

SBI 2018:12

BOLIG+ energineutrale etageboliger

Måling og evaluering



BOLIG+ ENERGINEUTRALE ETAGEBOLIGER

Måling og evaluering

Søren Østergaard Jensen (TI), Kim B. Wittchen & Henrik N. Knudsen

SBI 2018:12

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København
2018

TITEL	BOLIG+ energineutrale etageboliger
UNDERTITEL	Måling og evaluering
SERIETITEL	SBI 2018:12
UDGIVELSEÅR	2018
UDGIVET DIGITALT	December 2018
FORFATTER	Søren Østergaard Jensen (TI), Kim B. Wittchen, Henrik N. Knudsen
REDAKTION	Kim B. Wittchen
SPROG	Dansk
SIDETAL	140
LITTERATURHENVISNINGER	Side 108
EMNEORD	Energieutral, lavenergibyggeri, etageboliger, målinger
ISBN	978-87-563-1908-9
TEGNINGER	TEAM+, Arkitema, MOE, Danfoss
FOTO	Søren Østergaard Jensen, Kim B. Wittchen, Realdania Byg
OMSLAGSILLUSTRATION	Kim B. Wittchen
UDGIVER	Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.anvisninger.dk

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

INDHOLD

FORORD	7
1 SUMMARY	10
2 INTRODUKTION	14
2.1 Hvad er BOLIG+?	14
2.2 Fra ide til bygning	15
3 BOLIG+ I SØBORG	18
3.1 Aktører ved opførelsen af BOLIG+ Søborg	19
3.2 Energiklasse	19
3.3 Projekt	20
4 MÅLESYSTEM	34
4.1 Måleprogrammet	35
4.2 Måleudstyr	35
5 EVALUERING AF ENERGIFORBRUGET I BOLIG+	42
5.1 Projekteret energiforbrug	42
5.2 Klimaskærm	42
5.3 Sammenligning af beregnet og målt energiforbrug	45
5.4 Undersøgelse af afvigelserne mellem målt og beregnet energiforbrug	47
5.5 Undersøgelse af overholdelse af Bygningsklasse 2020 og energineutralitet	68
5.6 Konklusion - energiforbrug	72
6 INDEKLIMA	74
6.1 Rumtemperatur i lejlighederne	75
6.2 Fugtniveau i lejlighederne	84
6.3 CO ₂ niveau i lejlighederne	89
6.4 Dagslys	92
6.5 Konklusion - indeklima	92
7 SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE	94
7.1 Metode	94
7.2 Resultater	94
7.3 Konklusion - spørgeskema	103
8 KONKLUSION	106
9 REFERENCER	108
10 APPENDIKS	110
10.1 Introduktion til spørgeskemaet	110
10.2 Din bolig	111

10.3 Din tidligere bolig	113
10.4 Dit indeklima sommer og vinter i BOLIG+	114
10.5 Tekniske installationer	130
10.6 Soveværelse og sovevaner	134
10.7 Eget energiforbrug og elproduktion med solceller	135
10.8 Altan	137
10.9 Lift/elevator	139
10.10 Brugervenlighed	139
10.11 Andet - positivt eller negativt	139

FORORD

Måling og evaluering af BOLIG+ i Søborg er støttet af ELFORSK - Dansk Energis forsknings- og udviklingsprogram.

Målingerne er det sidste af en række projekter som har bidraget til at, udvikle og definere BOLIG+ konceptet samt afholde en projektkonkurrence og støtte design af det vindende projekt. Undervejs har BOLIG+ tillige modtaget støtte fra Realdania, Elsparefonden, Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUPD), Det Økologiske Råd og Realdania By & Byg. I denne forbindelse skal der også rettes en tak til leverandører, producenter, håndværkere, forskere, rådgivere, bygherre og alle andre, som har bidraget til udviklingen, realisering og målinger af BOLIG+.

En særlig tak til beboerne i BOLIG+ i Søborg for deres velvillige deltagelse i måleprojektet, herunder besvarelse af spørgeskema og muligheden for vedligehold og udskiftning af måleudstyr undervejs i projektet. Uden dette, havde det ikke været muligt, at gennemføre projektet.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Energieffektivitet, Indeklima og Bæredygtighed

Søren Aggerholm
Forskningschef



1

SUMMARY

1 SUMMARY

The concept of BOLIG+ (Living+) was created during Energy Camp 2005 where large parts of the Danish energy and building industry was gathered to discuss energy solutions for the future.

Initially, BOLIG+ was based on five dogmas:

- Energy neutral in the sense that the building produces the same amount of primary energy as it consumes on annual basis, including the resident's consumption for light, cooking, entertainment etc.
- The dwelling must have a good and healthy indoor climate
- The dwelling must be flexible over time and for different locations
- The dwelling must be intelligent and user friendly
- The building must fit into the local energy infrastructure and architecture

Following Energy Camp 2005, the BOLIG+ dogmas were refined and a contest for a multi-family house with 70 flats was conducted. During the development of the rules for the contest, a sixth dogma emerged:

- The building should be constructed on normal economic market conditions.

The economic crises, starting in 2008, did unfortunately put a hold to the construction of the winning BOLIG+ proposal. It took several year before a BOLIG+ multifamily house was constructed at Søborg in the suburbs of Copenhagen. The building is in a smaller scale, with only 10 flats each having a heated gross floor area between 90 and 140 m².

BOLIG+ at Søborg was the first attempt to construct a multi-family block of flats that complies with a set of criteria and dogmas that defines the concept. Building multi-family houses that are energy neutral on annual basis, is much more difficult than for a single-family house. One of the reasons for this is the small amount of roof area available (per. dwelling) for local electricity production compared to the roof area of a single-family house.

Did the building meet the BOLIG+ dogmas?

The building would almost have been energy neutral, given the photovoltaic system had produced the planned amount of electricity and the residents had used a little less electricity, in accordance with the BOLIG+ requirement of 1725 kWh/dwelling per year. The building meets the Building class 2020 energy performance requirement as defined in the Danish Building regulations 2010/2015 without contribution from local renewable electricity production. This highlights that the building itself has a very good energy performance, created by utilizing simple and well-known measures. However, the evaluation also highlights that without the resident's involvement in correct use of the building, it is not possible to meet the target.

During winter, there is a good indoor climate in the building in terms of indoor temperature and CO₂ level. However, some residents complain about dry air during the heating season, which unfortunately is a natural consequence of having an adequate air-change. During summer, the moisture and CO₂ level are satisfactory, but overheating occurs in several of the rooms. The rooms most exposed to overheating are the ones that faces east and thus get a large amount of morning sun. It is expected that the overheating issue could have been reduced by introduction of external solar shading – especially as the natural ventilation proved insufficient to reduce the problem.

It is possible for the residents to control several systems in their flats; however, an insufficient information level has been an issue for some systems. Especially, information on the ventilation system was insufficient resulting in often-wrong use of the systems. As a contrast, information about the intelligent power outlets and control of these has been sufficient and several residents have customised the programming of the system.

The building fits the local energy infrastructure as it is heated by district heating. The building can in the future provide service to the surrounding electricity grid, as it is equipped with a battery (connected to the PV system) that can be charged and discharged according to the amount of electricity from renewables in the grid. Weather the building, with its black and white sections on the facade, fits into the local architecture dominated by red masonry houses is of course a matter of taste, however, it is undiscussable that the building is a landmark at the top of the hill where the building is situated.

By utilizing simple and well-known technologies, it has been possible to construct BOLIG+ at Søborg on ordinary economic market conditions.

This report do not cover the dogma about flexibility over time and location.

Has BOLIG+ reached its goals?

Bearing in mind that it is the first attempt to construct a multi-family block of flats in accordance with the BOLIG+ dogmas, the results is quite remarkable. Not all dogmas are fully met, but sufficient to demonstrate that the BOLIG+ dogmas can be good references for residential buildings in the future.



2

INTRODUKTION

2 INTRODUKTION

Når man kører ad Søborg Hovedgade fra Buddinge, ser man kort efter rundkørslen i Buddinge en ny bygning på toppen af bakken. Bygningen stikker ud fra sine omgivelser med sine hvide facader og markante sorte felter (figur 2.1). Bygningen hedder i daglig tale BOLIG+ og er også på andre måder end sine facader forskellig fra de omliggende bygninger. Bygningen huser Danmarks første egentlig energineutrale etageboliger.



Figur 2.1 Danmarks første energineutrale etageboliger.

2.1 Hvad er BOLIG+?

BOLIG+ bygningen i Søborg er kulminationen på en 10 år lang proces. Det hele startede ved Energy Camp 2005, hvor store dele af energi- og byggesektoren mødtes og skabte ideen om energineutrale boliger til verdens voksende befolkning. BOLIG+ bygger oprindeligt på fem dogmer:

- Energineutralitet i den betydning, at boligen/bygningen på årsplan skal producere lige så meget primær energi, som der forbruges inkl. beboernes energiforbrug til lys, madlavning, underholdning, mm.
- Boligen skal have et godt indeklima
- Boligen skal være fleksibel over tid og sted
- Boligen skal være intelligent og brugervenlig
- Bygningen skal passe ind i det lokale energiforsyningssystem og den lokale arkitektur

Senere kom endnu et dogme til:

- Bygningen skal kunne opføres på normale markedsvilkår

Seks organisationer påtog sig efter Energy Camp 2005 at føre konceptet ud i livet. De seks organisationer er/var Ingeniørforeningen, Akademisk Arkitektforening, Elsparefonden/Go'Energi, Teknologisk Institut, Det Økologiske Råd og Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet. Processen er finansielt støttet af Realdania, Elsparefonden/Go'Energi, EUDP¹, Det Økologiske Råd og ELFORSK².

En grundig og let tilgængelig beskrivelse af hele processen fra ide til færdigt byggeri er tilgængelig på boligplus.org.

2.2 Fra ide til bygning

Efter Energy Camp 2005 gik de seks organisationer i gang med at konkretisere konceptet og dogmerne. Sammen med Aalborg Kommune blev der udpeget et areal "Mellem Broerne" på nordsiden af Limfjorden i Nørresundby, hvor et boligbyggeri på 7000 m² med 60 boliger kunne realiseres. Der blev udarbejdet materiale til en konkurrence, hvor i alt 43 teams deltog i en prækvalifikationsrunde. Fem teams blev udvalgt til at deltage i den egentlige konkurrence. Det var et krav, at hvert deltagende team bestod af mindst ét arkitekt- og ét ingeniørfirma. Dette for at sikre samarbejde på tværs af faggrænser og dermed en mere integreret designproces.

Ud over det strenge krav om energineutralitet var flere krav til bygningen skærpet i forhold til beregningerne krævet i Bygningsreglementet for at sikre, at energineutraliteten også blev overholdt i det færdige byggeri. Der var således krav om at regne med en rumtemperatur på 22 °C i bygningen i stedet for 20 °C, og der skulle indregnes et højere brugsvandsbehov samt et mindre varmetilskud fra apparater. Desuden skulle bygningen oprindeligt også opfylde Lavenergiklasse 1, jf. BR08, uden brug af solceller, men da den strammere Bygningsklasse 2020 blev introduceret i BR10, blev BOLIG+ kravet strammet til overholdelse af Bygningsklasse 2020 uden brug af solceller. Som det ses af fakta boksen ved siden af, kan Lavenergiklasse 1 og Bygningsklasse 2020 ikke direkte sammenlignes, på grund af forskellige energifaktorer. Konkurrencens krav om overholdelse af Lavenergiklasse 1 uden solceller betød, at de fem teams virkelig skulle stramme sig an for dels at få bygningens energibehov så langt ned som muligt og dels at producere den nødvendige energimængde for at opnå energineutralitet. På boligplus.org er mange af de interessante forslag fra konkurrencen gennemgået. Det er fx hybrid ventilation, svaleskabe, tørring af tøj på forskellig vis, gas til madlavning (gas har en lavere primærenergifaktor end el), mm.

At det viste sig muligt at overholde Lavenergiklasse 1 uden brug af solceller var en medvirkende årsag til, at Bygningsklasse 2020 kom med i BR10.

I september 2009 blev vinderen af BOLIG+ konkurrencen - TEAM+ - annonceret. TEAM+ bestod af Arkitema Architects og de rådgivende ingeniørfirmaer Leif Hansen og

BR08, Lavenergiklasse 1:

Energiramme: 35 + 1100/A kWh/m²
Energifaktorer: El: 2,5; Fjernvarme: 1,0
Øvrige energikilder: 1,0

BR10 og BR15, Bygningsklasse 2020

Energiramme: 20 kWh/m²
Energifaktorer: El: 1,8; Fjernvarme: 0,6
Øvrige energikilder: 1,0

BR18 (gældende), nybyggeri:

Energiramme: 30 + 1000/A kWh/m²
Energifaktorer: El: 1,9; Fjernvarme: 0,85;
Øvrige energikilder: 1,0

BR18 (gældende), Lavenergiklasse 2020

Energiramme: 27 kWh/m²
Energifaktorer: El: 1,9; Fjernvarme: 0,85
Øvrige energikilder: 1,0

A er det opvarmede bruttoetageareal.

¹ Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram

² Dansk Energis forsknings- og udviklingsprogram

Esbensen med bistand fra Faktor 3 (integration af solceller), Dong Energy og Boligforeningen Ringgården. En tegning af det vindende team's bygning er vist i figur 2.2. Deres koncept byggede dels på et meget lavt energibehov til bygningens drift samt energiproduktion via solceller, solfangere og en varmepumpe.



Figur 2.2 Den vindende bygning (tegning: TEAM+).

Det lokale entreprenørfirma A. Enggaard A/S var på forhånd valgt til at opføre den vindende bygning. A. Enggaard deltog i bedømmelsen af de fem konkurrenceforslag. Det bevirkede, at der også var fokus på økonomien og ikke blot på de fem BOLIG+ dogmer, hvilket var sundt for konkurrencen, økonomien og den efterfølgende anvendelighed af konceptet.

Bygningen skulle opføres som ejerlejligheder, men før det første spadestik blev taget, kom den økonomiske krise buldrende med et stagnerende boligmarked. For at redde projektet, kom Realdania med i projektet. A. Enggaard skulle stadig være entreprenør, men kun være bygherre på en del af bygningen, mens Realdania skulle stå som bygherre på den anden del. Det reddede desværre ikke byggeprojektet, og projektet i Aalborg blev til sidst opgivet.

BOLIG+ førte herefter en omtumlet tilværelse, hvor Realdania forsøgte at få bygningen opført forskellige steder. Til sidst lykkedes det på en grund på Søborg Hovedgade i Gladsaxe ved København. Bygningen var dog skrumpet til 10 lejligheder, men det oprindelige høje ambitionsniveau blev fastholdt. En detaljeret beskrivelse af bygning og installationer findes på boligplus.org, i (Realdania Byg 2015) og (Styregruppen 2018). Arkitema var også arkitekter på denne bygning, men nu med MOE som ingeniører. Dansk Boligbyg as var total-entreprenør på byggeriet.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow from the top left towards the bottom right, creating a sense of movement and depth.

3

BOLIG+ | SØBORG

3 BOLIG+ I SØBORG

Dette kapitel indeholder en kort beskrivelse af BOLIG+ bygningen i Søborg. Yderligere information kan findes på www.boligplus.org. Figur 3.1 viser et nærbillede af de sydvest vendte altaner og den sydøst vendte gavl med solceller paneler – se plantegning i figur 3.3. Figur 3.2 viser den nordøst vendte facade samt bebyggelsens haveanlæg.



Figur 3.1 De sydvest vendte altaner og den sydøst vendte gavl med solceller.



Figur 3.2 Den sydøst vendte gavl med solceller og den nordøst vendte facade samt bebyggelsens haveanlæg.



Figur 3.3 Plantegning over BOLIG+ bebyggelsen (TEAM+).

3.1 Aktører ved opførelsen af BOLIG+ Søborg

Bygherre:

Realdania By & Byg, Jarmers Plads, 1551 København V

Projektleder: Jørgen Søndermark

Totalrådgiver:

Arkitema Architects, Frederiksgade 32, 8000 Aarhus C

Projekteringsleder: Lars kvist.

Ingeniørrådgivning:

MOE A/S, Åboulevarden 22, 8000 Aarhus C

Projektleder: Jens Holm

Entreprenør:

Dansk Boligbyg as, Roskildeafdeling, Havnevej 1, 2. etage, 4000 Roskilde

Kontaktperson: Afdelingsleder Jeppe Nielsen

3.2 Energiklasse

Bygningen har energimærke 2020 med et beregnet energiforbrug på – minus 38,8 kWh/m²/år, på grund af det store solcelleareal.

Det beregnede dimensionerende transmissionstab gennem klimaskærmen – ekskl. vinduer og døre – er 4,0 W/m².

Tæthed i det færdige hus er testet til 0,4 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa.

3.3 Projekt

3.3.1 Generelt

BOLIG+ projektet er opført som et etagebolighus i fem etager. Nederste etage – etage 0 – fungerer som serviceetage, der rummer teknik herunder solcelleanlæggenes invertere og flowbatterier, depoter, cykelparkering og tørrerum. Der er adgang fra både gade- og gård-side.

Etage 1–4 rummer 10 boliger fordelt på 4 forskellige typer, der i størrelse spænder fra to- til fireværelses boliger. Huset er placeret på den højest beliggende grund på Søborg Hovedgade, og fra den øverste østvendte bolig kan man i klart vejr se helt til Sverige.

Lejlighedsoversigt og BBR bruttoetageareal:

- 2 stk. to-værelses boliger på niveau 1 og 2 mf. 90 m² pr. bolig (figur 3.4)
- 4 stk. lille tre-værelses på niveau 1 og 2 tv. og th. 92 m² pr. bolig (figur 3.4)
- 2 stk. stor tre-værelses på niveau 3 og 4 tv. 110 m² pr. bolig (figur 3.5)
- 2 stk. fireværelses på niveau 3 og 4 th. 140 m² pr. bolig (figur 3.5)

Herudover indgår 21,7 m² pr. bolig beliggende i den uopvarmede del af serviceetagen som en del af BBR arealet. Desuden er der en 5,3 m² lukket altan pr. lejlighed. Lejlighedernes bruttoareal ekskl. trappe og gang i 0. etage (også kaldet serviceetagen) er 916 m², mens trappe og gang i etage 0 tilsammen udgør 132 m².

Til hver bolig hører én overdækket parkeringsplads i fælles carport i gård (figur 3.3). Vest for huset er der på terræn udført overdækket affaldsgård til husholdningsaffald og affaldssortering (figur 3.3).

Gård og haverummet er lyd-mæssigt beskyttet mod trafikken på Søborghovedgade af huset og en støjmur i hvid beton (figur 3.1), der på siden vendende mod gade er udført med espaliér lister, begrønnet med vedbend og klatrende Hortensia.

Alle boliger blev solgt og indflyttet i løbet af første halvår af 2016.

3.3.2 Byggeteknik

Huset er grundlæggende opført i en enkel byggeteknik baseret på kendte konstruktionsprincipper, men optimeret i forhold til varmeisolering og tæthed.

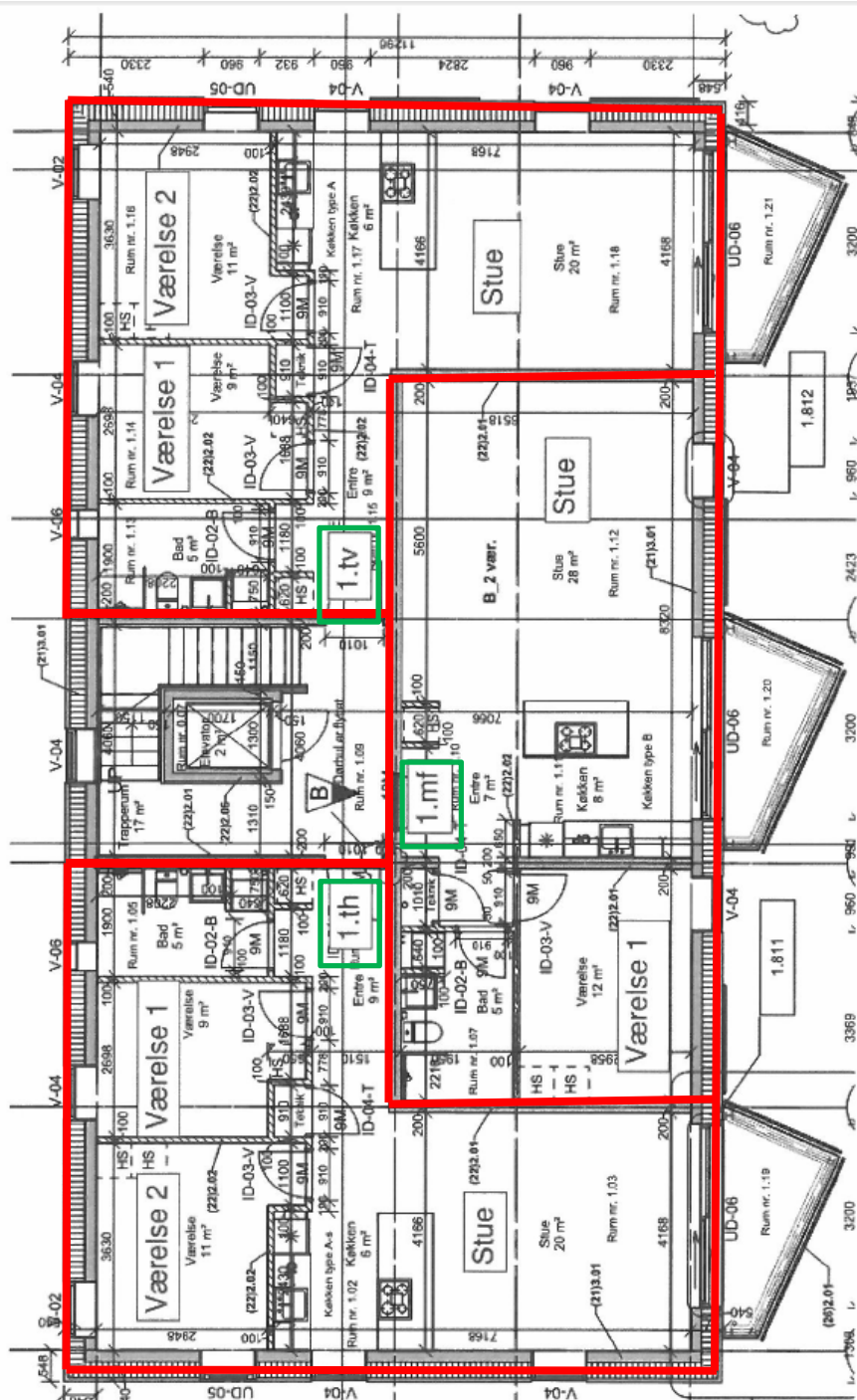
De bærende og stabiliserende konstruktioner, dvs. ydervægge, lejlighedsskel og dæk er udført i beton. Huset kan derfor karakteriseres som et tungt hus.

Facaden består af en 540 mm tyk betonsandwich-konstruktion med 200 mm bagvæg, 70 mm forplade og herimellem 270 mm isolering, primært som polystyren (EPS), men med mineraluld i vindueshullerne af brandhensyns (figur 3.6). Den samlede U-værdi inklusiv kuldebroer er beregnet til 0,12 W/m²K. Facadeelementerne er udført uden udstøbning omkring vinduer.

