur 12.87: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

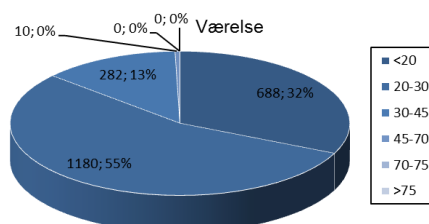


Figur 12.88: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

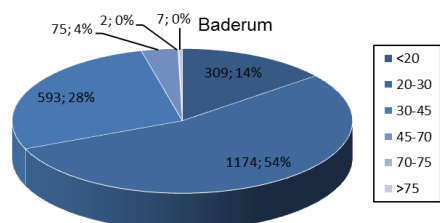
2010



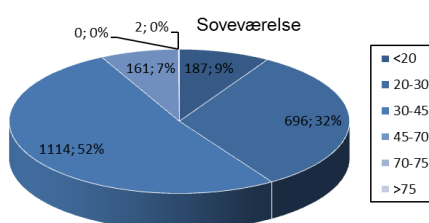
Figur 12.89: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.90: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

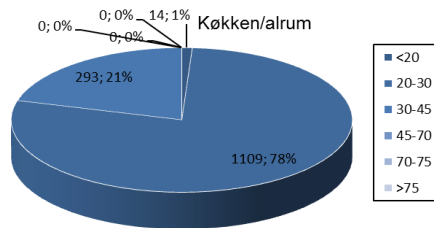


Figur 12.91: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

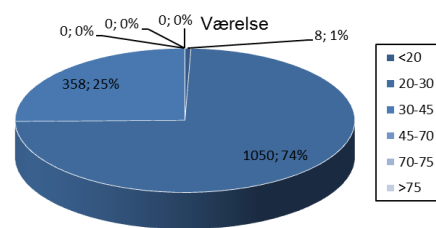


Figur 12.92: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

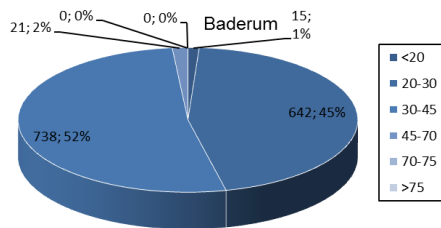
2011



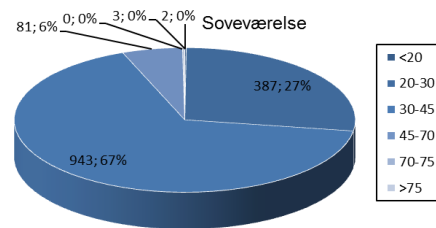
Figur 12.93: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.94: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



Figur 12.95: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.

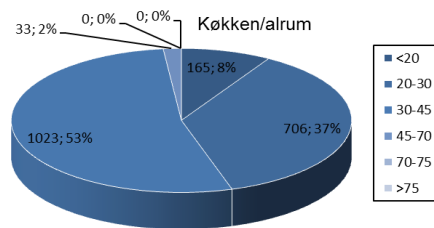


Figur 12.96: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

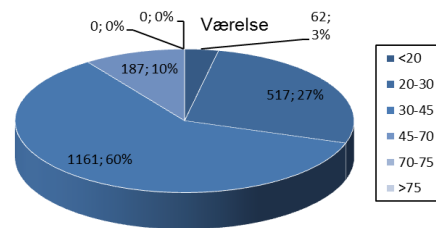
12.2.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj.

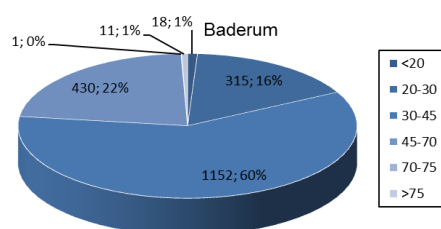
2009



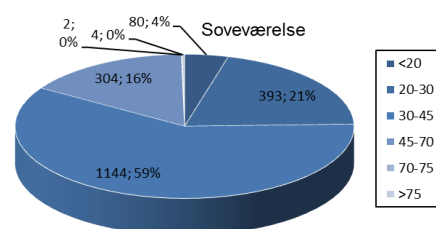
Figur 12.97: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.98: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