Dækkonstruktioner inkl. tagdæk er udført med 220 mm huldæk. Under etagedæk mod uopvarmet serviceetage – etage 0 er der ophængt 250 mm isolering. På grund af flere gennemgående betonvægge bliver den samlede U-værdi inklusiv kuldebroer 0,37 W/m²K.

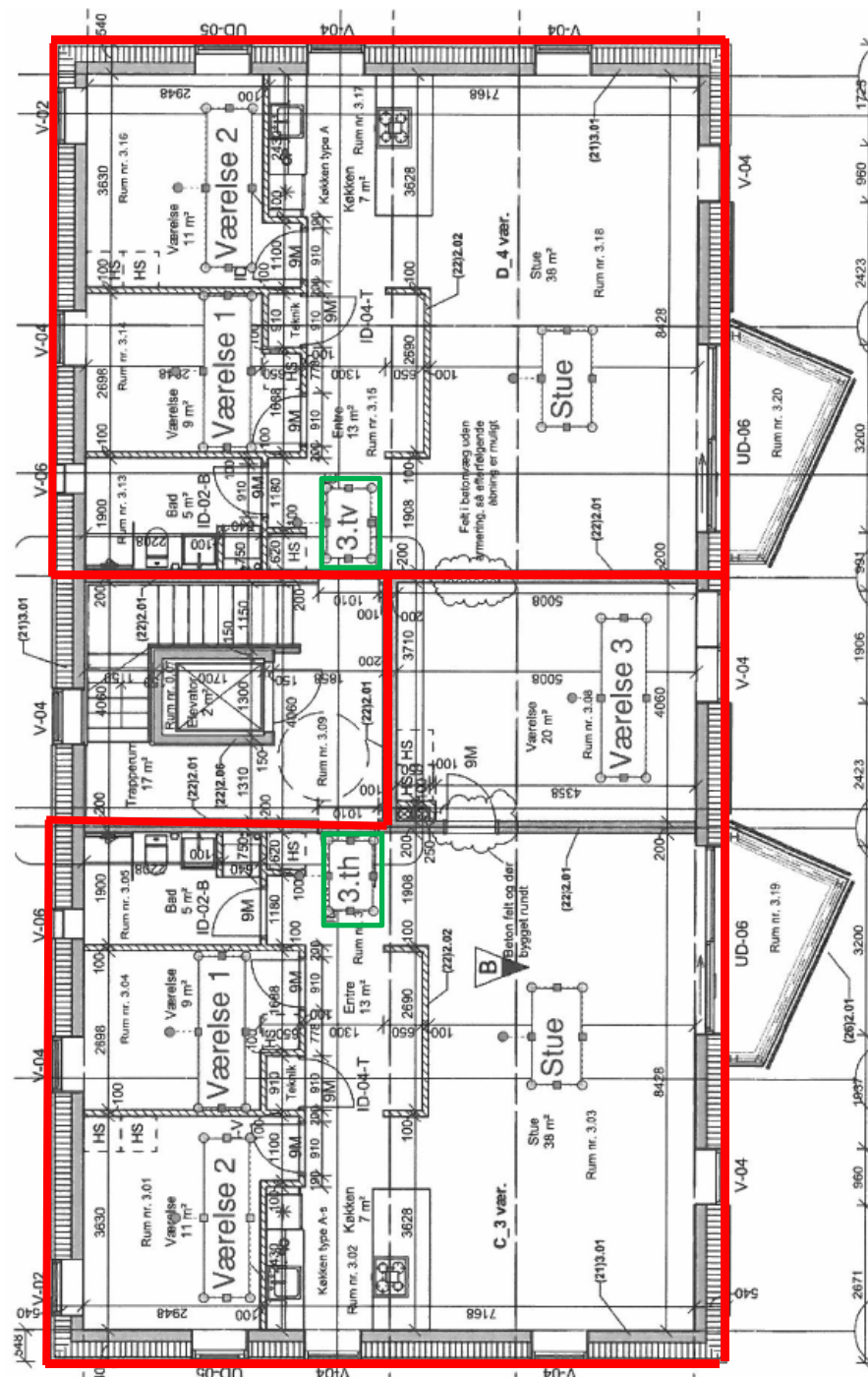
Tagdæk er udført som varmt tag med gennemsnitlig 400 mm mineraluldsisolering og tagdækning med 2 lag SBS tagpap. Den samlede U-værdi er 0,08 W/m²K.

Terrændæk i trapperum og gang har lysegrå betonklinker på støbt betongulv med 400 mm isolering og en samlet U-værdi inklusiv kuldebroer på 0,09 W/m²K.



Figur 3.4 Plantegning af første og anden etage med tre lejligheder på hver etage (Arkitema).

Da trapperum og adgang fra Søborg Hovedgade skærer igennem det uopvarmede areal i etage 0, er vægge omkring trappe og gang varmeisolerede med 170 mm isolering. Den samlede U-værdi inklusiv kuldebroer er $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Figur 3.5 Plantegning af tredje og fjerde etage med to lejligheder på hver etage (Arkitema).

3.3.3 Vinduer

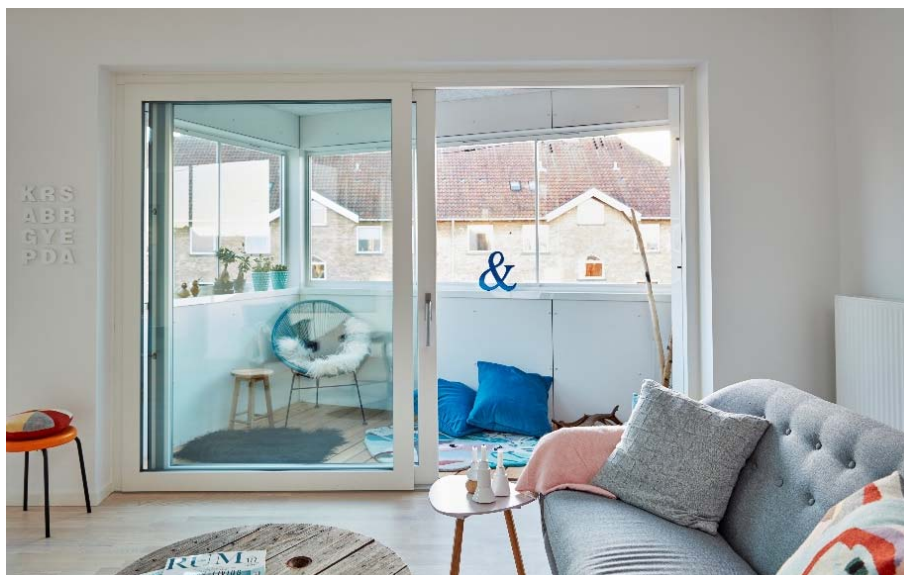
Huset er udført med store vinduer for at opnå et godt dagslys i rummene (figur 3.7), men af hensyn til risiko af overophedning af boligerne er partierne ikke gjort større end nødvendigt for lysindtag. Dog er der et relativt stort glasareal i skydedørsparti imellem stuen og den lukkede altan, hvilket kun kan forsvares pga. altanens solafskærmende effekt, samt mulighed for naturlig ventilering af altanen (figur 3.8).



Figur 3.6 Vinduesåbning i et vægelement.



Figur 3.7 Der er tilstræbt at opnå gode dagslysforhold i lejlighederne. © Realdania Byg.



Figur 3.8 Skydedør mod inddækket altan. © Realdania Byg.

Vinduerne er træ-alu vinduer Velfac 200 Energy med tre lag glas. De har en gennemsnitlig U-værdi på $0,97 \text{ W/m}^2\text{K}$, en G-værdi på $0,49$, og den gennemsnitlige glas/ramme andelen udgør 77% .

Da der ikke er betonlysninger omkring vinduer og altandøre, er montage sket på beslag indstøbt i bagmur. Lufttætning omkring vinduer er generelt udført med lysningsfolie klæbet til vindueskarme og betonbagmur med butylklæb. Lysningsfolier er afdækket med hvidlakerede MDF tilsætningspaneler. I etage 0 og omkring badeværelsesvinduer er der anvendt BS-false.

3.3.4 Altaner

På grund af støj fra Søborg Hovedgade (se placering af altanerne i figur 3.4 og figur 3.5) forlangte Gladsaxe kommune, at altanerne skulle være inddækkede (figur 3.8). For at modvirke at altanerne bliver anvendt til opvarmet opholdsrum i fyringssæsonen, er altanerne bevidst designet med et rå look, der indbyder mindre til ophold i kolde perioder. Altanerne er monteret udvendigt på vægelementerne som et metalskelet (figur 3.9).



Figur 3.9 Altanerne er opbygget af et metalskelet monteret udvendigt på vægelementerne.

3.3.5 Overflader

Vægoverflader er generelt fuldspartlet og malet med hvid plastikmaling. I badeværelser er der anvendt kombination af overflader med lyse klinker og hvid plastikmaling på væv.

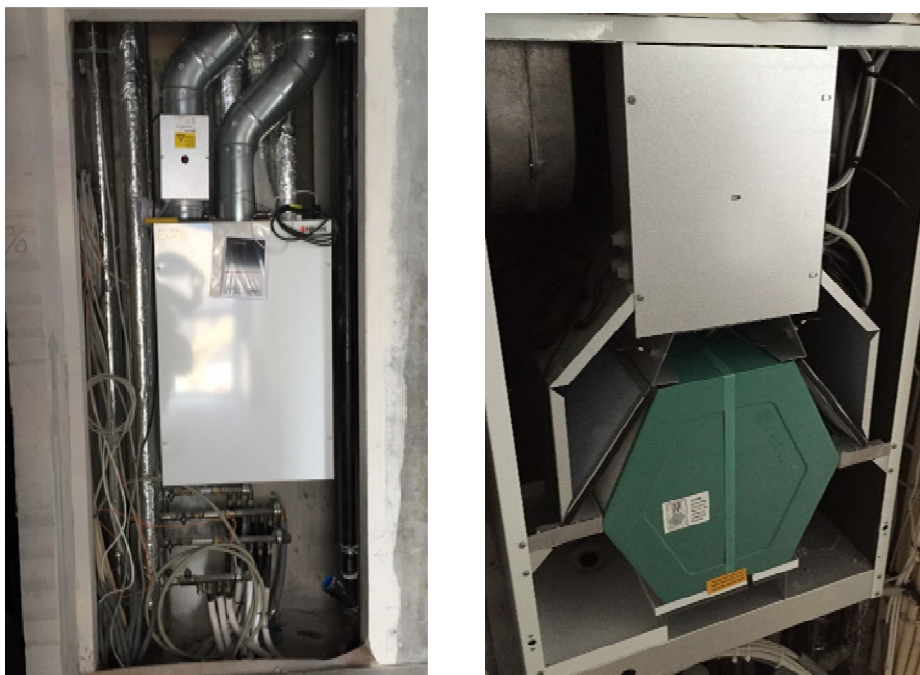
Gulvene er lakeret og hvidpigmenteret aske lamelparket i køkken og opholdsrum, mens der er sorte klinker i badeværelser.

Hvor der er installationer i loft – typisk ventilation - er der udført forsænkede gipslofter, hvidmalede, lokalt med akustikfelter. Hvor der ikke er installationer, er de varmeakkumulerede betondæk direkte eksponeret mod indeklimaet og fremstår hvidmalede.

3.3.6 Tekniske servicesystemer i bygningen

Ventilation

Der er decentral mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding i hver lejlighed. Ventilationsanlæggene er Nilan comfort 300, (figur 3.10) som er fugtstyret efter behov. Der er valgt individuelle ventilationsanlæg frem for ét centralt anlæg, fordi det samlede elforbrug for disse 10 individuelle anlæg er lavere end for ét centralt anlæg. Anlæggene kører med en minimums luftmængde på 22-38 l/s (afhængig af lejlighedens størrelse) og maksimal luftmængde på 55 l/s. Varmegenvinding er opgivet til 89-94 % og SEL værdien ca. 0,8-1,0 kJ/m³ begge dele afhængig af luftmængde. Ud over fugtstyring kan anlægget manuelt reguleres direkte via anlæggenes styreenhed eller via emhætten. Anlægget er udstyret med en el-forvarmeplade, som skal forhindre varmeveksleren i at tilise samt en el-eftervarmeplade, som ved behov kan hæve indblæsningstemperaturen og herved sikre en højere komfort. Forvarmepladen på 600 W er sat til at starte ved en udetemperatur på -7 °C, mens beboerne selv kan bestemme sætpunktet for hvilken indblæsningstemperatur til lejligheden, som eftervarmepladen skal sikre.



Figur 3.10 Decentralt ventilationsanlæg i teknikrum i lejlighed. Til venstre: aggregat med kanalføring, til højre: åben aggregat med varmeveksler (grøn).

Figur 3.12 viser at lejlighederne 1-2 tv har indsugning i den sydøst vendte gavl og afkast i gårdfacaden (figur 3.2). Indsugning til 2 tv kan ses på figur 3.1, mens indsugning for 1 tv er placeret bag et solcellepanel. Lejlighederne på 1. og 2. etage til højre har indsugning i den

nordvest vendte gavl (figur 2.1) og afkast til gårdfacaden. Lejlighederne på 1. og 2. etage mf har indsugning i den sydøst vendte facade, men afkast over taget.

Figur 3.13 viser at lejlighederne på 3. og 4. etage til venstre har indtag og afkast som lejlighederne på 1. og 2. etage til venstre, mens lejlighederne på 3. og 4. etage til højre har indtag og afkast som lejlighederne på 1. og 2. etage til højre.

Figur 3.12 og figur 3.13 viser placeringen af ventilationsanlæggene i de 5 typer lejligheder. I sommerperioden kan anlægget nemt sættes i sommerdrift, således at anlægget "slukkes", og beboerne ventilerer via åbning af vinduer. Vinduerne er tophængte og kan åbnes udad i tyverisikret stilling med en spalte på 4,5-5 cm (figur 3.11). På badeværelset er der dog PIR føler, som sørger for at tænde anlægget, såfremt der er personer tilstede, eller hvis der er fugtigt i lejligheden. Ligeledes tændes anlægget også såfremt emhætten benyttes.

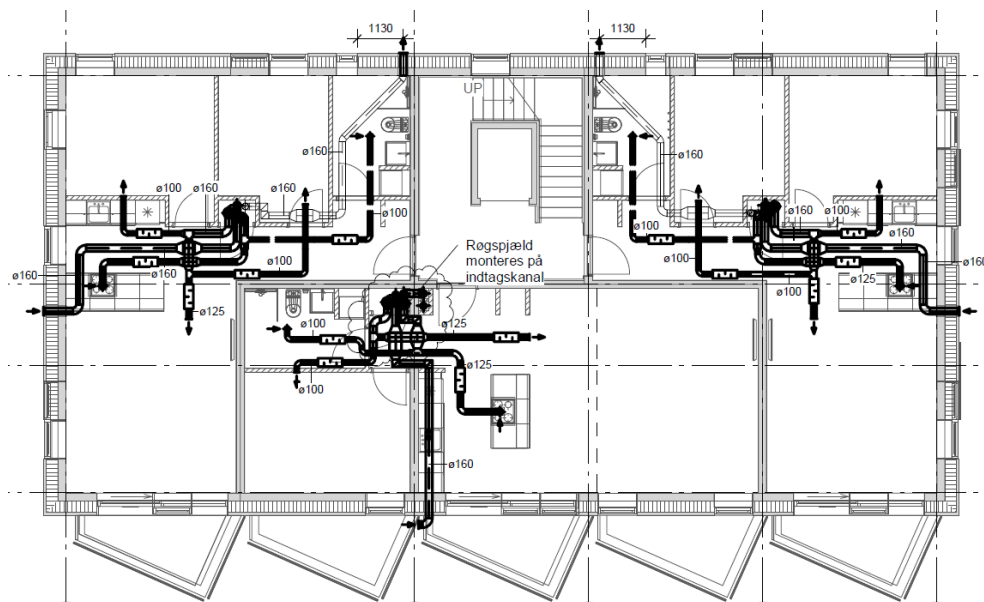
Trappeopgang og serviceetage er naturligt ventileret bortset fra tørrerummet. I tørrerummet i serviceetagen er den mekaniske udsugning styret via en fugtføler.



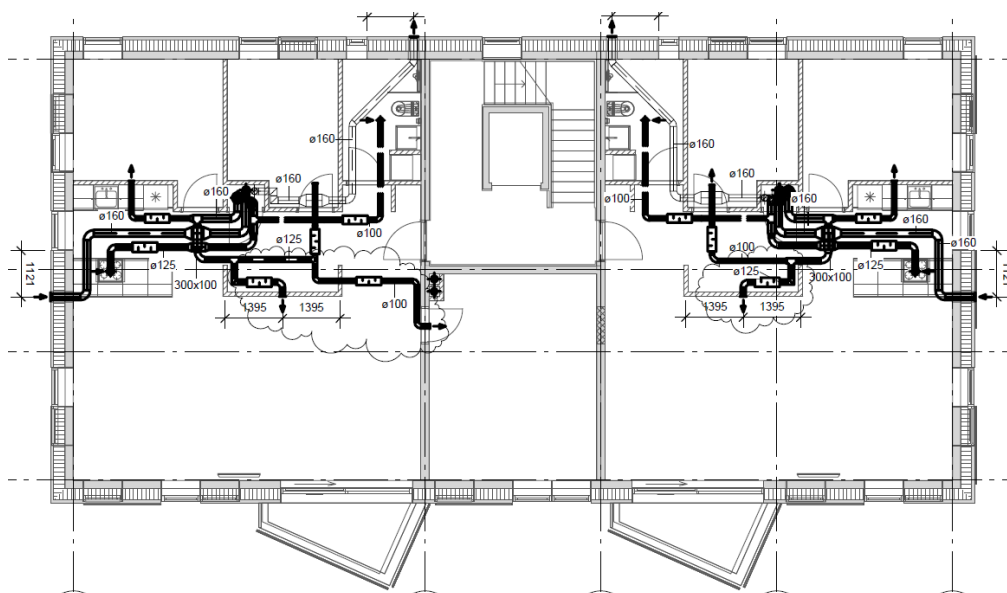
Figur 3.11 Et vindue åbnet i tyverisikret stilling.

Rumopvarmning

Varmeforsyningen er fjernvarme. For at opnå en hurtig regulerende varme er der radiatorer i alle lejligheder. Radiatorerne er alle udstyret med Danfoss Living termostater, således at det er muligt for beboerne at lave urstyring m.m. Der er forudsat 80/35 °C på primærsiden og 60/30 °C på sekundær siden af fjernvarmeveksleren i teknikrummet i serviceetagen.



Figur 3.12 Ventilationsanlæggene på første og anden etage (MOE).



Figur 3.13 Ventilationsanlæggene på første og anden etage (MOE).

Varmt brugsvand

Det varme brugsvand produceres centralt via en varmtvandsbeholder med en effektiv størrelse på 470 l og en effekt på 37 kW ved temperatursættene 65/35 °C og 10/55 °C. Temperaturen hæves en gang om ugen til 70 °C af hensyn til Legionellabekæmpelse. Hvis fremløbstemperaturen af fjernvarmen bliver for lav, er der en el-patron i bunden af brugsvandsbeholderen, som kan hæve temperaturen til 70 °C.

Badevandet løber særskilt via isoleret afløb til kælderen, hvor varmen genvindes via en Recoh multivert (Q Blue 2018) fra Hei-Tech (figur 3.14). Det betyder, at varmen fra badevandet overføres til det kolde vand med en opgivet virkningsgrad på ca. 60 %. Med denne teknik forventedes det, at ca. 30 % af energiforbruget til brugsvandsopvarmning ville blive sparet.



Figur 3.14 Varmegenvinding på det grå spildevand.

El-installationer

Boligerne er udstyret med det intelligente styresystem fra zensehome. Systemet gør, at alle kontakter, lampeudtag og stikkontakter kan programmeres.

Elevator

Elevatoren er en såkaldt tovhdraulisk lift, der i forhold til handicapkrav etc. er udført som en elevator, men bevæger sig med noget lavere hastighed – 0,15 m/s. Den lave hastighed betyder, at det er betydeligt hurtigere at bruge trappen, hvilket forventes at ville spare på driften af elevatoren – og medvirke positivt til beboernes sundhed.

En lift må desuden udføres med mindre overhøjde end en elevator, hvorfor overhøjde over tag kan undgås. Der er således ikke nogen overhøjde, der kaster skygge eller optager plads i forhold til optimal udnyttelse af taget til solceller.

Den valgte model er en tovhdraulisk lift fra H-elevator Aps. Den skønnes at bruge ca. 750 kWh pr. år.

Vedvarende energi – solceller

For at huset kan opnå energineutralitet skal der produceres meget vedvarende energi (VE). I BOLIG+ stammer al VE strøm fra solceller. Solcellerne er leveret af Racell. Produktionen er fordelt på 4 anlæg placeret på henholdsvis tag og facader.

Der er placeret 182 m² solceller på taget orienteret ligeligt mod SØ og NV og med en hældning på 12,5 grader (figur 3.15 og figur 3.3), da dette giver en højere ydelse end, hvis alle paneler vendte samme vej. Tagpanelernes samlede kWp er 32 (effektivitet 17,7 %), og

de har en beregnet årlig produktion på ca. 26.000 kWh. De er koblet på to Fronius invertere på 12,5 kW hver, som ses til venstre i figur 3.16.



Figur 3.15 Solcelle-panelerne på taget er placeret ryg mod ryg. © Realdania Byg.

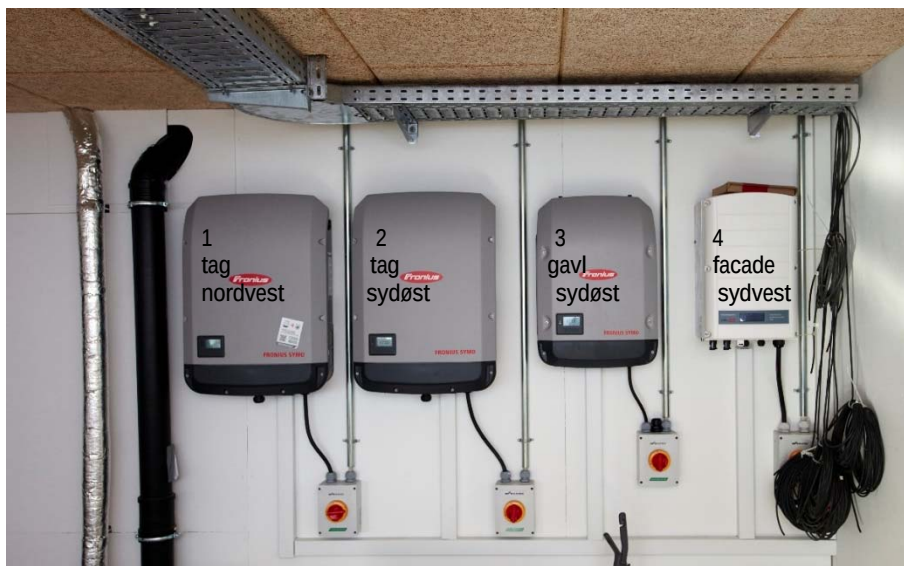
Der er 202 m² solceller på facaderne med en samlet effekt på ca. 32 kWp (effektivitet 15,9 %). De 10 paneler på gavlen (figur 3.2) er tilsluttet en Fronius 8,3 kW inverter. På den syd-vestlige facade er panelerne placeret under forskellige skyggeforhold, og bliver dermed også belastet forskelligt (figur 2.1 og figur 3.1). De forskellige paneler er derfor hver især tilsluttet en "modul optimizer" fra Solaredge og herefter samlet tilsluttet en inverter fra Solaredge på 17 kW.

Totalt har solcelleanlægget (tag og facade) en forventet årlig ydelse på ca. 45.000 kWh. Se den estimerede fordeling af produktionen i nedenstående tabel 3.1.

Tabel 3.1 Overblik over de anvendte solceller i BOLIG+ i Søborg.

Modul placering	Hældning	Orientering	Antal paneler	Samlet panel areal	Installeret effekt	Estimeret årlig produktion	Samlet pris ...
				[m ²]	[Wp]	[kWh/år]	[DKK/Wp]
Tag	12,5 °	Sydøst	28	102,1	18.076	15.676	9,35
Tag	12,5 °	Nordvest	22	80,2	14.203	10.396	9,35
Tag total			50	182,3	32.279	26.072	
Facade gavl	90 °	Sydøst	10	56,1	8.910	5.426	22,9
Facade gade	90 °	Sydvest	5	28	4.455	2.715	22,9
Karnapper syd	90 °	Syd	15	38,9	6.143	3.778	29,95*
Karnapper vest	90 °	Vest	15	63,2	10.395	5.683	25,16*
Karnapper albedo	90 °	Nordvest	10	16,3	2.430	1.480	36,11*
Facade total			55	202,5	32.333	19.082	35,5

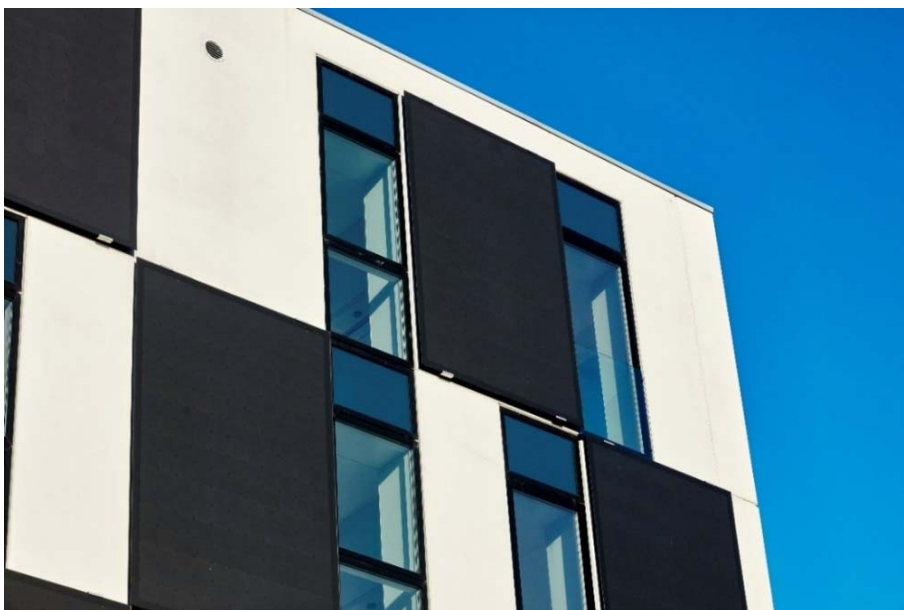
* Den reelle merpris for solpaneler på karnapper skal reduceres med 15 - 20 %, da panelerne her erstatter udvendig beklædning af altan, der jf. lokalplan skal lukkes for støj.



Figur 3.16 Solcelleanlæggenes fire invertere placeret i serviceetagen.

Selv når sparet facadebeklædning på karnapper modregnes, er den strøm, som facaden producerer, godt tre gange så dyr som strøm produceret på taget. Merprisen skyldes lodret montage, hensyn til skygger, æstetiske krav og udgifter til ophængningssystem. Priser er baseret på siliciumpriser i 2014.

Da de største paneler har et areal på 5,7 m², har det været nødvendigt at udvikle et nyt ophængningssystem. Systemet er af hensyn til brandmodstand udført i stål (rustfrit), og af æstetiske årsager er montagesystemet udført som et rammeløst system, der bortset fra nogle ekstra sikringsbeslag er helt skjult, når elementerne betragtes forfra (figur 3.17).



Figur 3.17 De store solcellepaneler på gavlen.

Energilagring med flowbatterier

Pga. den periodisk store overskudsproduktion af el, er det oplagt at kunne gemme noget af energien i huset i stedet for at sende den ud på nettet. Bygherren har derfor valgt at teste en ny flowbatteri-teknologi til lagring af solcellestrøm fra VisBlue (visblue 2018) (figur 3.18). Batteriet er et vanadium redox flowbatteri med 2 x 800 liter elektrolyt væske. Det har en max effekt på 5 kW, men bliver kørt på 4 kW for at opnå højre virkningsgrad og mindske risiko for

lækage. Lagringskapaciteten for batteriet er 32 kWh. Dette batteri var ikke med i den oprindelige projektering, men blev tilføjet efterfølgende.

Med batteriet var forventningen, at egetforbruget af solcelle-el kunne øges fra ca. 25 % til ca. 50 %, altså en fordobling. Denne forøgelse har stor økonomisk betydning for beboernes el-regnskab, eftersom én kWh fra solcellepanelet, som bruges direkte af BOLIG+, er næsten 2 kr. lavere pris end én kWh indkøbt fra elselskabet.



Figur 3.18. Flowbatterier under montage i bygningens serviceetage. Blybatteriet er til midlertidig brug i forbindelse med installation og indkøring af flowbatteriet.

MÅLESYSTEM

4 MÅLESYSTEM

Det ses ofte, at nye bygninger har et andet og ofte højere energiforbrug end beregnet i projekteringsfasen. Desuden er indeklimaet i bygningerne ofte ikke så godt som forventet.

At en bygning i brug har et højere energiforbrug end beregnet i projekteringsfasen, findes der mange grunde til:

- 1 input-fejl i det anvendte beregningsprogram, eller at beregningsprogrammet ikke kan håndtere specifikke komponenter i bygningen korrekt
- 2 ændringer i design af bygningen og/eller konstruktioner samt installationer i løbet af konstruktionsfasen
- 3 anden anvendelse, herunder anden beboeradfærd end antaget i beregningsprogrammet, fx anden rumtemperatur
- 4 andet vejrlig end anvendt i projekteringsfasen
- 5 for lidt fokus på indeklima både i projekterings- og konstruktionsfasen
- 6 fejl i samt dårlig indregulering og commissioning af konstruktioner og installationer

På grund af ovenstående er det typisk ikke muligt at vurdere, om en bygning fungerer som beregnet blot ved at sammenligne det i projekteringsfasen beregnede energiforbrug med det målte årlige energiforbrug under drift. Det er nødvendigt at justere beregningsprogrammet i forhold til de aktuelle forhold. Hvordan, et beregningsprogram justeres til de aktuelle forhold, beskrives detaljeret i (Jensen 2013) og (Jensen 2015a). I (Jensen 2013) beskrives desuden, hvordan fejlfinding kan gennemføres for at bestemme, hvilke komponenter og/eller installationer der medfører et højere målt energiforbrug for bygningen også efter justering af beregningsprogrammet.

Ud over at en BOLIG+ bygning skal overholde kravene til Bygningsklasse 2020 uden indregning af produktion af el fra solceller, var der i BOLIG+ konkurrencen forsøgt taget højde for punkterne 3) og 5) ovenfor. Kravene til energineutralitet indeholder således mere realistiske krav til rumtemperaturen (22 °C mod standardværdien i Be10 (Aggerholm and Grau 2014) på 20 °C), et mere realistisk varmtvandsforbrug (375 l/m² mod standardværdien i Be10 på 250 l/m²) samt et lavere varme tilskud fra elektriske apparater (1,75 W/m² mod 3,5 W/m² i Be10). Der var ligeledes stillet krav til fokus på indeklimaet – herunder straf ved overophedning samt krav til dagslysforhold.

Da BOLIG+ bygningen i Søborg er den første rigtige BOLIG+ bygning, er det vigtigt at få dokumenteret, om bygningen virkelig lever op til BOLIG+ dogmerne. Hvis bygningen mod forventning ikke lever op til en eller flere af BOLIG+ dogmerne, er det vigtigt at få undersøgt hvorfor, da denne viden er vigtig for ikke blot kommende BOLIG+ bygninger, men for al lavenergibyggeri.

ELFORSK blev derfor i 2013 ansøgt om midler til at dokumentere (specielt) energiforbruget i BOLIG+ Søborg. Projektet "BOLIG+ - måling, evaluering og formidling" blev bevilget indeholdende et måleprogram på to år, da der det første år ofte sker justeringer af specielt installationerne.

Måleprogrammet er specielt designet til at dokumentere BOLIG+ dogmerne 'Energineutralitet' og 'Godt og sundt indeklima'. Da der som en del af projektet indgår en spørgeskemaundersøgelse, vil dogmet 'Intelligent og brugervenlig' også blive evalueret.

Måleprogrammet for BOLIG+ Søborg er kort beskrevet i det følgende.

4.1 Måleprogrammet

Da det er meget dyrt at lave detaljerede målinger i 10 lejligheder, består måleprogrammet dels af de målinger, der alligevel skal gennemføres i bygningen til afregningsformål, dels af ekstra målinger for at kunne dokumentere specielle forhold – herunder indeklimaet i lejlighederne. De anvendte målere er ikke blevet kalibreret til formålet. Der stoles på fabrikanternes kalibrering. Dette giver en lidt forøget usikkerhed for de målte værdier.

4.1.1 Målinger i lejlighederne

I hver lejlighed måles:

- det samlede elforbrug
- elforbrug fra eludtag (zensehome systemet) – herunder til det decentrale ventilationsanlæg. Der var desværre ikke midler til en mere detaljeret måling af funktionen af ventilationsanlæggene såsom volumenstrømme og temperaturer
- varmekonsum til rumopvarmning inkl. fremløbs- og returtemperatur
- varmt- og koldtvandsforbrug
- kontakt på altandøren til registrering af åben dør. Altanen er inddækket på grund af støj fra Søborg Hovedgade, så det kan være fristende at lade altandøren stå åben længe, hvilket kan påvirke varmekonsumet
- temperatur, fugt og CO₂ i stuen og ét værelse.

4.1.2 Målinger i bygningens teknikrum

I bygningens teknikrum måles følgende:

- fjernvarme til bygningen samt fremløbs- og returtemperatur
- fjernvarme til brugsvandstanken samt fremløbs- og returtemperatur
- varme genvundet på det grå spildevand samt fremløbs- og returtemperatur
- elforbrug til elpatron i brugsvandstanken til forebyggelse af den sundhedsskadelige bakterie Legionella
- el til og fra et flowbatteri
- samlet købt og solgt el fra/til elnettet
- elforbrug til fællesbelysning
- el produceret fra bygningens solcelle-anlæg – målt ved de fire invertere
- temperaturen i toppen af brugsvandsbeholderen
- fremløbstemperaturen til radiatorsystemet
- udetemperatur
- elforbrug – lejlighedernes elmålere er placeret i teknikrummet i serviceetage

4.1.3 Måling af vejrforhold

Udetemperaturen ved bygningen – se nedenstående afsnit om ECL 320.

Andre vejrfparametre er hentet fra nærliggende DMI målestationer samt fra Teknologisk Institut i Taastrup.

4.2 Måleudstyr

Som nævnt tidligere er målingerne i BOLIG+ gennemført ved hjælp af forskellige systemer, hvoraf flere alligevel var i bygningen:

- afregningsmålesystem fra evikali
- styring med ECL 310 af varmeanlægget i teknikrummet i serviceetagen
- el kontakter fra zensehome i lejlighederne, inkl. specialudviklet dørkontakt til altandørene
- IC-Meter i lejlighederne

4.2.1 Evikali

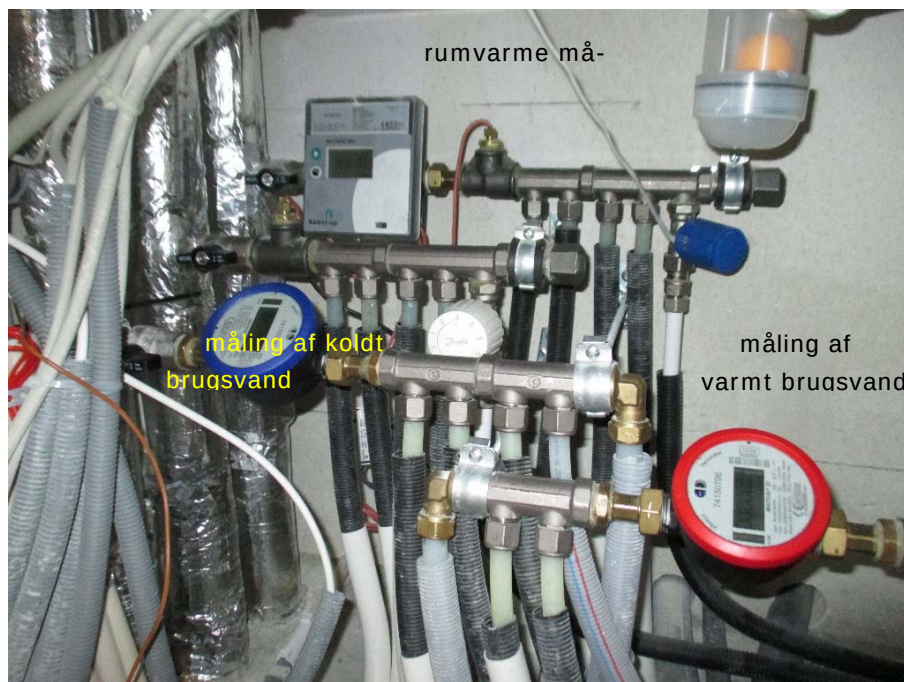
Evikali's system blev valgt til at fortage den nødvendige opsamling af måledata til brug for afregning af lejlighedernes el- og varmeforbrug. Systemet logger målingerne som timeværdier:

i lejlighederne:

- forbrug af rumvarme inkl. frem- og retur temperatur (figur 4.1).
- forbrug af varmt brugsvand (figur 4.1).
- forbrug af koldt vand (figur 4.1).

i teknikrum i serviceetagen:

- elforbrug – lejlighedernes elmålere er placeret i teknikrummet i serviceetagen
- fjernvarme til bygningen samt fremløbs- og returtemperatur
- fjernvarme til brugsvandstanken samt fremløbs- og returtemperatur
- varme genvundet på det grå spildevand samt fremløbs- og returtemperatur
- elforbrug til elpatron i brugsvandstanken til forebyggelse af Legionella bakterier
- el til og fra flowbatteriet
- samlet købt og solgt el fra/til elnettet
- elforbrug til fællesbelysning
- el produceret fra bygningens solcelle-anlæg – målt ved de fire invertere



Figur 4.1 Varmemåler samt koldt- og varmtvandsmåler i teknikskabet i en af lejlighederne.

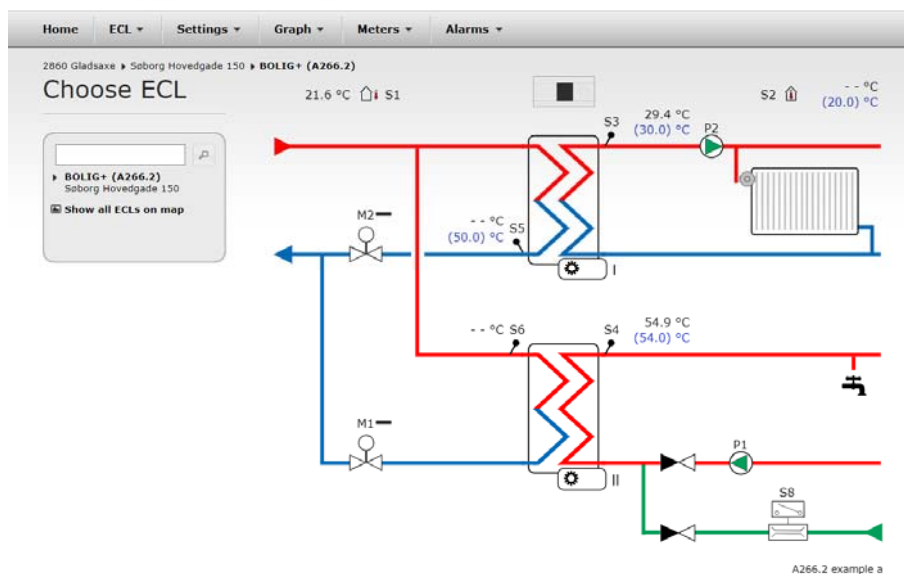
4.2.2 ECL 310

ECL 310 er en styreenhed fra Danfoss, der anvendes til at styre varmforsyningen til bygningen som vist i figur 4.2.

ECL 310-enheden kan desuden sættes op til at logge målte værdier hvert 15. minut. I BOLIG+ Søborg måles følgende værdier med ECL 310:

- temperaturen i toppen af brugsvandsbeholderen
- fremløbstemperaturen til radiatorsystemet
- udetemperatur. Udeluft temperatursensoren var placeret på den nordøst vendte facade som vist i figur 4.3.

ECL COMFORT 310 PORTAL



Figur 4.2 ECL 310 anvendes til styring af varmforsyningen i BOLIG+ Søborg (Danfoss).



Figur 4.3 Placeringen af udeluft temperatursensoren.

4.2.3 zensehome

zensehome systemet i lejlighederne måler elforbrug fra de fleste el-kontakter og –udtag. Til evalueringen af energiforbruget i BOLIG+ Søborg anvendes følgende måleværdier som kvarterværdier:

- elforbrug til ventilationsanlæggene
- elforbrug til IC-Metrene
- elforbrug til kontakten på altandøren

Til BOLIG+ måleprojektet udviklede zensehome en trådløs kontakt, der kan detektere, hvornår og hvor længe altandøren har været åben (figur 4.4).



Figur 4.4 Kontakt til detektering af åbning og lukning af altandør.

Figur 4.5 viser zensehome stikkontakterne i et teknikrum i en af lejlighederne. Elforbruget for zensehome stikkontakterne lagres hvert 15. minut.



Figur 4.5 zensehome stikkontakter i teknikrummet i en af lejlighederne.

4.2.4 IC-Metre

De anvendte IC-Metre sender deres målinger trådløst via lejlighedernes internetforbindelse. Målinger logges hvert femte minut. Der er placeret ét IC-Meter i stuen og ét i soveværelset i hver lejlighed. Figur 4.6 viser et billede af et IC-Meter. Begge IC-Metre bliver forsynet med el via en fælles strømforsyning i lejlighedens teknikrum. IC-metrene måler følgende værdier:

- temperatur
- fugt
- CO₂



Figur 4.6 IC-Meter placeret i stuen i en af lejlighederne.

4.2.5 Solindfald

Der var ikke midler i projektet til måling af solindfaldet direkte på BOLIG+. Solindfaldet er i stedet målt på Teknologisk Institut i Taastrup ca. 17 km sydvest for BOLIG+ Søborg.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '5'.

5

EVALUERING AF ENERGIFORBRUGET I BOLIG+

5 EVALUERING AF ENERGIFORBRUGET I BOLIG+

I dette kapitel undersøges det, om BOLIG+ har levet op til energikravene i BOLIG+ konceptet.

5.1 Projekteret energiforbrug

For at en bygning energimæssigt overholder BOLIG+ dogmet, er der to krav, der skal opfyldes:

- bygningens energibehov skal overholde kravet vedrørende primærenergi i Bygningsklasse 2020³: 20 kWh/m² uden lokal produktion af elektricitet fra fx solceller,
- bygningen skal på årsplan være energineutral, hvilket vil sige, at der årligt produceres lige så meget primær energi på matriklen, som der årligt forbruges. Dette krav er yderligere skærpet ved beregningsmæssigt:
 - at øge rumtemperaturen fra 20 °C til den mere realistiske foretrukne rumtemperatur i Danmark: 22 °C
 - at reducere elforbruget i lejlighederne. I BOLIG+ blev der antaget et elforbrug på 1.712 kWh/lejlighed. Dette forbrug antages at udgøre det interne varmetilskud til lejlighederne
 - at anvende et forbrug af varmt brugsvand på 40 l/person/dag opvarmet til 55 °C. Med et typisk dansk gennemsnitlig beboerantal på 1,8 person giver det for BOLIG+ i 251 l/m² pr. år

Energiforbruget for BOLIG+ blev under projekteringen beregnet med beregningsprogrammet Be10 (Aggerholm and Grau 2014) inkl. programmets standard vejrdato.

BOLIG+ blev projekteret til at have et primært energibehov efter Bygningsklasse 2020 på 19,9 kWh/m², mens energibehovet ved undersøgelse af energineutralitet blev beregnet til 28,5 kWh/m² (Realdania Byg 2015). De 28,5 kWh/m² (primær energi) skal sammen med elforbruget i lejlighederne på 10*1712 kWh = 16,3 kWh/m² plus 4,4 kWh/m² el på fællesarealer dækkes af el produktion fra solcellerne på bygningen.

El produktionen fra bygningens solcellearealer var projekteret til at yde 40.000 kWh/år.

5.2 Klimaskærm

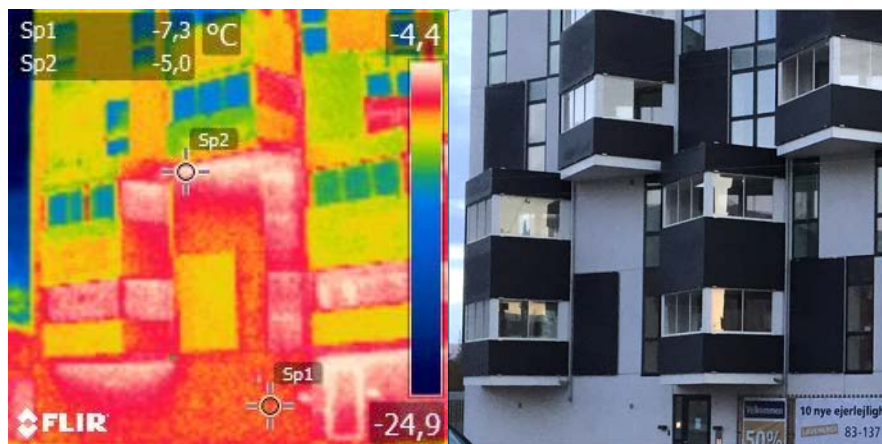
Før indflytning af beboerne blev der gennemført en termografering af bygningen med henblik på at identificere eventuelle kuldebroer i bygningens facader. Bygningen var ubeboet, men opvarmet til ca. 22 °C og for at sikre en tilstrækkelig temperaturforskel mellem inde og ude.

Termograferingen blev gennemført 25. februar 2016 mellem klokken 06:45 og 07:25. Dette tidspunkt er valgt for at sikre mod forstyrrelse af optagelserne på grund af direkte sol på bygningen, som vil skabe overfladetemperaturer, som ikke skyldes varmetabet ud gennem bygningens konstruktioner. Udetemperaturen på det pågældende tidspunkt blev registreret af måleudstyret i bygningen til -0,4 °C.

³ Som defineret i BR10 og BR15 (se fakta boks på side 7)

5.2.1 Altaner

Facaden mod Søborg Hovedgade er præget af mange fremspring, forskellige vinkler og materialer. Det er derfor ikke muligt at konkludere, om der er kuldebroer i facaden. Dog ser der ud til at være en kuldebro omkring rammen af indgangsdøren (Sp1 i figur 5.1). Dette skyldes sandsynligvis, at døren på daværende tidspunkt ikke lukkede helt tæt. Det samme gjaldt indgangsdøren på gårdsiden og flere vinduer.