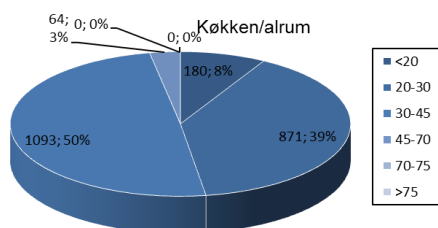


Figur 12.99: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

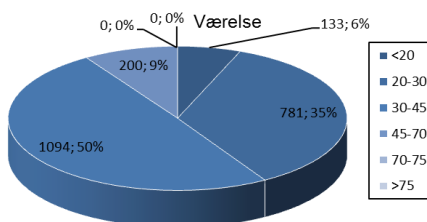


Figur 12.100: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

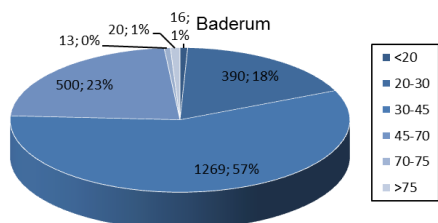
2010



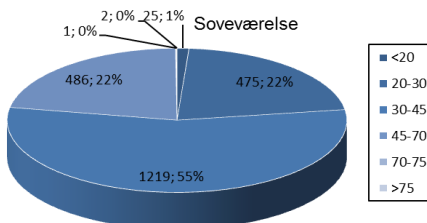
Figur 12.101: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.102: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

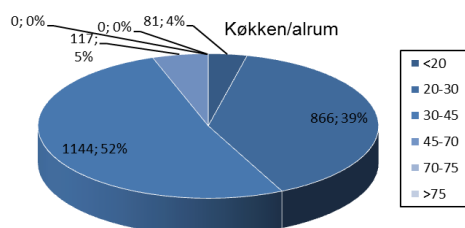


Figur 12.103: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

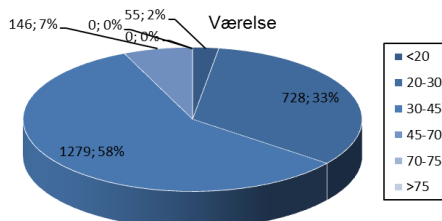


Figur 12.104: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

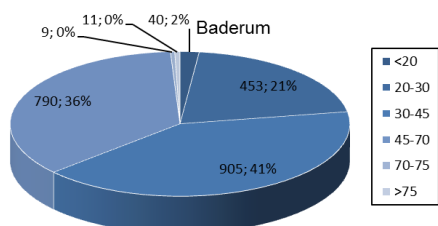
2011



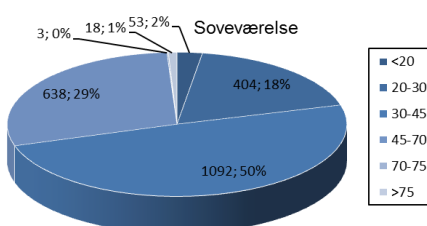
Figur 12.105: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.106: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.107: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.

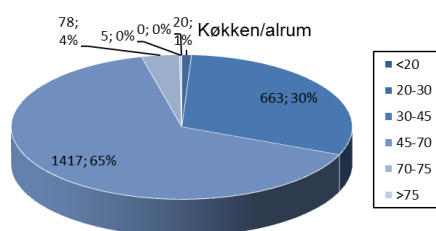


Figur 12.108: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

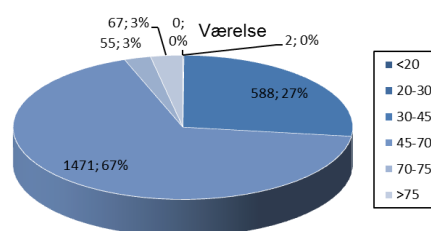
12.2.5 Efterårssituation

Efterår er defineret som september, oktober og november.

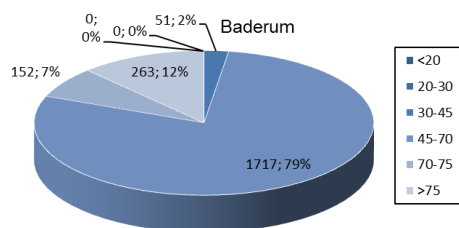
2009



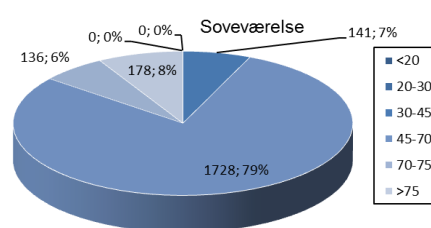
Figur 12.109: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