Figur 5.1 Facade mod Søborg Hovedgade.

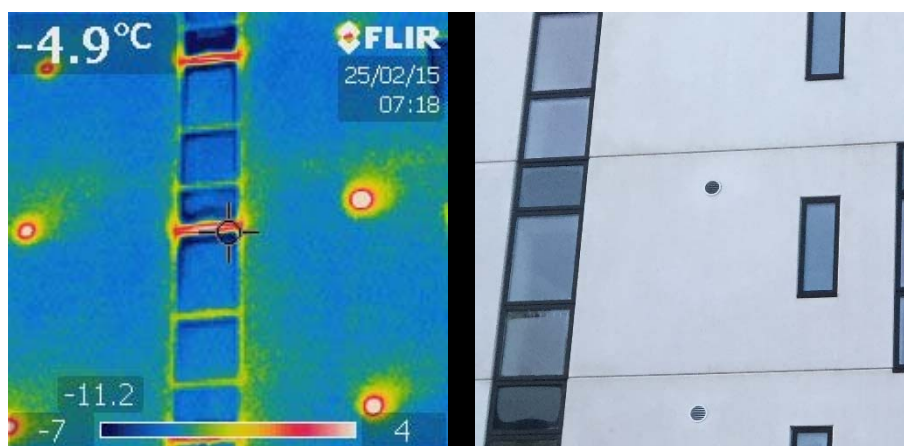
Generelt er temperaturforskellene på facaden dog meget små, der er således kun en temperaturforskel på 2,3 °C mellem målepunkterne Sp1 og Sp2 (figur 5.1). Sp2 er varm, fordi punktet er beliggende under altanen og derfor er beskyttet mod udstråling til himmelrummet.

Vinduerne i altanerne på de 3 øverste etager optræder koldere end vinduerne på nederste etage, hvilket skyldes det uopvarmede altanrum samt udstrålingen til himlen.

Vinduerne på den nederste etage ser umiddelbart ud til at være varme (dårligt isolerende), men det skyldes, at målingen (på grund af vinklen) sker gennem vinduet på de indvendige overflader i lejligheden.

5.2.2 Vinduer og døre på gårdfacaden

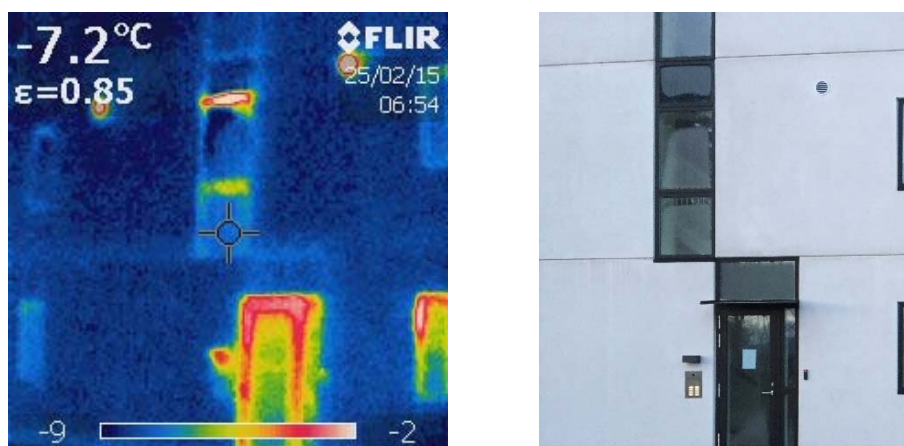
Der ser ud til at være en kuldebro i vinduerne på trappeopgangen mellem 2 og 3 glas (regnet nede fra) for hvert vinduesfag (figur 5.2). Det viste sig dog, at vinduerne stod på klem.



Figur 5.2 Gårdfacade.

De lyse runde plamager i figur 5.2 på facaden viser afkast fra ventilationen. Overfladen af facaden bliver her lokalt opvarmet af afkastluften fra ventilationen.

Generelt har facaden en meget lav overfladetemperatur, hvilket indikerer god isolerings-
evne.

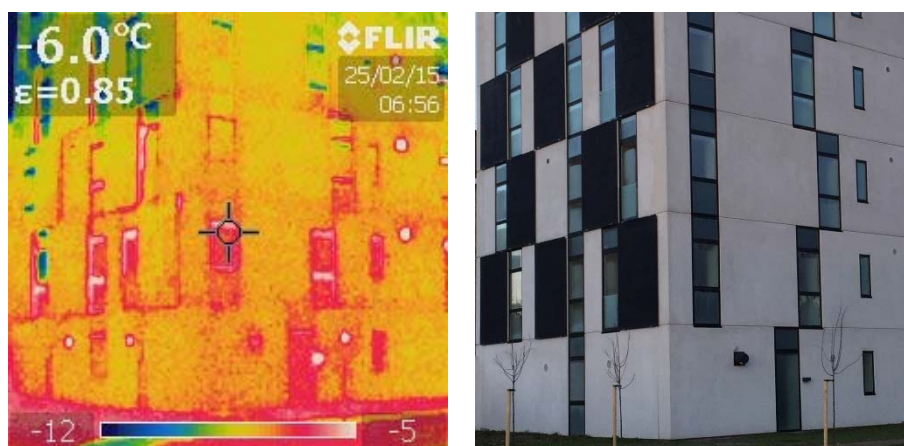


Figur 5.3 Indgangsdør på gårdfacade.

Der ser ud til at være en kuldebro langs toppen af indgangsdøren eller alternativt lukker den ikke korrekt (figur 5.3). Efterfølgende viste det sig, at flere vinduer og døre ikke sluttede tæt, hvilket blev justeret.

5.2.3 Facadeelementer på øst- og gårdfacade

Umiddelbart ser der ud til at være en kuldebro langs samlingerne af facadernes betonelementer (figur 5.4). Men det er ikke klart, om der er tale om en reel kuldebro eller, om det bare skyldes en temperaturforskel, som opstår på grund af luftspalten mellem facadeelementerne. På gavlen af bygningen kan der desuden være tale om en "skygge" for udstråling til himmelrummet på grund af solcellerne.



Figur 5.4 Gavl og gårdfacade.

Termograferingen viste ikke umiddelbart problemer med kuldebroer i bygningens facader, bortset fra tætningsproblemer omkring nogle vinduer og døre, som efterfølgende blev rettet.

5.3 Sammenligning af beregnet og målt energiforbrug

I det følgende sammenlignes ovenstående dimensionerede energibehov (herefter betegnet projekteret energiforbrug) med måling af det realiserede energiforbrug for det forskudte år maj 2017-april 2018. Denne periode er anvendt, fordi der i den første opvarmningssæson 2016-2017 stadig var ting, der skulle indreguleres. Opvarmningssæsonen 2017-2018 forventes derimod at give et mere korrekt billede af energiforholdene i bygningen.

I dette afsnit sammenlignes de tre projekterede og målte hovedforbrug/-produktion: fjernvarmeforbrug, elforbrug i lejlighederne og produktionen fra solcelleanlæggene. En sammenligning for hele det undersøgte år 2017-2018 er vist i tabel 5.1.

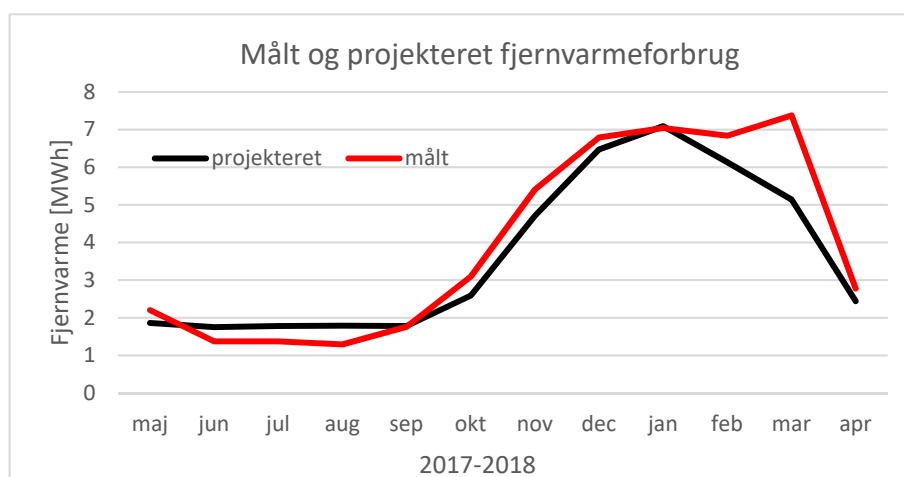
Tabel 5.1 Projekteret og målt årligt fjernvarme- og elforbrug samt elproduktion.

	Fjernvarmeforbrug MWh	Elforbrug i lejlighederne kWh/lejlighed	Elproduktion fra solceller MWh
Projekteret	43,5	1712	40
Målt	47,3	2841	29,8
Forskel	+11 %	+65 %	-26 %

Det målte årlige fjernvarmeforbrug er ikke meget højere end projekteret, mens elforbruget i lejlighederne er langt større og elproduktionen fra solcellerne er en del mindre end projekteret. I de følgende afsnit undersøges årsagerne til disse afvigelser, og projekteret og målt forbrug/produktion sammenlignes måned for måned.

5.3.1 Fjernvarmeforbrug

Figur 5.5 viser en sammenligning af det månedlige projekterede og målte fjernvarmeforbrug. Når man ser bort fra marts 2018, som var koldere end normalt, er der en god overensstemmelse mellem det projekterede og det målte fjernvarmeforbrug. Dette dækker dog over forskelle i grundlaget for projekteringen i forhold til de faktiske forhold. I afsnittet "*Undersøgelse af afvigelserne mellem målt og beregnet energiforbrug*" side 47 undersøges dette med hensyn til rumtemperatur, brugsvandsforbrug, internt varmetilskud, luftsifte og udeklima.



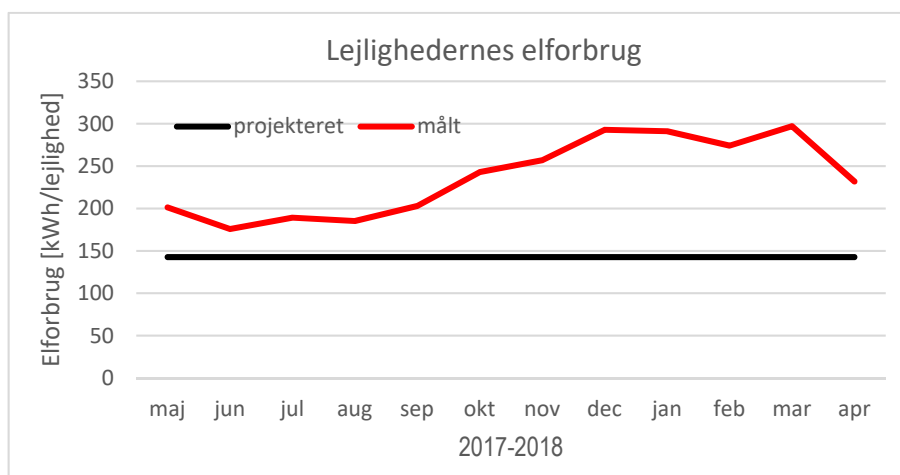
Figur 5.5 Projekteret og målt fjernvarmeforbrug.

5.3.2 Elforbrug i lejlighederne

Figur 5.6 viser det gennemsnitlige månedlige elforbrug i lejlighederne. I virkeligheden er der stor variation i elforbruget for de 10 lejligheder som vist i figur 5.27. Det projekterede elforbrug i lejlighederne er vist som konstant.

Som det ses, var elforbruget i lejlighederne alle måneder en del eller væsentligt højere end den konstante projekterede værdi. Dette dækker dog over et par forhold, som der skal tages hensyn til. Én af lejlighederne fik nye beboere i efteråret 2017. De nye beboere har en elbil. De fik derfor etableret et stik til opladning, som er monteret bag deres afregningsmåler. Det vurderes, at dette har betydet et merforbrug på omkring 1.500 kWh for det undersøgte år. Der er primært et merforbrug i vinterhalvåret, da ejerne af elbilen opholder sig meget i deres sommerhus i sommerhalvåret. Lejlighedernes elforbrug er nærmere undersøgt i afsnittet "Samlet elforbrug" på side 60, mens elforbruget til bygningens drift er undersøgt i afsnittet "Lejlighedernes elforbrug" på side 61.

Elforbruget i figur 5.6 inkluderer også elforbruget til ventilationsanlæggene, som jo i virkeligheden er el til bygningens drift, og som derfor ikke skal inkluderes i de projekterede 1.712 kWh/lejlighed. Elforbruget til ventilationsanlæggene udgør i gennemsnit 258 kWh/lejlighed/år – se afsnittet "Volumenstrømme i ventilationsanlæggene" på side 52.

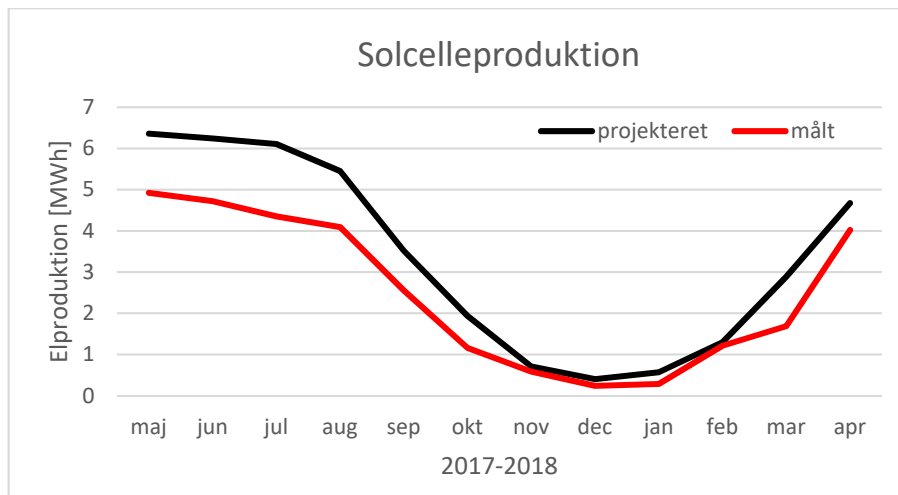


Figur 5.6 Projekteret og målt gennemsnitligt elforbrug i lejlighederne.

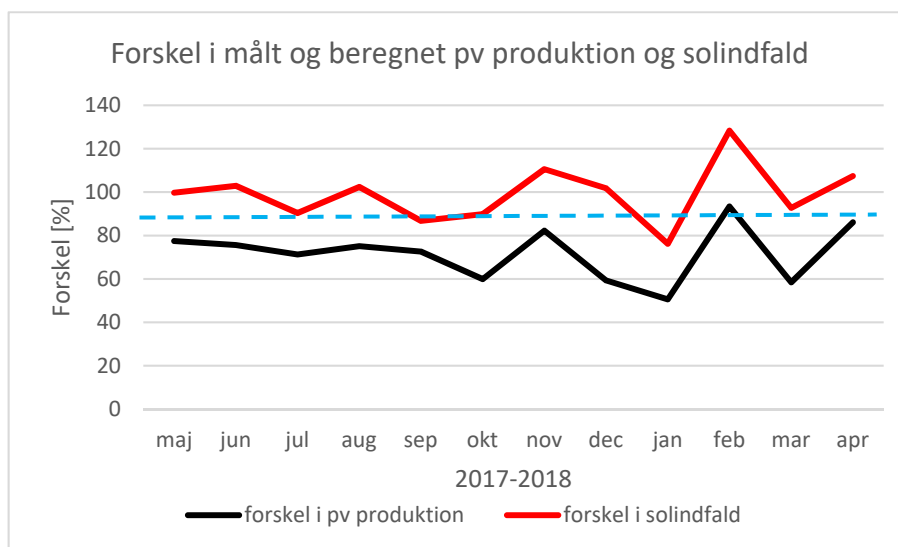
5.3.3 Elproduktion fra solceller

Figur 5.7 viser den månedlige projekterede (fra Be10 modellen) og målte elproduktion fra solcelleanlæggene. Figuren viser, at der hele året har været en lavere produktion end forudsat under projekteringen. Figur 5.8 viser måned for måned, hvor stor den målte produktion var i forhold til den projekterede produktion.

Den lavere solcelle produktion kunne skyldes et lavere solindfald i den undersøgte periode end i Be10, men som det fremgår af afsnittet "Solindfald" på side 49, er dette ikke tilfældet. Det samlede solindfald på vandret var i den undersøgte periode i 2017-2018 kun 1 % lavere end i Be10's standard klimadata – se også figur 5.13. Dog kan man se af figur 5.8, at i de måneder, hvor der har været et højere målt solindfald end i Be10, har der også været en højere elproduktion. Solcelle produktionen bliver nærmere undersøgt i afsnittet "Elforbrug" på side 60.



Figur 5.7 Målt og projekteret elproduktion fra solcelleanlæggene.



Figur 5.8 Den målte elproduktion og solindfald i forhold til den projekterede el produktion og solindfaldet i Be10.

5.4 Undersøgelse af afvigelserne mellem målt og beregnet energiforbrug

Som beskrevet i afsnittet målesystem på side 34, findes der mange årsager til forskellen mellem projekteret og realiseret energiforbrug i en bygning.

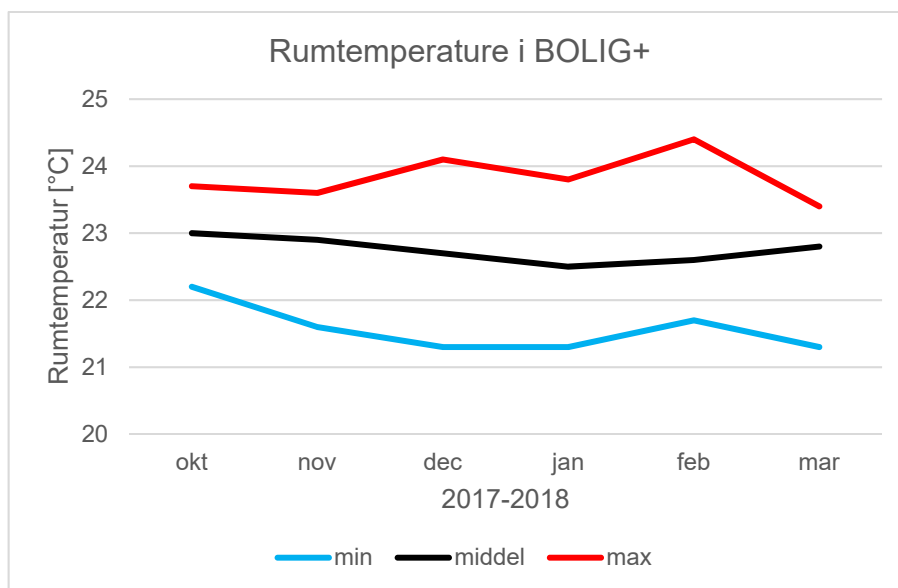
I det følgende tages udgangspunkt i beskrivelserne i (Jensen 2013) og (Jensen 2015a).

I det første år 2016-2017 blev der udført commissioning for at fastlægge eventuelle fejl ved anlæggene i bygningen ved nøje at følge målingerne i BOLIG+. Dette førte til, at flere fejl blev fundet og rettet.

5.4.1 Rumtemperatur

Et af kravene til overholdelse af energifleksibilitet i forhold til BOLIG+ konceptet er som nævnt, at rumtemperaturen i boligen er 22 °C. I fyringssæsonen 2017-2018 (oktober-marts) var den gennemsnitlige rumtemperatur 22,8 °C. Dette dækker dog over forskelle mellem de enkelte lejligheder og også lidt mellem de forskellige måneder som vist i figur 5.9. Som det ses, er middeltemperaturen i alle lejligheder over 20 °C, som er den temperatur der normalt anvendes ved beregning af en bygnings opvarmningsbehov. Middeltemperaturerne dækker

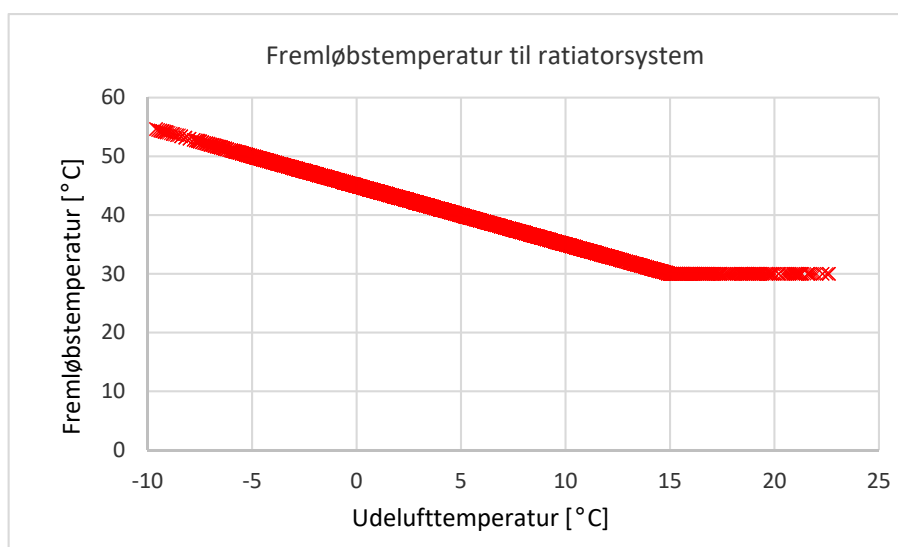
dog over daglige udsving i rumtemperaturerne, som det vises i kapitlet Indeklima. Men figur 5.9 indikerer, at BOLIG+ har haft et øget opvarmningsbehov, fordi rumtemperaturen i bygningen har været lidt højere end antaget i projekteringen.



Figur 5.9 Minimum, middel og maksimum middelmåned rumtemperatur i BOLIG+ i opvarmningssæsonen 2017-2018.

Forøgelse af rumtemperaturen i Be10 fra 22 til 22,8 °C øger fjernvarmeforbruget med 2,2 MWh/år til 45,7 MWh/år i Be10 beregningen til tjek af energineutralitet. Selve rumopvarmningsbehovet (uden rørtaab) øges fra 21 til 23.3 MWh/år, hvilket svarer til 11 % forøgelse af rumopvarmningsbehovet. Det primære energiforbrug øges fra 28,5 til 29,8 kWh/m² eller med 1,3 kWh/m² henholdsvis 4,5 %.

Figur 5.10 viser fremløbstemperaturen af radiatorvandet til lejlighederne. Som det ses, er fremløbstemperaturen sat til at være 50 °C ved en udeluft temperatur på -5 °C, mens fremløbstemperaturen er 30 °C ved udetemperaturer over 15 °C.



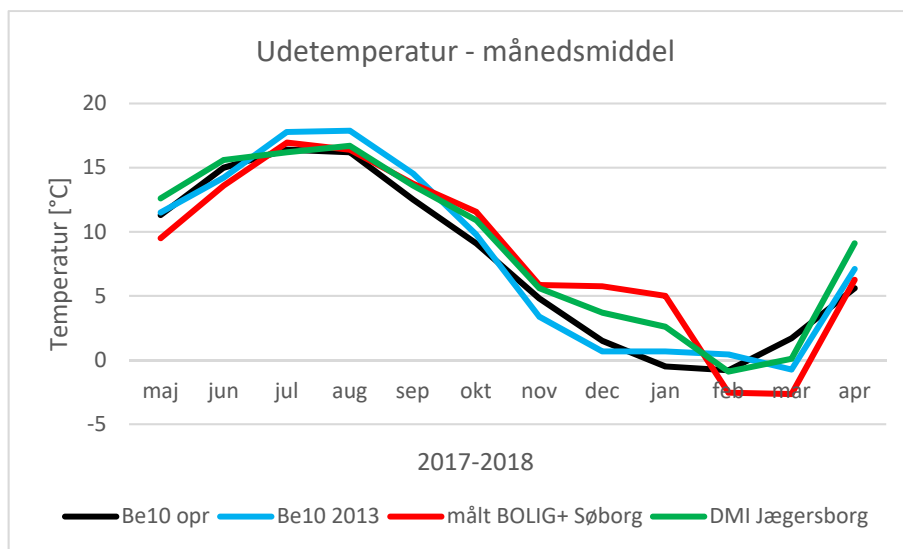
Figur 5.10 Målt fremløbstemperatur af radiatorvand afhængig af udetemperaturen.

5.4.2 Udeklima

Udetemperaturen og solindfaldet er af afgørende betydning for rumopvarmningsbehovet i en bygning.

Udetemperatur

Figur 5.11 viser en sammenligning mellem den målte månedsmiddel udetemperatur og den tilsvarende udetemperatur i Be10. Der er to kurver fra Be10: den oprindelige, der var lagt ind i programmet og en ny ekstern fil fra 2013 (Wang et al. 2013). Sidstnævnte er interessant, idet udetemperaturen her kan ændres. Desuden er udetemperaturen fra BOLIG+ sammenlignet med DMI's måling i Jægersborg, ca. 2.5 km fra BOLIG+ bygningen. Som det ses, stemmer målingerne fra BOLIG+ godt overens med DMI's målinger for juli-november, hvorfor det antages, at temperaturføleren på BOLIG+ måler nogenlunde korrekt på trods af en placering på en ydervæg, der ikke helt er skærmet fra sol.



Figur 5.11 Målt månedsmiddel udetemperatur sammenlignet med udetemperaturen i Be10.

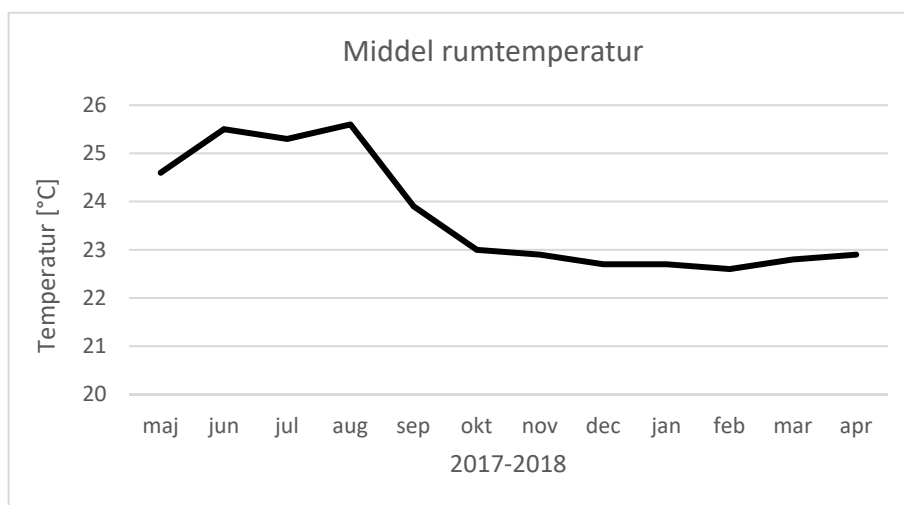
Som det ses, var den målte udetemperatur i opvarmningssæsonen (oktober-april begge inkl.) højere i oktober-januar (specielt meget højere i december og januar) end i vejrdatabaserne i Be10, mens den var lavere i februar og marts. Det ses af figur 5.5, at det målte fjernvarme-forbrug var højere i hele opvarmningsperioden med undtagelse af januar. Dette er mærkeligt, da den målte udetemperatur for både december og januar var 4-5°C højere end i Be10, som det ses i figur 5.11. Forskellen i beregnet og målt opvarmningsbehov var højere i marts end i februar, selv om forskellen mellem målt udetemperatur og udetemperaturen i Be10 var større i februar end i marts.

Betydningen af forskellig udetemperatur er undersøgt ved hjælp af graddage. For den undersøgte periode var det samlede antal skyggegraddage ved BOLIG+ i Søborg 3033 (DMI målte ved Jægersborg 2900 graddage), mens udetemperaturen i Be10 leder til 3260 graddage med de oprindelige vejrdage og til 3200 graddage med datafilen fra 2013. Dette betyder, at det reelle rumopvarmningsbehov har været 7 % lavere end forventet ved projekteringen med de oprindelige vejrdage i Be10. Da der er meget lidt forskel på graddagene i de to Be10 vejrdage, vælges det at fortsætte med vejrdatabaserne fra 2013, da de findes i en ekstern fil, hvor de målte månedsmiddelværdier for udetemperaturen ved BOLIG+ kan indsættes.

Solindfald

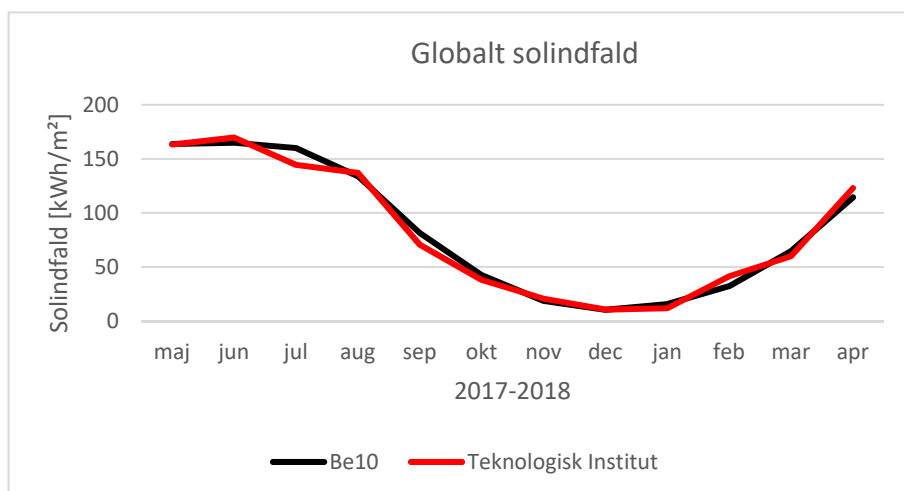
Solindfald leder i opvarmningssæsonen til et gratis varmebidrag, som dog i velisolerede huse kan lede til overophedning i visse perioder. I sommerperioden er der specielt en risiko for at solindfaldet leder til overophedning, med mindre der anvendes en effektiv solafskærmning. Der sker overophedning i BOLIG+ om sommeren, som det ses af figur 5.12. I juni, juli

og august var middel rumtemperaturen over 25 °C og i dagtimerne ofte over 26 °C – se afsnittet indeklimate på side 74. Det vil normalt lede til en straf i en Be10 beregning, men det gjorde det ikke i Be10 modellerne fra projekteringen, da der i beregningerne var antaget et luftskifte på 2 l/s/m² svarende til ca. 3 luftskifter pr. time som naturlig ventilation om sommeren.



Figur 5.12 Målt middel rumtemperatur i bygningen.

Der var desværre ikke midler i projektet til at gennemføre måling af solindfaldet på BOLIG+. I stedet er solindfaldet målt på Teknologisk Institut i Taastrup anvendt, da Teknologisk Institut kun ligger ca. 17 km sydvest for BOLIG+. Det totale solindfald pr. måned på vandret (Globalt solindfald) målt og fra Be10 (vejrdata fra 2013) er vist i figur 5.13. Samlet set var solindfaldet i maj 2017-april 2018 kun 1 % lavere end i Be10. Der er desuden ikke den store forskel for de enkelte måneder. Det vurderes derfor, at solindfaldet ikke har haft betydning for forskellen mellem det beregnede og det målte rumopvarmningsbehov.



Figur 5.13 Globalt solindfald (på vandret) målt på Teknologisk Institut og fra Be10.

Intern varmebelastning

I projekteringen var varmebelastning fra personer sat til 1,5 W/m² (= standardværdien i Be10), mens varmebelastningen fra apparater og belysning var sat til 2,05 W/m², hvor standardværdien i Be10 er 3,5 W/m².

Varmetilskud fra personer: i opvarmningsperioden oktober 2017-marts 2018 boede der 17 voksne, et lille barn samt et par hunde i BOLIG+. Hvis barnet og hundene regnes for én

voksen, var der varmetilskud fra 18 voksne. Hvis det antages, at varmeafgivelsen fra en person gennemsnitligt er 90 W, og personerne er i lejligheden i 2/3 af ugen, giver det i BOLIG+ et varmetilskud fra personer på 1,03 W/m².

Varmebelastning fra apparater og belysning: hvis det antages, at elforbruget i boligerne bliver omdannet til varmetilskud, men minus halvdelen af elforbruget til ventilationsanlæggene, da afkastventilatorerne sidder efter varmeveksleren, og desuden fratrækker elforbruget til elbilen, bliver varmetilskuddet 2,4 W/m².

Samlet varmebelastning fra personer, apparater og belysning: den samlede varmebelastninger bliver da: 1,03 W/m² (personer) + 2,4 W/m² (apparater og belysning) = 3,43 W/m², hvor den samlede varmebelastning i Be10 modellen til tjek af energineutralitet var 1,5 + 2,05 = 3,55 W/m². Reduktionen af varmetilskuddet på 3,55 – 3,43 = 0,12 W/m² forøger fjernvarmeforbruget med 0,64 MWh/år til 44,2 MWh/år. Selve rumopvarmningsbehovet (uden rørtab) forøges fra 21,0 til 21,7 MWh/år, hvilket svarer til en forøgelse på 3,3 %. Forbruget af primærenergi forøges fra 28,5 til 28,9 kWh/m² eller med 0,4 kWh/m² henholdsvis 1,4 %.

5.4.3 Luftsifte

Ved projekteringen af BOLIG+ blev den gennemsnitlige volumenstrøm gennem ventilationsanlæggene vurderet til at blive 0,32 l/s/m², mens infiltrationen var sat til 0,07 l/s/m². Trappegangen er naturligt ventileret med udeluftventiler i toppen af de fire vinduespartier i opgangen (figur 5.14). I beregningerne blev der antaget et gennemsnitligt luftsifte i trappegangen på 0,3 l/s/m².



Figur 5.14 Udeluftventil i toppen af et af vinduerne i trappegangen.

Reel infiltration

Da BOLIG+ er opført som et Bygningsklasse 2020 byggeri, skal bygningen overholde tæthedskravet for denne bygningstype, hvilket vil sige, at luftsiftet skal være mindre end 0,5 l/s/m² ved et over- og undertryk på 50 Pa. Tæthedsprøvningen af bygningen blev gennemført før beboerne flyttede ind.

I første omgang blev der udført en simpel en-zone-test på én lejlighed. Resultatet blev her 1,45 l/s/m², og altså langt fra Bygningsklasse 2020 kravet. Resultatet er dog misvisende, idet tætheden i BOLIG+ er sikret i klimaskærmen og ikke mellem lejlighederne.

Da bygningen ikke er så stor, kunne der i august 2015 udføres en test for den samlede bygning. Resultatet af denne test blev 0,38 l/s/m² ± 7 % ved undertryk og 0,44 l/s/m² ± 7 % ved overtryk. Rapporten fra trykprøvningen (Due, 2015) konkluderer, at infiltrationen var 0,4 l/s/m² for hele bygningen, hvilket er 20 % bedre end kravet i Bygningsklasse 2020.

Et luftskifte på 0,4 l/s/m² ved 50 Pa trykdifferens svare til 0,064 l/s/m² under normal brug af bygningen. I projekteringen blev der anvendt det lidt højere Bygningsklasse 2020 krav på 0,07 l/s/m². At gå fra 0,07 til 0,064 l/s/m² i infiltration reducerer dog kun fjernvarmeforbruget med 0,63 MWh/år.

I april 2017 blev syv af hoveddørene skiftet til skiringsdøre, bl.a. fordi der kunne konstanternes madlugt fra trappeopgangen ind i lejlighederne. I én lejlighed kunne der skimtes lys fra trappeopgangen gennem dørens tætningslister. Dette problem forsvandt med udskiftningen af dørene. Infiltrationen kan derfor have været højere i opvarmningssæsonen 2016-2017 end tæthedsprøvningen antyder, da trappeopgangen er naturligt ventileret. I fyringssæsonen 2017-2018 kan tæthedsprøvningens resultat dog med forsigtighed anvendes. Forsigtighed er påkrævet, fordi udsugningen gennem emhætten er så svag, at stegning ofte sætter gang i lejlighedernes brandalarm. For at undgå dette åbner beboerne vinduet i køkkenet ved stegning. Nogle beboere har desuden åbent vindue i soveværelset om natten.

Volumenstrømme i ventilationsanlæggene

Det var desværre ikke muligt inden for projektets budget at måle detaljeret på lejlighedernes ventilationsanlæg. For dog alligevel at opnå nogen viden om luftskiftet skabt af ventilationsanlæggene, kombineres i det følgende de målte volumenstrømme ved indreguleringen af ventilationsanlæggene med det målte elforbrug for ventilationsanlæggene. Tabel 5.2 angiver volumenstrømmene ved indblæsning og afkast (kun den største værdi af disse to er vist) målt ved indreguleringen af ventilationsanlæggenes tre trin. I samme tabel er effektforbruget ved de tre trin og sommerdrift angivet. Disse sidste værdier blev målt i maj 2018, hvor anlæggene blev kontrolleret. Der var blevet justeret på 6 af anlæggene – primært så trin 1 ikke blev brugt, og i nogle lejligheder var filtre i forbindelse med emhætten så tilstoppede, at meget lidt luft blev suget ud gennem emhætten. Det bevirkede, at der i stedet blev udsuget mere fra badeværelset, på grund af det højere tryk i ventilationsanlægget. Lugt og fugt fra madlavningen blev derfor trukket på tværs af lejligheden til badeværelset.

Tabel 5.2 anvendes til at bestemme volumenstrømmen gennem ventilationsanlæggene ved hjælp af det målte effektforbrug. Et eksempel på målt elforbrug til et af ventilationsanlæggene er vist i figur 5.15. Som det ses, kørte anlægget i starten i sommerdrift, herefter var der en periode, hvor anlægget primært kørte på trin 2 med jævnlige skift til trin 3. Derefter går anlægget over til primært at køre i trin 1, med jævnlige skift til trin 2 og 3. Som det fremgår af figur 5.15, er effektforbruget ved trin 3 ofte over 200 W, hvor effektforbruget for denne lejlighed ved inspektion af anlægget max var målt til lige under 200 W. Det har ikke været muligt at fastslå, hvorfor der er de høje effektforbrug. En mulig forklaring kunne være, at for- eller eftervarmefladen her blev tændt, men det ville dels lede til et endnu højere effektforbrug, og dels forekommer spidserne også, hvor udetemperaturen ikke var lav nok til, at disse varme-flader burde træde i kraft. I beregningen af volumenstrømmen på baggrund af figur 5.15, er det antaget, at når effektforbruget er over 50 W, så kører anlægget i trin 3. Det højere effektforbrug er medregnet i elforbruget til ventilatorerne. figur 5.16 viser den beregnede volumenstrøm til/fra lejligheden for samme periode som figur 5.15.

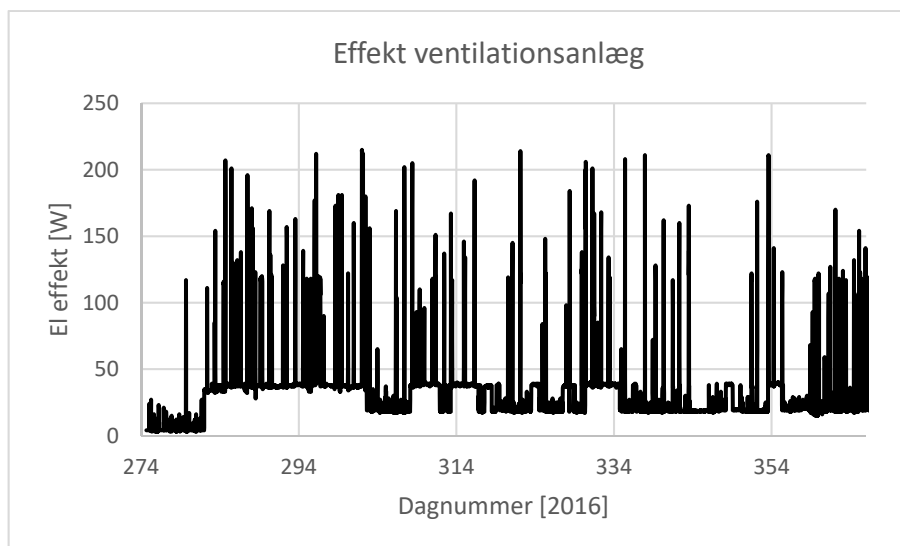
Tabel 5.2 Effektforbrug for og volumenstrøm (flow) gennem ventilationsanlæggene for anlæggenes fire trin:

1. sommer: ventilationsanlægget er slukket, men anlægget starter på trin 2 ved brug af badeværelse eller ved fugt i lejligheden og på trin 3 ved start af emhætten,
2. trin 1: opfylder bygningsreglementets minimumskrav,
3. trin 2: når badeværelset bruges (PIR sensor), eller der er fugt i lejligheden,
4. trin 3: drift af emhætten.

Lejlighed	Sommer	Trin 1		Trin 2		Trin 3	
	Effekt W	Effekt W	Flow m ³ /h	Effekt W	Flow m ³ /h	Effekt W	Flow m ³ /h
1 tv	4,6	19	89	45	130	116	203
1 mf	4,5	21	80	37	126	118	198
1 th	4,5	18	88	38	128	115	200
2 tv	5	19	86	38	126	116	198
2 mf	4,5	17	81	30	129	112	201
2 th	4,5	21	86	32	128	115	199
3 tv	4,7	14	120	34	126	113	198
3 th	5	47	138	47	138	112	204
4 tv	5,2	28	112	31	131	100	201
4 th	4,6	41	144	45	138	217	199

For den viste periode i figur 5.16 var den gennemsnitlige volumenstrøm i lejligheden 0,37 l/s/m². Effektforbruget til ventilationsanlægget var 0,39 W/m². Effektforbruget på 0,39 W/m² til at transportere 0,37 l/s/m² giver en gennemsnitlig SEL værdi på 1,03 kJ/m³.

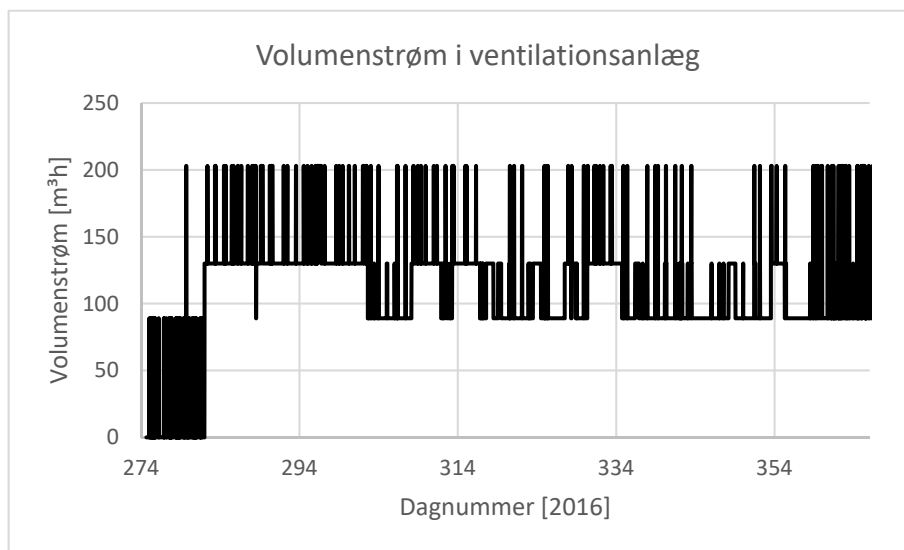
I det følgende er den samlede ventilationsmængde beregnet for hele bygningen på samme måde som vist i figur 5.15 og figur 5.16. Ventilationsmængder og elforbrug til ventilationsanlæggene er fundet for perioden april 2017-marts 2018, idet målinger fra zensehome stikkontakterne stoppede d. 11/4-2018. Perioden for undersøgelse af ventilationsanlæggene er således skubbet en måned i forhold til perioden, hvor energiforbrug og –produktion undersøges for bygningen. Dette vurderes ikke at have nævneværdig betydning. Der har været nogle udfald for målingerne fra zensehome stikkontakterne. For nogle lejligheder i længere perioder. Dette har indgået i vurderingen af resultatet af undersøgelsen. Det vurderes, at de tilgængelige måledata giver et rimeligt billede af, hvordan ventilationsanlæggene har kørt.



Figur 5.15 Effektforbrug for et ventilationsanlæg i BOLIG+.

Den gennemsnitlige volumenstrøm i den undersøgte periode var 0,32 l/s/m² eller det samme som antaget ved projekteringen. Effektforbruget til ventilationsanlæggene var 0,32 W/m²

svarede til gennemsnitligt 258 kWh/lejlighed pr. år. Dette elforbrug indgår i BOLIG+ som en del af lejlighedens elforbrug, og ikke som normalt som en del af elforbruget til bygningens drift. Dette undersøges nærmere i afsnittet "Elforbrug" på side 60. Effektforbruget på 0,32 W/m² til at transportere 0,32 l/s/m² giver en gennemsnitlig SEL værdi på 1,0 kJ/m³, hvilket er identisk med SEL-værdien anvendt ved projekteringen.



Figur 5.16 Volumenstrøm til/fra en lejlighed beregnet på baggrund af figur 5.15 og figur 5.16.

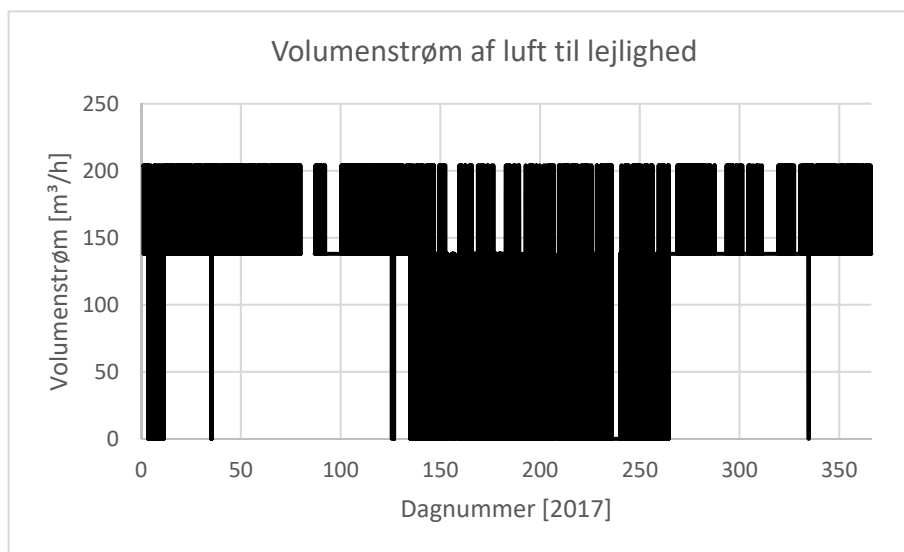
Der er meget stor forskel på, hvordan ventilationsanlæggene har kørt. Den gennemsnitlige volumenstrøm i den undersøgte periode har ligget mellem 0.15 og 0.46 l/s/m². Højest for de små lejligheder. Den lave værdi fremkom, fordi ventilationsanlæggene i én lejlighed altid var sat til sommerdrift. Dette bliver nærmere behandlet i kapitlet indeklimate.