Figur 12.110: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

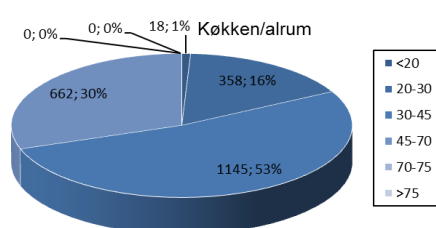


Figur 12.111: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

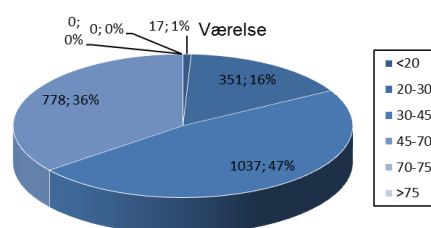


Figur 12.112: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

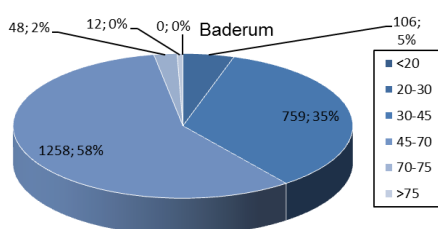
2010



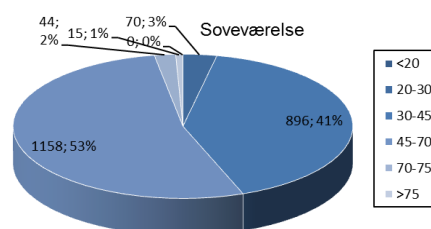
Figur 12.113: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.114: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

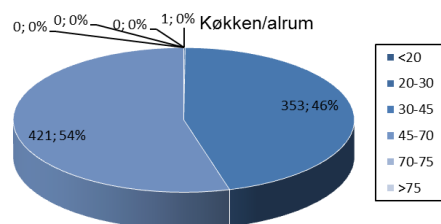


Figur 12.115: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

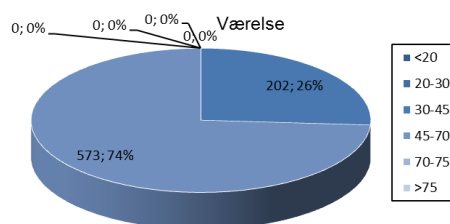


Figur 12.116: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

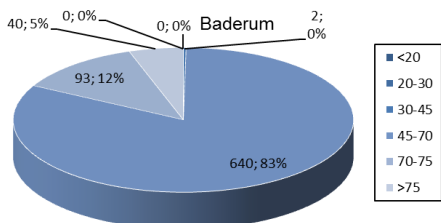
2011



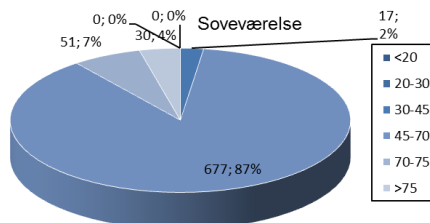
Figur 12.117: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.118: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 12.119: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.120: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP

Der er for hvert hus i projektet genereret et kunstigt år med målte data. Disse data sammenlignes med beregninger foretaget med reelle vejrdato for et kunstigt år med vejrdato for samme måneder, som det kunstige år med forbrugsmålinger.

Vejrdato er genereret i Meteonorm ud fra målinger i Billund. Da data for solindfald ikke forefindes i Billund, er data interpoleret ud fra tre andre målere.

For Stenagervænget 12 er følgende kunstige vejrdato brugt i PHPP:

Latitude	Longitude	Altitude	Daily Temperature Swing Summer
55,7°	9,2°	66m	8,6K

Month	j	f	m	a	m	j
Ambient temperature [°C]	0,3	-0,2	2,9	10,4	11,2	15,0
North [kWh/m ²]	4	7	18	30	47	56
East [kWh/m ²]	6	13	39	80	110	115
South [kWh/m ²]	14	32	74	110	112	99
West [kWh/m ²]	6	16	45	83	106	98
Global [kWh/m ²]	9	21	61	120	167	168
Dew point [°C]	-0,3	-0,5	-0,2	2,9	6,6	9,8
Sky temperature [°C]	-9,6	-9,9	-9,5	-4,9	0,4	4,8

Tabel 13.1: Vejrdato til PHPP for første halvår af fiktivt år

Month	j	a	s	o	n	d
Ambient temperature [°C]	15,7	15,6	11,9	8,2	2,1	-5,1
North [kWh/m ²]	46	36	22	13	5	3
East [kWh/m ²]	84	73	53	26	8	3
South [kWh/m ²]	84	86	84	58	22	8
West [kWh/m ²]	82	73	54	31	11	4
Global [kWh/m ²]	138	115	78	40	14	6
Dew point [°C]	12,0	12,6	10,0	6,6	2,0	-5,0
Sky temperature [°C]	7,8	8,7	5,1	0,4	-6,2	-16,8

Tabel 13.2: Vejrdato til PHPP for sidste halvår af fiktivt år