Intentionen med ventilationskonceptet i BOLIG+ var, at ventilationsanlæggene kun skulle køre i opvarmningssæsonen, og være sat på sommerdrift uden for opvarmningsperioden for at reducere elforbruget. Sommerdrift betyder her, at ventilationsanlægget er slukket, medmindre badeværelset anvendes og/eller emhætten tændes. Figur 5.17 viser et eksempel på dette. Figuren viser volumenstrømmen i 2017 for en af de store lejligheder, hvor volumenstrømmen for trin 1 og 2 er identisk på grund af lejlighedens størrelse. Ventilationsanlægget blev sat til sommerdrift d. 14. maj og tilbage til vinterdrift d. 21. september, hvilket er helt i tråd med intentionen med driften af ventilationsanlæggene. Men kun i tre andre lejligheder har ventilationsanlæggene været sat til sommerdrift, og her i en kortere periode end vist i figur 5.17.

Samtaler med beboerne har vist, at de ikke har sat ventilationsanlæggene på sommerdrift på grund af de høje rumtemperaturer om sommeren. De har forsøgt at skaffe lidt ekstra køling ved at lade ventilationsanlæggene være på vinterdrift hele året. Dette kan give lidt køling om natten, men volumenstrømmen af luft er for lille til virkelig at gøre en forskel. Generelt klager beboerne over for lidt information om, hvordan ventilationsanlæggene virker. Dette har bevirket at flere beboere ændrede på indstillingen af deres ventilationsanlæg på en uhensigtsmæssig måde. Indstillingen af ventilationsanlæggene blev tilbageført til den oprindelige indstilling ved en kontrol af anlæggene i maj 2018. Ved samme lejlighed blev beboerne informeret om, hvordan anlæggene virker, samt hvordan de må ændre i driften af anlæggene.

Hvis ventilationsanlægget i figur 5.17 ikke var blevet sat på sommerdrift vurderes det ud fra målingerne, at volumenstrømmen og elforbruget ville være omkring 25 % højere. Da ventilationsanlæggets trin 1 og 2 i figur 5.17 er identisk, samt at nogle anlæg har kørt lidt på sommerdrift, kan de 25 % ikke anvendes direkte for hele bygningen. Men et forsigtigt gæt

kunne være, at korrekt sommerdrift nok kunne reducere luftskiftet og elforbruget til ventilationsanlæggene med i gennemsnit 10 %. Sommerdrift har dog ikke indflydelse for opvarmningsbehovet, da dette sker uden for opvarmningssæsonen, men vil have indflydelse på den gennemsnitlige SEL-værdi.



Figur 5.17 Volumenstrømmen til en lejlighed i 2017.

Sommerdrift af fire af anlæggene bevirker, at det gennemsnitlige luftskifte er $0,32 \text{ l/s/m}^2$, som beskrevet ovenfor, men luftskiftet er højere i opvarmningssæsonen. Hvis sommerdrift tages ud af de ovenstående beregning, er volumenstrømmen i opvarmningssæsonen i gennemsnit lidt højere: $0,347 \text{ l/s/m}^2$. Det er derfor denne værdi, som anvendes i Be10 beregningerne ved sammenligning med det målte opvarmningsbehov.

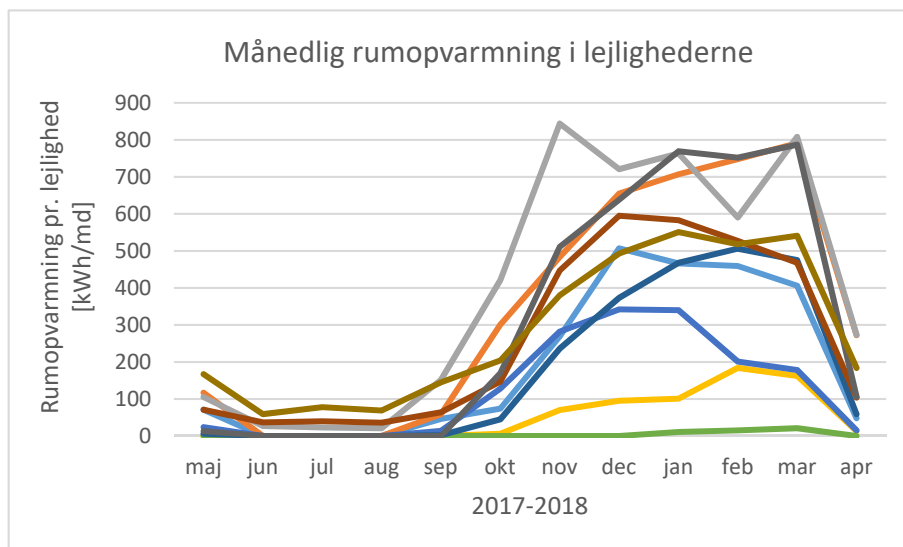
At øge den gennemsnitlige volumenstrøm gennem ventilationsanlæggene i fyringssæsonen fra $0,32$ til $0,347 \text{ l/s/m}^2$ betyder på grund af den gode varmeveksling i ventilationsanlæggene kun en ubetydelig forøgelse i fjernvarmeforbruget på $0,26 \text{ MWh/år}$.

5.4.4 Rumopvarmning

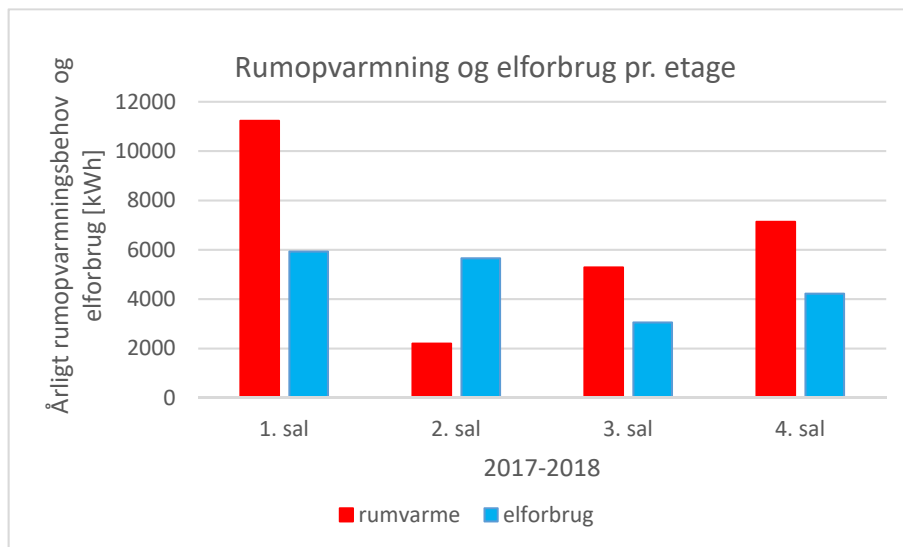
Energiforbruget til rumopvarmning er summen af varmetabet gennem bygningens klimaskærm og luftskiftet i bygningerne justeret for varmegenvinding. Figur 5.18 viser de enkelte lejlighedsers målte energiforbrug til rumopvarmning – dvs. uden tab fra rørene til og fra lejlighederne. Som det ses, er der stor forskel mellem de enkelte lejlighedsers rumopvarmningsforbrug. Det skyldes primært beliggenheden af den enkelte lejlighed i bygningen, men også brugervaner som ønsket rumtemperatur i opvarmningssæsonen og gratisvarme fra el forbrugende apparater. Der er store forskelle i elforbruget i de enkelte lejligheder, som det ses i figur 5.27. Én lejlighed har næsten intet energiforbrug til opvarmning, mens nogle lejligheder har et lille forbrug om sommeren. Det lille forbrug om sommeren antages at stamme fra gulvvarme i badeværelset.

Figur 5.19 viser det årlige energiforbrug til rumopvarmning pr. etage for perioden maj 2017-april 2018. Noget overraskende udgør energiforbruget for 1. etage $43,4 \%$ af det samlede forbrug, mens 4. etage kun udgør $27,6 \%$. Det var forventet, at varmetabet gennem taget ville være større end varmetabet til serviceetagen, da serviceetage, selv om den stort set er uopvarmet, udgør en buffer mellem lejlighederne og udetemperaturen. Forklaringen kan findes i Be10 modellen fra projekteringen, hvor U-værdien for dækket mellem serviceetage og lejligheder er $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$, mens U-værdien for taget kun er $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Omvendt var der et lidt lavere varmetilskud fra elforbruget til 4. etage end til 1. etage. Der er også stor forskel på energiforbruget til rumopvarmning for 2. og 3. etage, som principielt burde have nogenlunde samme behov. Det skyldes dels, som det ses af figur 5.19, at varmetilskuddet fra elforbrug er væsentligt større på 2. etage end på 3. etage, dels at termostaterne i én lejlighed på 2. etage var sat så lavt, at denne lejlighed stort set intet rumvarme-forbrug havde – grøn kurve i figur 5.18. Denne lejlighed modtog derfor varme fra bl.a. 3. etage.



Figur 5.18 Lejlighedernes månedlige energiforbrug til rumopvarmning.

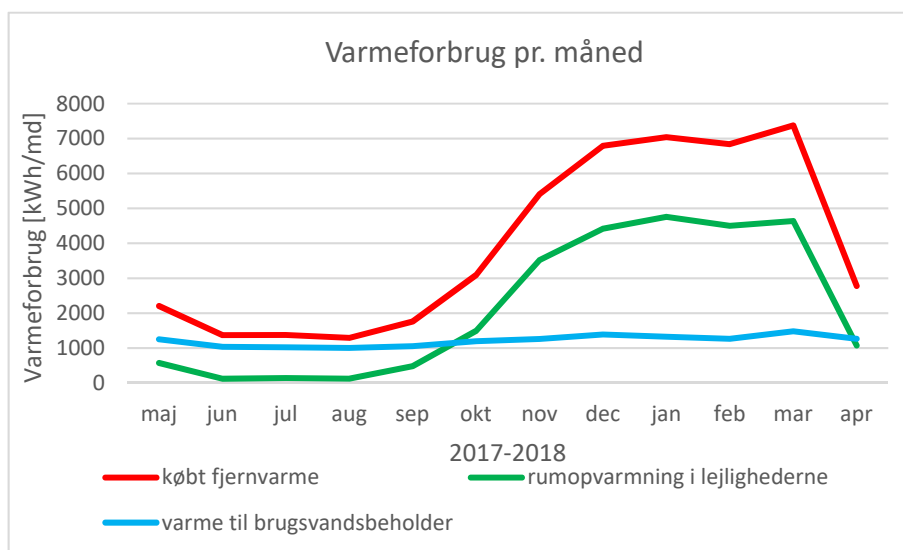


Figur 5.19 Årligt rumopvarmningsbehov og elforbrug for bygningens fire etager.

Figur 5.20 viser en sammenligning mellem det samlede energiforbrug til rumopvarmning (ekskl. rørtaab) og den samlede indkøbte mængde fjernvarme. Desuden vises mængden af varme tilført brugsvandsbeholderen. Som det ses af figur 5.20, er energiforbruget til opvarmning af brugsvandsbeholderen rimelig konstant, men lidt højere om vinteren, mens den indkøbte fjernvarmemængde følger rumopvarmningen

I lavenergibyggeri ses det ofte, at varmtvandsbehovet og rumopvarmningsbehovet er i samme størrelsesorden. I BOLIG+ var energiforbruget til rumopvarmning (ekskl. rørtaab) 25,9 MWh i den undersøgte periode, mens den tilførte varmemængde til varmtvandsbeholderen var 14,6 MWh. At varmtvandsopvarmningen var lavere end forbruget til rumopvarmning,

skyldes dels et lavt forbrug af varmt brugsvand og dels varmegenvinding på det grå spildevand fra badeværelserne. Dette bliver nærmere undersøgt i næste afsnit.



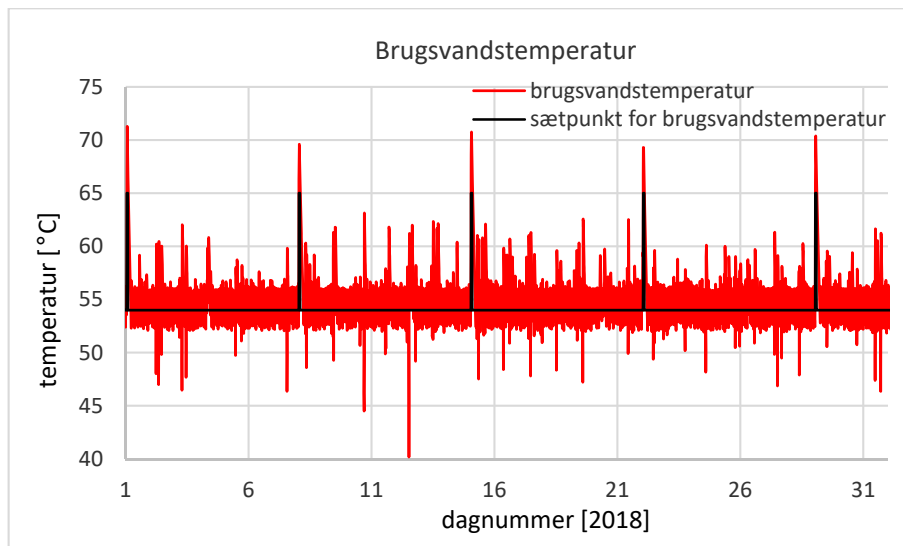
Figur 5.20 Månedlig købt fjernvarme, lejlighedernes energiforbrug til rumopvarmning (ekskl. rørtab) og varmen tilført brugsvandsbeholderen.

5.4.5 Varmt brugsvand

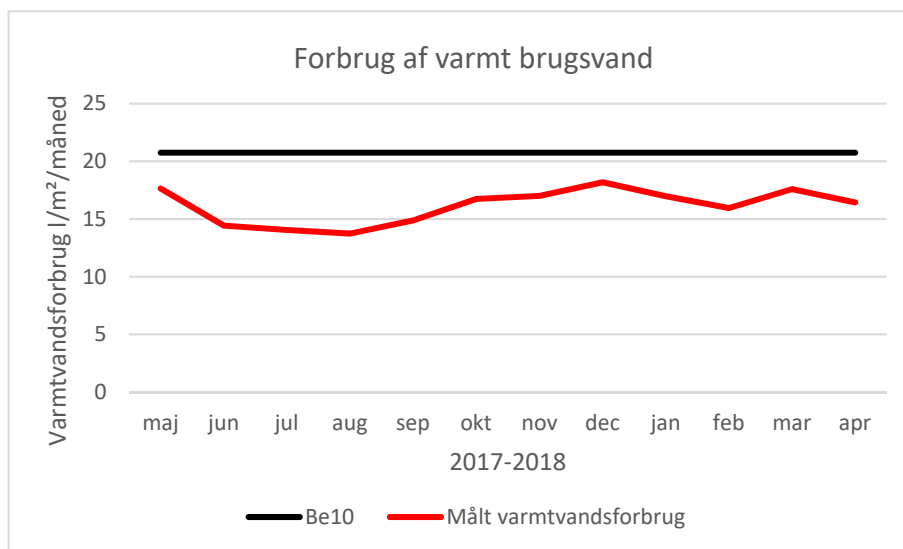
Figur 5.21 viser temperaturen i toppen af varmtvandsbeholderen i januar 2018. Som det ses af kurven for sætpunktet, var det intentionen at have en varmtvandstemperatur på 54 °C undtagen én gang om ugen, hvor temperaturen hæves til 65 °C for at beskytte mod Legionella. Som det ses af figur 5.21 fluktuerer varmtvandstemperaturen det meste af tiden med ± 2 °C omkring 54 °C, dog med nogle spidser helt op til 63 °C og dyk helt ned til 40 °C. Ved Legionella-behandling når temperaturen i toppen af beholderen helt op på omkring 70 °C. Den gennemsnitlige brugsvandstemperatur, alt indberegnet, blev i januar 2018 målt til 53,4 °C (figur 5.21), altså tæt på den ønskede temperatur. I perioden maj 2017-april 2018 fluktuerede måneds middelen for varmtvandstemperaturen mellem 51,5 og 57,6 °C.

Figur 5.22 viser et lidt højere forbrug i vinterhalvåret end i sommerhalvåret. Dette skyldes, ud over ferie, at nogle af beboerne har sommerhus, hvor de opholder sig meget i sommerhalvåret. Forbruget af varmt brugsvand var i den undersøgte periode 194 l/m²/år. Målingerne viser desuden af den gennemsnitlige temperatur af det kolde vand ind i bygningen var 13,5 °C (mod 10 °C i Be10 beregningen under projekteringen), mens varmtvandstemperaturen i gennemsnit var 54,3 °C.

På baggrund af det målte forbrug af varmt brugsvand, temperaturen af det kolde vand og temperaturen i toppen af varmtvandsbeholderen kan energibehovet til opvarmning af det varme brugsvand beregnes. Dette er vist i figur 5.23 som den blå kurve. I samme kurve er vist den målte energitilførsel til varmtvandsbeholderen samt den genvundne varme fra det grå spildevand fra badeværelset. Der blev i det undersøgte år tilført 14,6 MWh til varmtvandsbeholderen. Energiforbruget til opvarmning af brugsvandet til 54 °C (dvs. uden tab fra varmtvandsbeholder til tæppesteder) er beregnet/anslået til 9,6 MWh, mens der blev genvundet 1,6 MWh i varmeveksleren vist i figur 3.14. Det betyder, at tabet i forbindelse med opvarmning af det varme brugsvand var $14,6 + 1,6 - 9,6 = 6,6$ kWh eller 41 % af energien (16,6 + 1,6 MWh) tilført varmtvandsbeholderen. I BOLIG+ udgør den genvundne varme 10 % af den nødvendige varmetilførsel til varmtvandsbeholderen, men 18 % af varmtvandsbehovet i lejlighederne mod forventet 30 %.

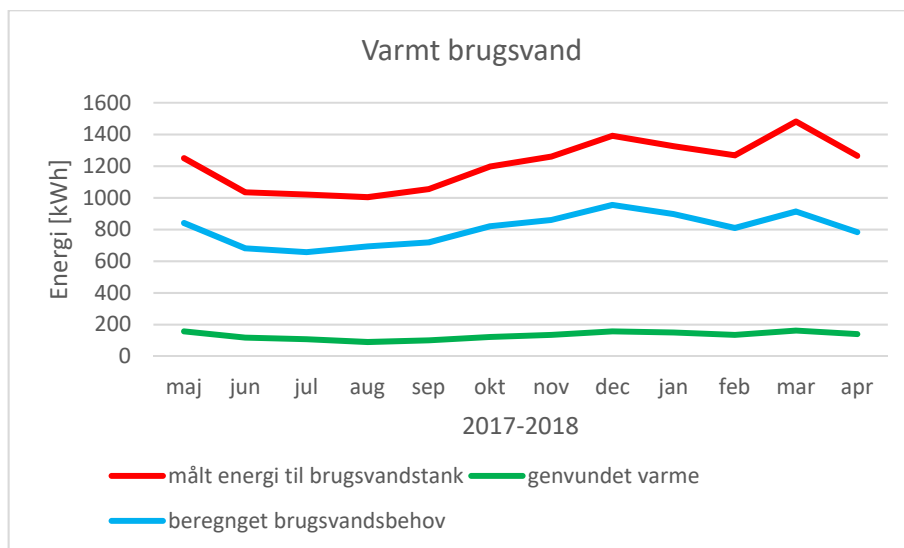


Figur 5.21 Varmtvandstemperaturen i toppen af brugsvandsbeholderen i januar 2018.



Figur 5.22 Variationen i målte månedligt tappet mængde varmt brugsvand.

Ved sammenligning af målinger og Be10 beregninger skal følgende to værdier ændres i Be10: forbrug af varmt brugsvand samt varmtvandstemperaturen. Forbruget skal sættes til 194 l/m², men da Be10 anvender en konstant koldtvandstemperatur på 10 °C, mens den gennemsnitlige koldtvandstemperatur i BOLIG+ var målt til 13,5 °C. Der kan ikke tages højde for dette ved at reducere varmtvandstemperaturen, da denne temperatur er bestemmende for varmetabet fra varmtvandsrørene. I stedet kan den tappede mængde varmt brugsvand reduceres med 8,5 %. Desuden skal der tages højde for varmegenvinding på det grå spildevand fra badeværelserne (tabel 5.4).



Figur 5.23 Energi til opvarmning af det varme brugsvand samt genvundet energi.

Ændringen af varmtvandsforbrug og -temperatur i Be10 mindsker fjernvarmeforbruget med 5,5 MWh/år til 38,0 MWh/år. Selve opvarmningsbehovet af varmt brugsvand (inkl. tab) mindskes fra 20,7 til 15,2 MWh/år, hvilket svarer til en reduktion på 27 %. Forbruget af primær-energi reduceres fra 28,5 til 25,3 kWh/m² eller med 3,2 kWh/m² henholdsvis 11 %.

5.4.6 Kombineret effekt af ændring af forudsætninger i Be10

I det foregående afsnit er nogle vigtige parametre for opvarmningsforbruget i BOLIG+ undersøgt, og effekten på fjernvarmeforbruget evalueret. Det er dog ikke muligt at lægge de ovennævnte effekter sammen, da flere af parametrene påvirker hinanden. Den samlede effekt af ændringer i input værdierne til Be10 beregningerne undersøges i det følgende afsnit "Undersøgelse af overholdelse af Bygningsklasse 2020 og energineutralitet" på side 68.

Tabel 5.3 og tabel 5.4 viser de ændringer, som er foretaget i de oprindelige Be10 filer. En beskrivelse af de valgte ændringer kan findes i afsnittene ovenfor.

Tabel 5.3 Inputparametre til Be10 under projekteringen og ændrede inputparametre som følge af målingerne på BOLIG+.

Parameter	Overholdelse af BK2020		Energineutralitet	
	projektering	Målt/standard	projektering	Målt
Rumtemperatur	20 °C	20 °C	22 °C	22,8 °C
Varmetilskud fra personer	1,5 W/m ²	1,5 W/m ²	1,5 W/m ²	1,03 W/m ²
Varmetilskud fra apparater	3,5 W/m ²	3,5 W/m ²	2,05 W/m ²	2,4 W/m ²
Infiltration	0,07 l/s/m ²	0,064 l/s/m ²	0,07 l/s/m ²	0,064 l/s/m ²
Mekanisk ventilation	0,32 l/s/m ²	0,347 l/s/m ²	0,32 l/s/m ²	0,347 l/s/m ²
SEL faktor	1,0 kJ/m ³	1,0 kJ/m ³	1,0 kJ/m ³	1,0 kJ/m ³
Samlet elforbrug til bygningsdrift ¹⁾	1,8 kWh/m ²	2,1 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	4,8 kWh/m ²
Mængde varmt brugsvand	175 l/m ² ²⁾	250 l/m ² ³⁾	249 l/m ²	194 l/m ²
Varmtvandstemperatur	55 °C	55 °C	55 °C	54 °C ⁴⁾

1) samlet elforbrug til bygningsdrift er beskrevet i afsnittet "Lejlighedernes elforbrug" på side 61.

2) reduceret mængde brugsvand for at tage højde for varmegenvinding

3) mængden af brugsvand er her standardværdien og varmegenvindingen indregnes som vist nedenfor i tabel 5.4.

4) fremløbstemperaturen af varmt brugsvand kunne reduceres grundet den højere koldt vandstemperatur på 13,5°C mod 10°C i Be10 (som ikke kan ændres), men det vil reducere varmetabet fra de varme brugsvandsrør. I stedet reduceres den tappede mængde varmt brugsvand så det giver samme opvarmningsbehov som en lavere ΔT. Den tappede mængde brugsvands reduceres med 12,8 l/m², som skal lægges til reduktionen i tabel 5.4 for varmegenvindingen på det grå spildevand.

Tabel 5.4 Reduktion af fjernvarmeforbruges som følge af et mildere klima og varmegenvinding på det grå spildevand fra badeværelser.

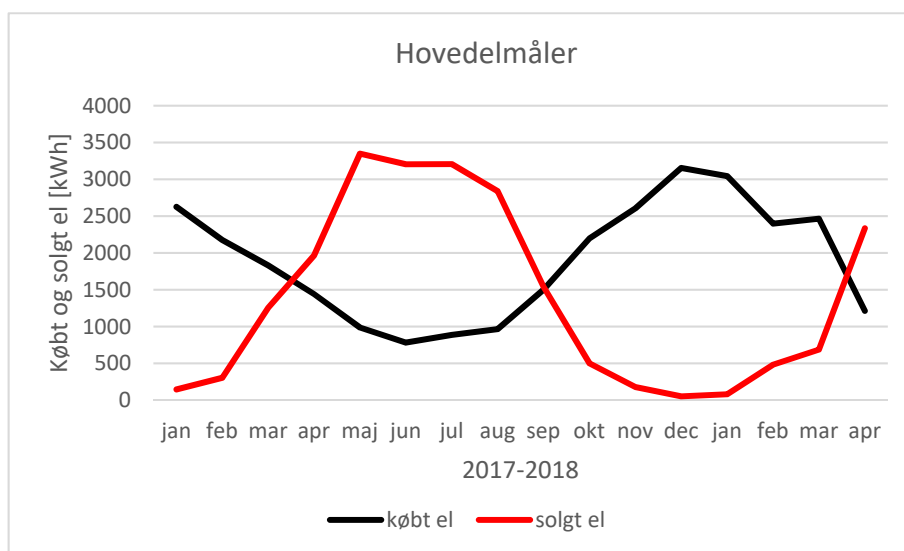
Ændring som følge af:	Reduktion af energiforbrug
Mildere klima	Der anvendes en anden klimafil i Be10, hvor de gennemsnitlige månedlige udetemperaturer målt ved BOLIG+ erstatter udetemperaturerne i Be10's normale klimafil
Varmegenvinding på det grå spildevand fra badeværelser og højere temperatur af det kolde vand	Der skal trækkes 1,6 MWh fra det beregnede totale opvarmningsbehov. Dette er med en brugsvandstemperatur på 55°C (varm)/10°C (kold) lig med en reduktion af forbruget af varmt brugsvand på 29 l/m ² og ved en brugsvandstemperatur på 54°C (varm)/13,5°C (kold) en reduktion på 32,5 l/m ² , som skal trækkes fra de henholdsvis 250 og 194 l/m ² angivet i tabel 4.3 for mængde af varmt brugsvand i de to søjler "virkelig". Ved energineutralitet skal der yderligere fratrækkes 12,8 l/m ² for at tage højde for den højere temperatur af det kolde vand

5.4.7 Elforbrug

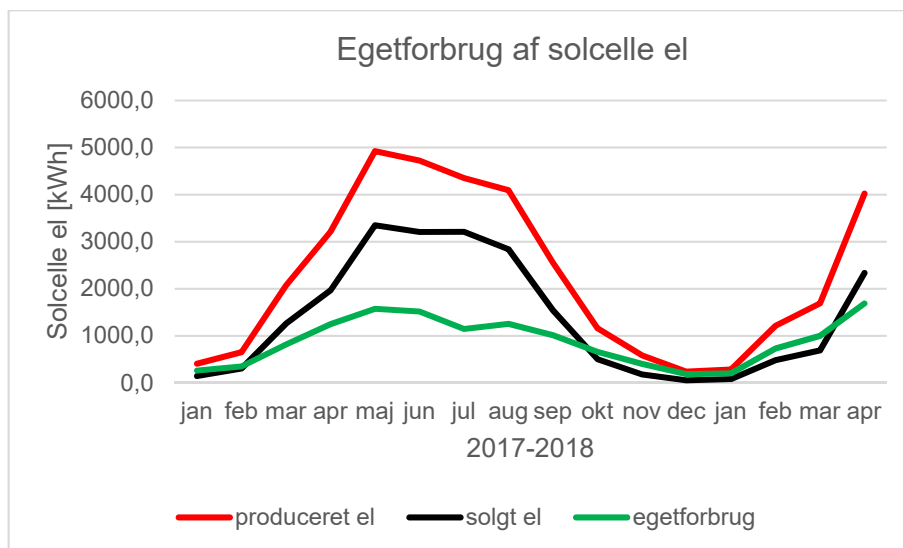
Samlet elforbrug

Figur 5.6 viser lejlighedernes samlede elforbrug. Hertil kommer elforbruget andre steder i bygningen så som pumper i teknikrummet i serviceetagen, liftens elforbrug, lys i trappegang og uden for bygningen, mm. Bygningens samlede elforbrug er vanskeligt at fastslå, idet bygningens hovedelmåler ikke måler dette, men i stedet måler købt og solgt el (figur 5.24). Det er dog muligt at skaffe et overblik over det samlede elforbrug ved at bestemme egetforbruget af den solcelleproducerede el og lægge dette til den købte mængde el (figur 5.25).

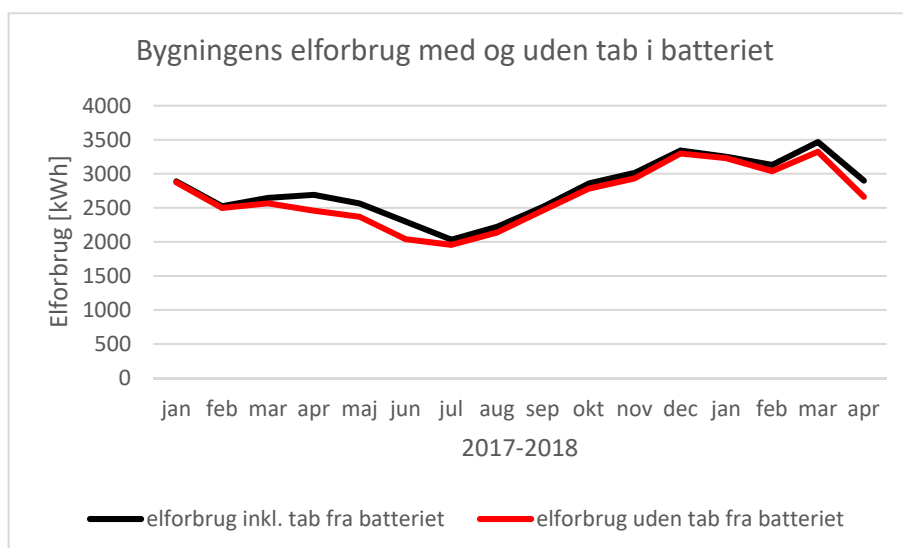
Bygningens elforbrug kunne findes ved at summere købt el og egetforbruget af produceret solcelle el, hvis der ikke efter projektering af bygningen var blevet installeret et batteri – se afsnittet "Elproduktion" på side 63. Batteriet har et internt tab/egetforbrug af el. Målinger for maj 2017-april 2018 viser, at det årlige tab/egetforbrug var 1.351 kWh. Dette skal fratrækkes bygningens elforbrug, for at kunne sammenligne dette med det projektere-



Figur 5.24 Købt og solgt el, målt med bygningens hovedelmåler.



Figur 5.25 Solcelle el: produceret, solgt og forbrugt i bygningen.



Figur 5.26 Bygningens samlede elforbrug med og uden tab fra batteriet.

de forbrug, idet batteriet ikke indgik i den oprindelige projektering. Figur 5.26 viser bygningens elforbrug med og uden tab i batteriet. Batteriets tab udgjorde i den undersøgte periode ca. 4 % af bygningens samlede elforbrug. Batteriet er nærmere behandlet i afsnittet "Batteriet" på side 65.

Det samlede elforbrug i den undersøgte periode bliver 22.212 kWh (købt el) + 29.837 kWh (produceret el) – 18.466 kWh (solgt el) – 1.351 kWh (tab i batteri) = 32.232 kWh.

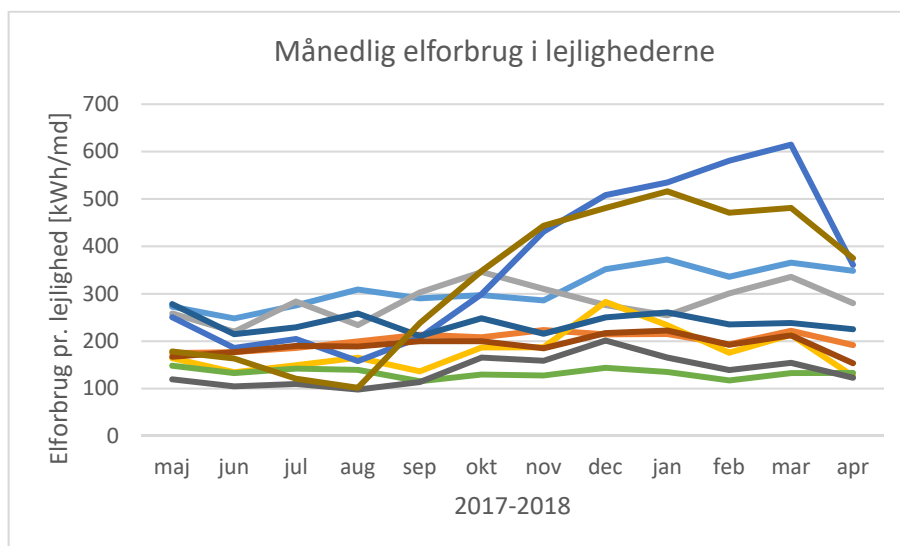
Lejlighedernes elforbrug

Elforbruget for de enkelte lejligheder i BOLIG+ er vist i figur 5.27. Nogle lejligheder har et meget jævnt forbrug hen over året, mens andres elforbrug varierer meget med et væsentligt højere elforbrug om vinteren end om sommeren. Figur 5.28 viser i tilfældig orden, hvordan det årlige målte elforbrug i lejlighederne var i forhold til det forventede årlige elforbrug under projekteringen på 1.712 kWh. Det ses af figur 5.28, at 2 lejligheder havde et elforbrug lige under den projekterede værdi, mens de resterende lejligheder havde et elforbrug, der var mellem 26 og 150 % højere end antaget under projekteringen. I gennemsnit var det årlige elforbrug for én lejlighed 2.480 kWh eller næste 45 % højere end forventet.

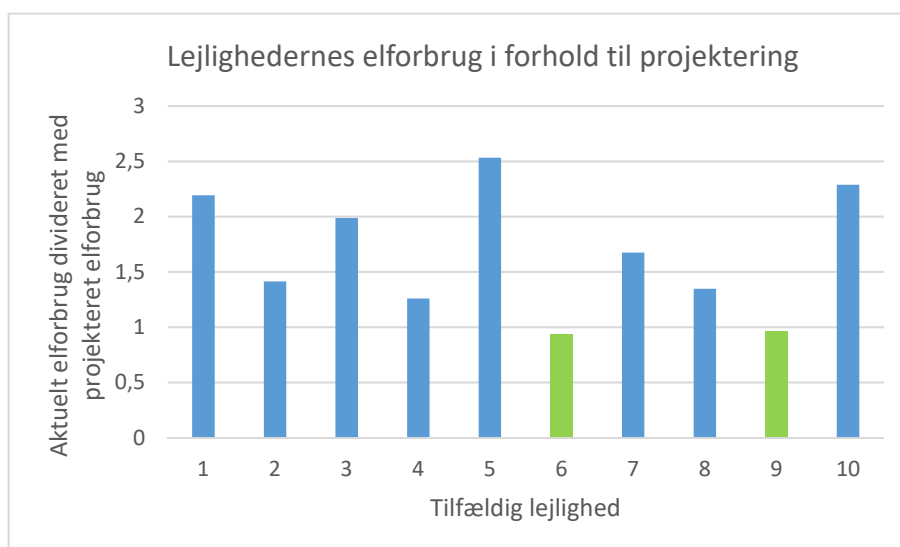
Figur 5.27 og figur 5.28 viser dog ikke den fulde sandhed om elforbruget i lejlighederne.

Der er tre forhold, der skal tages hensyn til:

- lejlighedernes elforbrug inkluderer elforbruget til ventilationsanlæggene – se afsnittet "*Volumenstrømme i ventilationsanlæggene*" på side 52, som er en del af elforbruget til bygningens drift, og som derfor skal fratrækkes lejlighedernes elforbrug
- der var et lille elforbrug til ekstra måleudstyr: IC-Metrene og kontakten til registrering af altandørens position
- der kom nye beboere i en af lejlighederne i efteråret 2017. Disse har en elbil, og har gjort det muligt at oplade denne via el fra deres lejlighed.



Figur 5.27 Lejlighedernes månedlige elforbrug.



Figur 5.28 Lejlighedernes relative årlige elforbrug i forhold til det forventede forbrug på 1.712 kWh/år under projekteringen.

I afsnittet "*Volumenstrømme i ventilationsanlæggene*" på side 52, blev det beregnet, at det årlige elforbrug til ventilationsanlæggene i gennemsnit var omkring 258 kWh/år pr. lejlighed. Det er dog uvidt, om der desuden har været et elforbrug til for- og eftervarmeffladerne.

Elforbruget til IC-Metrene og dørkontakten er målt/vurderet til at være 22 kWh pr. år for hver lejlighed.

Ved at undersøge elforbruget for lejligheden med elbil før og efter elbilens "indflytning" vurderes det, at elbilen har forøget lejlighedens elforbrug med omkring 1.500 kWh for den målte periode.

Det gennemsnitlige elforbrug pr. lejlighed skal derfor fratrækkes 258 kWh (ventilationsanlæg), 22 kWh (ekstra måleudstyr) og 1.500/10 kWh (elbil). Dette giver et elforbrug på 2049 kWh pr. lejlighed, hvilket er ca. 20 % højere end antaget ved projekteringen.

Elforbrug for zensehome udstyr

Som beskrevet i introduktionen var en af BOLIG+ dogmerne, at bygningen skulle være intelligent og brugervenlig. Dette er i lejlighederne bl.a. gennemført ved at kontakter, lampeudtag og stikkontakter er fra zensehome. Disse kan programmeres i fx grupper, der tænder samtidigt, eller til at dæmpe lystet, at en kontakt slukker alt, der kan slukkes, når beboerne går hjemmefra, m.m., Desuden måles elforbruget og logges i den tilhørende pc-boks.

Hver af komponenterne fra zensehome har alle et lille internt elforbrug, som dog summerer til et ikke ubetydeligt forbrug i hver enkelt lejlighed. Elforbruget for zensehome komponenterne i det såkaldte Kvotehus (Realdania Byg 2016) er for december 2015 opgjort til 43 kWh (Rasmussen and Johannsen 2017), eller 21 % af det samlede elforbrug den måned.

I (Rasmussen and Johannsen 2017) angives, at effektforbruget for zensehomes komponenter er 0,2-0,6 W ved standby og 0,9-1,1 W ved aktivering. Hertil kommer et effektforbrug for systemets pc-boks på 9 W. Det har ikke ud fra målingerne i BOLIG+ været muligt at fastlægge elforbruget for zensehome komponenterne, men et fingerpeg kan fås ved at optælle zensehome komponenterne i hver lejlighed og antage at det gennemsnitlige effektforbrug for disse er fx 0,5 W. Hertil skal så lægge effektforbruget til pc-boksen i hver lejlighed.

Dette giver et årligt elforbrug pr. lejlighed på 282 kWh, eller 11,4 % af det gennemsnitlige målte elforbrug i lejlighederne, og 13,8 %, hvis elforbruget til ventilationsanlæggene, det ekstra måleudstyr og elbilen trækkes ud – hvad det bør.

Det kan diskuteres, om udstyret fra zensehome er et forbrug i lejlighederne eller et elforbrug til drift af bygningen. I det sidste tilfælde, bør dette fratrækkes lejlighedernes elforbrug, som så når ned på 1,776 kWh, hvilket er tæt på antagelsen under projekteringen. Til gængæld skal forbruget af bygnings-el øges tilsvarende. Dette er en smagssag, men i virkeligheder giver zensehome udstyret et varmebidrag til lejlighederne og skal derfor medregnes som sådan i en Be10 beregning.

Elforbrug til bygningens drift

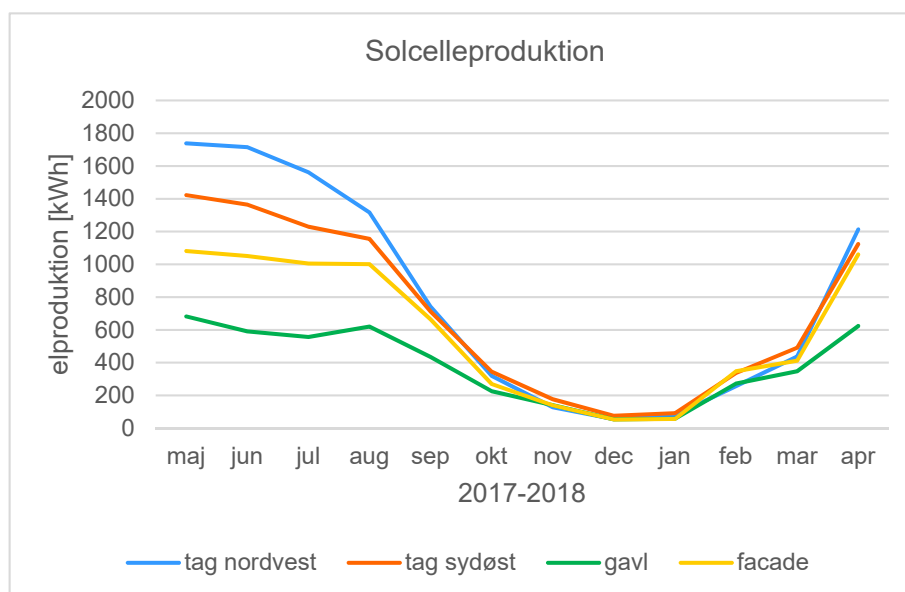
Elforbruget til drift af bygningen findes ved at trække lejlighedernes elforbrug og tabet i batteriet fra det samlede elforbrug og hertil lægge elforbruget til ventilationsanlæggene.

Dette giver et årligt elforbrug på 5.062 kWh, hvor der i Be10 beregningen for energineutralitet er regnet med 2.087 kWh/år. Dette forbrug var lidt mindre ved undersøgelse af overholdelse af Bygningsklasse 2020, nemlig 1.924 kWh/år på grund af mindre forbrug til pumper. Dette svarer til henholdsvis 4,8, 2,0 og 1,8 kWh/m²/år. Dette skal der tages højde for, når målinger og beregninger fra projekteringen sammenlignes. Dog skal Bygningsklasse 2020 beregningen ikke sammenlignes med det samlede elforbrug til drift af bygningen, idet fx belysning og liften ikke indgår her. Kun pumper og ventilatorer skal medregnes. På grund af det lidt større luftskifte 0,347 mod 0,32 l/s/m² er bygningens elforbrug ved en fornyet Bygningsklasse 2020 beregning øget til 2,2 kWh/m².

5.4.8 Elproduktion

Den samlede elproduktion fra solcellerne er måned for måned vist i figur 5.7. Figur 5.29 viser denne produktion delt op på de fire felter, som er koblet til de fire invertorer vist i figur 3.16. Figur 5.29 viser, at den største elproduktion kommer fra de nordvestvendte paneler på taget, fulgt af de sydvestvendte paneler også på taget. Det tredjestørste bidrag kommer fra

facaden med de forskelligt orienterede paneler. Panelerne på gavlen havde den laveste ydelse. Årsproduktionen for de fire anlæg var: tag nordvest: 9.563 kWh, tag sydøst: 8.527 kWh, gavl: 4.606 kWh og facade: 7.141 kWh. I tabel 4.5 sammenlignes disse værdier med de projekterede værdier fra tabel 3.1.



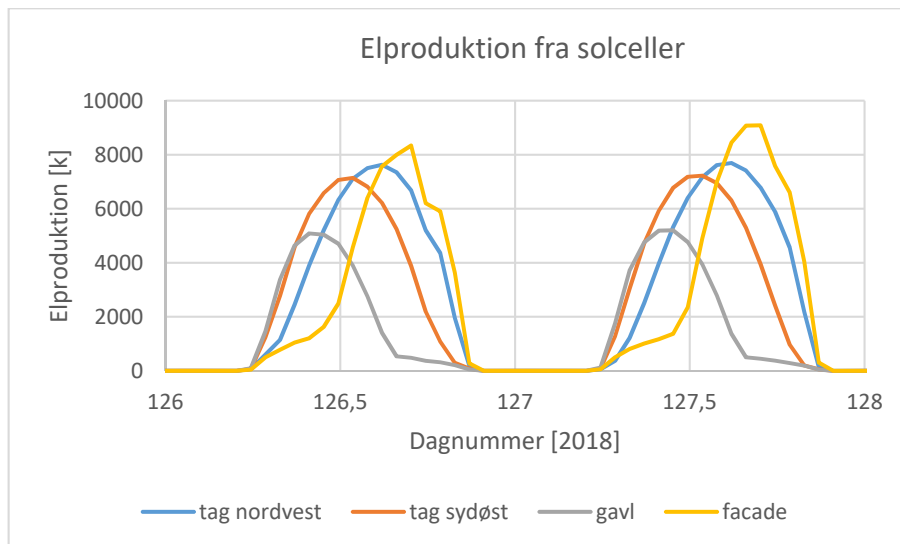
Figur 5.29 Produktionen af el fra de fire invertere vist i figur 2.16.

Tabel 5.5 Produktionen af el fra de fire invertere vist i figur 3.16.

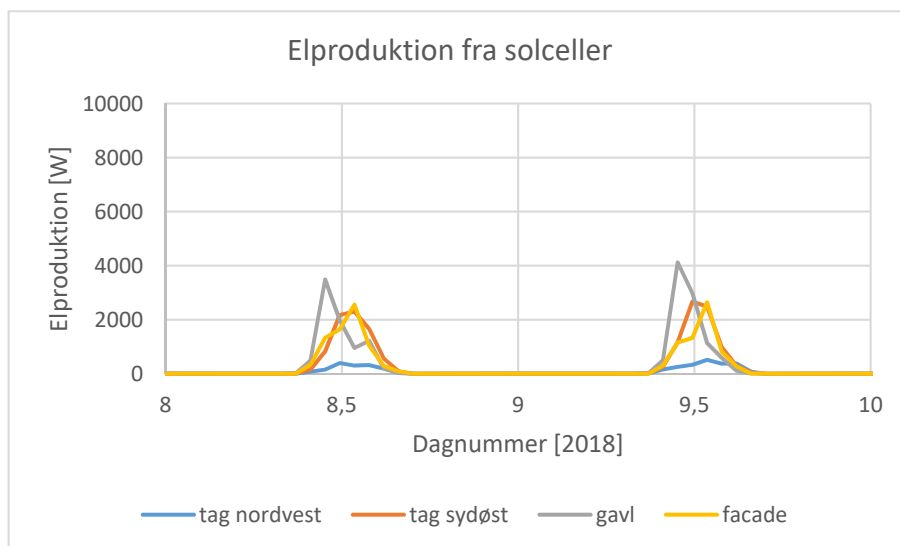
Solcellefelt	Projekteret ydelse kWh	Målt ydelse kWh	Forskel %
Tag nordvest	10.396	9.563	-8
Tag sydøst	10.676	8.527	-20
Gavl	5.426	4.606	-15
Facade	13.656	7.141	-48
I alt	40.154	29.837	-26

Solcelleanlæggene blev meldt klar fra starten af den undersøgte periode efter rettelse af nogle fejl. Så det er ikke dette, der leder til en 26 % lavere el produktion end projekteret. Tabel 5.5 viser, at alle fire felter havde en lavere ydelse end projekteret, hvilket, som figur 5.13 viser, ikke skyldes et lavere solindfald i den undersøgte periode. Den største synder er solcelle-panelerne på facaden, som kun har ydet ca. halvdelen af den projekterede mængde el. En forklaring på dette kan være, at der i projekteringen ikke blev taget tilstrækkelig højde for skygger fra altanerne. Det har ikke i nærværende undersøgelse været muligt at fastslå, hvorfor de andre solcellefelter har ydet mindre end forventet. Dette burde undersøges nøjere.

Figur 5.30 viser elproduktionen d. 6.-7. maj 2018, mens figur 5.31 viser dette for 8.-9. januar 2018. Figur 5.30 viser, at produktionen fra gavl-paneler og de sydøst vendte paneler på taget starter først, da de vender mod solopgangen. Produktionen fra de nordvest vendte paneler starter dog hurtigt efter på grund af den store solhøjde. Produktionen fra facaden kommer først rigtigt i gang efter kl. 12:00, men når herefter op på den højeste effekt af de fire felter. Figur 5.31 viser, at de nordvest-vendte paneler kun har en beskeden produktion i januar på grund af den lave solhøjde. Den højeste effekt fås i januar fra gavl-panelerne – igen grundet den lave solhøjde.



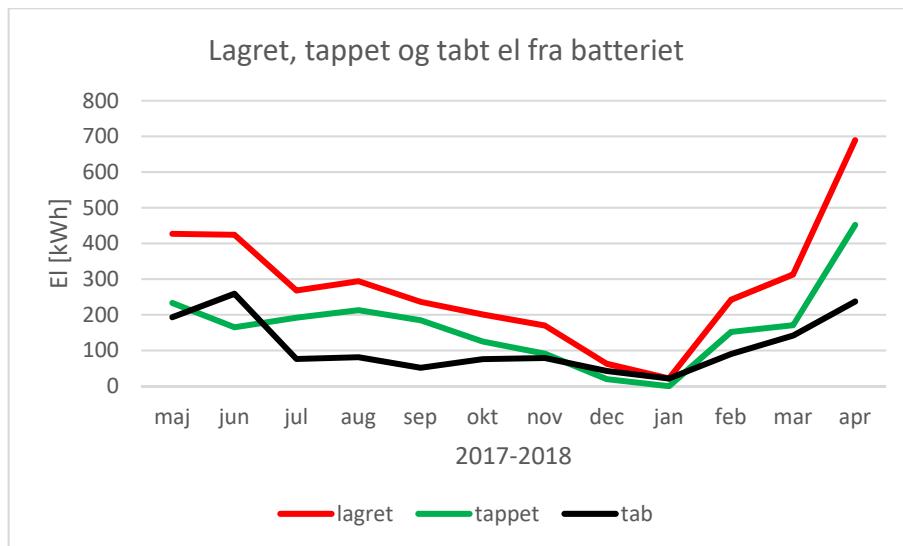
Figur 5.30 Produktionen for 6.-7. maj 2018 fra de fire invertere vist i figur 3.16.



Figur 5.31 Produktionen for 8.-9. januar 2018 fra de fire invertere vist i figur 3.16.

Batteriet

Første version af batteriet blev idriftsat i maj 2016. Der er løbende blevet udført forbedringer på batteriet. Den seneste fjerde version blev idriftsat i februar 2018. Når der har været udført arbejde på batteriet, er el fra solcellerne i stedet blevet lagret i almindelige blybatterier, som ses til højre for flowbatteriet i figur 2.18. De følgende målinger er derfor ikke for flowbatteriet alene. I 2017 blev der i alt lagret 2.829 kWh elektricitet og der blev trukket 1.597 kWh ud. Det giver en gennemsnitlig effektivitet for batteriet på 56 %. For perioden maj 2017-april 2018, blev der gemt 3.351 kWh, mens der blev trukket 2.011 kWh ud, hvilket giver en effektivitet på 60 %. Figur 5.32 viser månedligt lagret, tappet og tabt energi for batteriet. Det er håbet at komme op på en effektivitet på 67-70 %.



Figur 5.32 Lagret og tappet energi fra lageret samt tab.

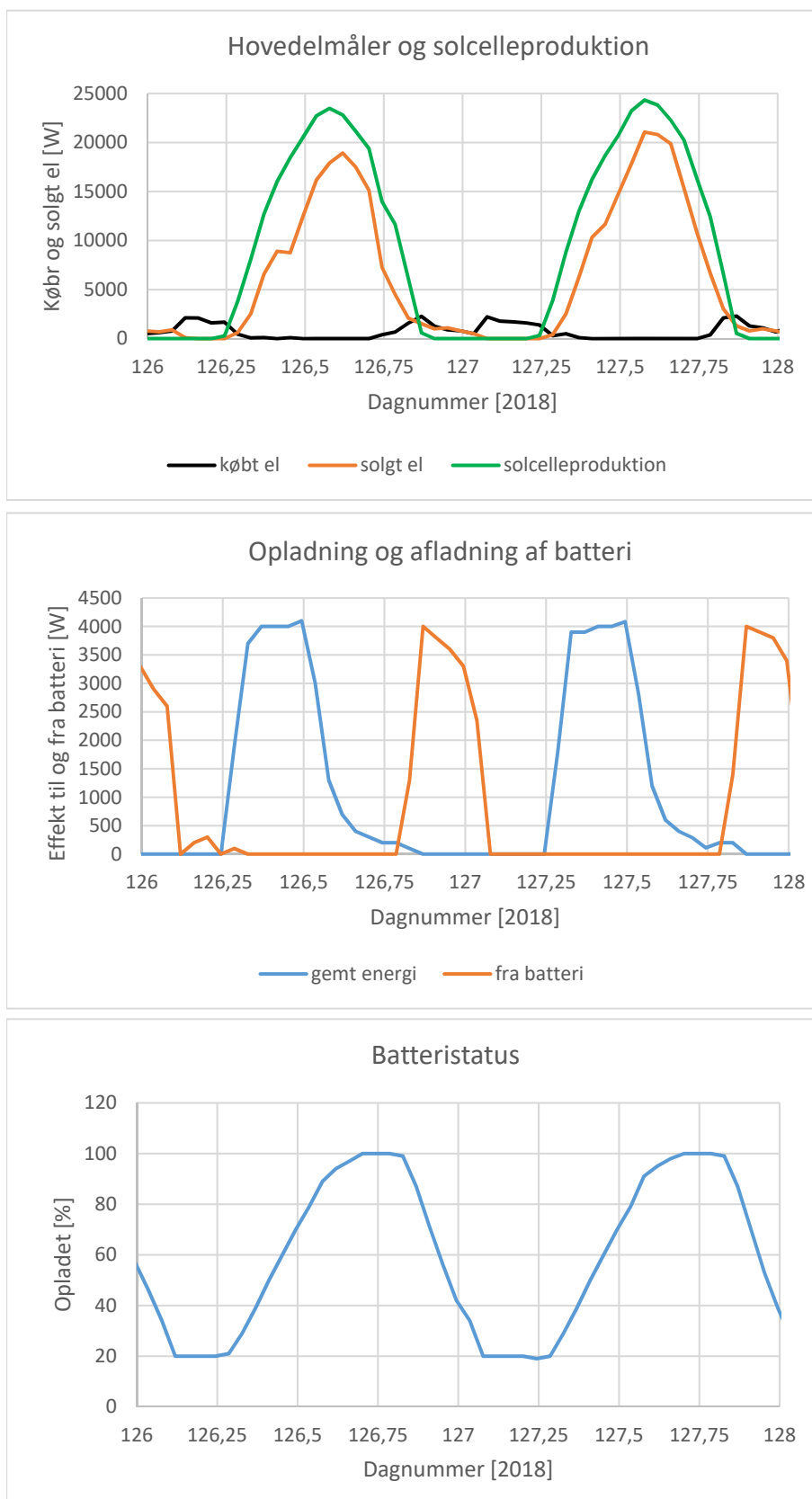
Hvis der ikke havde været noget batteri, skulle de 3.351 kWh sælges til el nettet. Det ville i givet fald lede til et egetforbrug på 27 %, mens de resterende 73 % skulle sælges til nettet til en markant lavere pris end den tilsvarende købspris. Med batteriet er egetforbruget 38 %, hvis der ikke tages hensyn til tab fra batteriet, som er 1.351 kWh, og som ingen har glæde af, hvorfor det ikke bør indgå i egetforbruget. Hvis tabet fra batteriet fratrækkes udgør egetforbruget 34 %. Oprindeligt var ideen med batteriet at hæve egetforbruget fra 25 til 50 %. I virkeligheden øger batteriet kun egetforbruget med 26 % (fra 27 % til 34 %) mod forventet 100 %. Da batteriet er en prototype, findes der ingen pris, men umiddelbart vurderes det, at batteriet under disse omstændigheder ikke er rentabel. Tabet fra batteriet skal desuden modsvares af et øget solcelleareal for at bibeholde evt. energineutralitet.

Figur 5.33 viser målte værdier i og omkring batteriet for to dage i maj 2018.

Batteriet svinger mellem at være 20 % og fuldt opladet – nederste graf i figur 4.29. De to øverste grafer viser, at opladning af batteriet starter samtidigt med produktionen fra solcelleanlæggene.

Ladeeffekten stiger hurtigt til 4 kW, som holdes til kl. 12, hvor batteriet er ca. 70 % opladet. Herefter foregår opladningen med stadig mindre effekt indtil batteriet er fuldt opladet ca. 17:00. Batteriet er fuldt opladet i ca. 2,5 timer (se nederste graf i figur 5.33). For at opretholde batteriet fuldt opladet kræves åbenbart en lille lade-effekt på omkring 200 W.

Afladning af batteriet starter ca. kl. 19:00, hvilket for d. 6. maj er ca. to timer efter, at køb af strøm blev påbegyndt, mens dette sker samtidigt 7. maj.



Figur 5.33 Målte værdier for batteriet d. 6.-7. maj 2018.

Sidst på dagen sker der mærkeligt nok både køb og salg af el i den øverste figur. Dette kan skyldes, at værdierne i graferne er summerede timeværdier. Et fluktuerende elforbrug med vekslende korte perioder med større elforbrug end solcelleproduktionen og korte perioder

uden eller lavt elforbrug, kan lede til både købt og solgt el inden for en time. En anden mulighed er, at køb og salg af el sker fasevis. I det tilfælde vil et stort forbrug på én af faserne betyde, at der registreres et køb af el for denne fase, selvom der er salg af el på de to andre faser.

Samtidig køb og salg sker dog også efter at solcelleanlæggene er holdt op med at producere, men samtidigt med at batteriet aflades. Så noget af den gemte el sælges måske til elnettet, hvilket ikke var meningen, da solgt el er væsentligt billigere end købt el.

Hvis den lagrede energi for dag 126 summeres fra en batteristatus gående fra 20 % til 100 %, svarer det til en energimængde på 27,4 kWh mod forventet 32 kWh. Batteriet bliver kørt mellem 20 og 100 %, fordi batteriet under 20 % kan blive ustabil.

5.5 Undersøgelse af overholdelse af Bygningsklasse 2020 og energineutralitet

Energikravene til en BOLIG+ bygning er som nævnt i afsnit "Projekteret energiforbrug" på side 42:

- bygningens energibehov skal overholde kravet vedr. primærenergi i Bygningsklasse 2020 dvs. 20 kWh/m² pr. år uden lokal produktion af elektricitet fra fx solceller,
- bygningen skal på årsplan være energineutral, hvilket vil sige, at der årligt produceres lige så meget primær energi på matriklen, som der årligt forbruges, inkl. beboernes og bygningens forbrug af el til belysning, lift, madlavning, apparater, mm.

Til at undersøge ovenstående anvendes de oprindelige Be10 modelfiler fra projekteringen justeret med værdierne angivet i tabel 5.3 og tabel 5.4.

I første omgang kalibreres Be10 modellen, der blev brugt til at vise energineutralitet, i forhold til de målte energiforbrug, da denne model ligger tættere på virkeligheden end Be10 modellen til dokumentation af overholdelse af Bygningsklasse 2020. Efterfølgende blev denne sidste Be10 model justeret i forhold til den kalibrerede model til tjek af energineutralitet.

Den nyere vejrdatabase fra 2013 anvendes i stedet for de vejrdatabaser, der er indlejret i Be10 og anvendt under projekteringen. Et andet klima har primært indflydelse på opvarmningsbehovet. Be10 modellen til tjek af energineutralitet med de oprindelige klimadata giver et fjernvarmeforbrug på 43,43 MWh, mens en beregning med den tilpassede vejrdatabase fra 2013 giver 43,53 MWh. Den eksterne klimadatabase fra 2013, kan derfor ligeså godt anvendes i de følgende beregninger og giver samtidigt den fordel, at udetemperaturen kan ændres i beregningerne, som angivet i tabel 5.4.

5.5.1 Kalibrering af Be10 model til tjek af energineutralitet

Dette afsnit fokuserer primært på at kalibrere den oprindelige Be10 model til tjek af energineutralitet i forhold til de tre målte fjernvarmeforbrug:

- fjernvarme til varmtvandsbeholderen
- fjernvarme til rumopvarmning i lejlighederne ekskl. rørtab, da forbrugsmålerne er placeret i lejlighederne
- samlet fjernvarmeforbrug for hele bygningen.

I første omgang er Be10 modellen justeret med værdierne fra tabel 5.3 og tabel 5.4 sammenlignet med målingerne vel vidende, at der også er andre værdier, der sandsynligvis skal ændres – især værdier for de energitekniske installationer. Resultatet er vist i tabel 5.6.

Tabel 5.6 Målte værdier for fjernvarmeforbrug sammenlignet med beregnede værdier med Be10 modellen til tjek af energineutralitet med værdierne fra tabel 5.3 og tabel 5.4.

Forbrug/behov	Målt [MWh]	Be10 [MWh]
Fjernvarme til varmtvandsbeholder	14,6	14,5
Rumopvarmning	25,9	20,4
Samlet fjernvarmeforbrug	47,3	36,8

Tabel 5.6 viser, at Be10 modellen giver et korrekt resultat for fjernvarme til varmtvandsbeholderen, et 21 % for lavt rumopvarmningsbehov og et 22 % for lavt samlet fjernvarmeforbrug. Dette er ikke et dårligt resultat, idet Be10 modellen endnu ikke er blevet kalibreret med hensyn til værdier for de faktiske, tekniske installationer, samt at der har været et varmeforbrug til gulvvarmen i badeværelserne i tre af lejlighederne. Gulvvarme i de tre sommermåneder (juni-august) resulterede alene i et samlet fjernvarmeforbrug på ca. 0,5 MWh (figur 5.18), hvilket er et forbrug som ikke medregnes i Be10. Be10 modellen giver intet rumopvarmningsbehov i de fem sommermåneder maj-september, mens figur 5.18 og figur 5.20 viser et fjernvarmeforbrug til rumopvarmning på omkring 0,5 MWh i både maj og september.

Som beskrevet i (Jensen 2015a), betyder den gode overensstemmelse for opvarmningsbehovet til varmtvandstanken ikke nødvendigvis, at Be10 regner rigtigt. Det kan lige så godt være en kombination af forkerte input, som tilfældigvis giver det rigtige resultat. Dette er faktisk tilfældet, idet en inspektion og en opmåling viste, at Be10 modellen ikke medtog de varme brugsvandsrør i kælderen – kun stigstrengene op til lejlighederne, og at varmtvandsbeholderen havde et for højt varmetab i Be10 modellen.

For rumopvarmningsbehovet, var der ud over gulvvarme om sommeren, lige som ved varmt brugsvand, ikke de rigtige længder rør. Her manglede stigstrengene til lejlighederne, som normalt ikke medregnes, fordi der ikke er rumvarme om sommeren. Men i dette tilfælde med gulvvarme i badeværelserne, er der et rumopvarmningsbehov om sommeren. Der var desuden ikke taget hensyn til, at gulvvarmen på 1. etage vender mod den koldere service-etage.

På baggrund af samtale med eksperter blev effektiviteten af varmevekslerne i ventilationsanlæggene desuden reduceret lidt: fra 0,91 til 0,89, ligesom infiltrationen blev øget på grund af åbning af vinduer ved madlavning, fordi nogle sover med åbent vindue i soveværelset, og at altandøre blev åbnet en gang imellem.

De fleste af ovenstående forhold kunne der vanskeligt tages højde ved projekteringen.

Kalibreringen af Be10 modellen var en iterativ proces, idet flere af de nødvendige ændringer påvirker flere forskellige forbrug. Fx betyder reduceret isolering af stigstrengene for varmt brugsvand, at fjernvarmeforbruget til brugsvandsopvarmning øges. Men da stigstrengene er placeret i en skakt inde i lejlighederne, reduceres rumopvarmningsbehovet samtidigt lidt. Resultatet af kalibreringen af Be10 modellen er vist i tabel 5.7.

Tabel 5.7 Målte værdier for fjernvarmeforbrug sammenlignet med værdier fra Be10 filen til tjek af energineutralitet efter kalibrering.

Forbrug	Målt [MWh]	Be10 [MWh]
Fjernvarme til varmtvandsbeholder	14,6	14,6
Rumopvarmning	25,9	26,0
Samlet fjernvarmeforbrug	47,3	43,8

Både rumopvarmningsbehovet og fjernvarmeforbruget til varmtvandsbeholderen er nu ens for målinger og fra Be10 modellen. Men Be10 modellen beregner et 7 % for lavt samlet fjernvarmeforbrug. Da Be10 er en ret simpel model af bygningen, der inkluderer antagelser vedr. brugen af bygningen, er en forskel på 7 % et rigtigt godt resultat. Be10 modellen vil

derfor ikke blive yderligere kalibreret. Det har desuden ikke været muligt, at finde dokumenterbare tab i teknikrummet, som kunne reducere forskellen mellem målt og beregnet samlet fjernvarmeforbrug yderligere.

5.5.2 Overholdelse af Bygningsklasse 2020

Ved tjek af overholdelse af Bygningsklasse 2020 uden produktion fra solcellepanelerne, skal flere af værdierne fra den kalibrerede Be10 model ændres tilbage til standardværdierne som vist i tabel 4.3. Fra tabel 4.4, er det kun reduktionen af brugsvandsbehovet med 29 l/m² fra 250 til 221 l/m² pr. år, der skal anvendes.

Figur 5.20 viser et lille forbrug til rumopvarmning i sommermånederne maj-september. Men da der er præcedens for ikke at medregne rumopvarmningsbehov i sommermånederne (hvor Be10 ikke beregner et rumopvarmningsbehov), når det vurderes, hvilket energiklasse en bygning tilhører, vil dette energiforbrug ikke blive medtaget i det følgende.

Der anvendes Bygningsklasse 2020 primærenergifaktorerne for fjernvarme på 0,6 og 1,8 for el. Be10 modellen giver nu et primært energibehov på 21,2 kWh/m², altså meget tæt på kravet på 20 kWh/m² - kun et 6 % for stort behov og derfor inden for usikkerheden på sammenligningen.

Varmegenvindingen på det grå spildevand fra badeværelserne gav en besparelse på 1,6 MWh/år, som i tabel 4.4 er omregnet til en reduktion i den tappede brugsvandsmængde på 29 l/m² pr. år. Besparelsen er opnået for en målt samlet mængde varmt brugsvand på 194 l/m² pr. år. Den samlede mængde varmt brugsvand i Be10 standardberegningen er 250 l/m² pr. år, og man kan derfor argumentere for, at de 29 l/m² ved den større mængde varmt brugsvand skal forøges til $29 \cdot 250 / 194 = 37$ l/m² pr. år. Det vil i givet fald lede til et primært energibehov på 20,9 kWh/m².

Hvis genvindingen på det grå spildevand havde fungeret som antaget i projekteringen, ville det have svaret til et årligt forbrug af varmt brugsvand på 175 l/m² som det blev antaget i Be10 modellen ved projekteringen. I det tilfælde ville det primære energibehov for bygningen have været 19,7 kWh/m² pr. år og altså have overholdt Bygningsklasse 2020 uden produktion fra solcelleanlæggene.

Et primært energibehov på 21,2 kWh/m² er dog et meget flot resultat, og viser, at det er muligt at opføre Bygningsklasse 2020 bygninger uden eller næsten uden produktion fra solcellepaneler eller fra solvarmeanlæg. Og da bygningen desuden overholder BOLIG+ dogmet: Bygningen skal kunne opføres på normale markedsvilkår, peger det frem mod, at det kan være fornuftigt at genindføre Bygningsklasse 2020 som mindste energikrav i et kommende Bygningsreglement 2020, om end alle tiltag for, at nå målet ikke nødvendigvis i sig selv er økonomisk rentable.

Overholdelse af andre energiklasser

Fakta boksen i afsnit 1.2 viste stor forskel mellem, hvordan energiklasserne i forskellige Bygningsreglementer var/er defineret. Tabel 5.8 viser, hvordan dette influerer på overholdelsen af de forskellige energiklasser.

Der tages udgangspunkt i ovenstående tjek af overholdelse af Bygningsklasse 2020, hvor fjernvarmebehovet var 28,7 kWh/m² og elbehovet var 2,2 kWh/m².

Tabel 5.8 viser at BOLIG+ opfylder det oprindelige krav om overholdelse af Lavenergi-klasse 1 fra BR08. BOLIG+ er en del bedre end kravet til dagens nybyggeri i BR18. Tabellen viser desuden, at BOLIG+ overskrider Bygningsklasse 2020 fra BR10/BR15 og Lavenergi-klasse 2020 fra BR18 ca. lige meget. Dette gælder dog kun for forbruget i tabel 5.8, hvor opvarmningsformen er fjernvarme. Billedet ser anderledes ud, hvis opvarmningen i stedet skete med en god varmepumpe med en gennemsnitlig årlig COP på 3,5, hvor alt energiforbrug i det tilfælde ville være elektricitet. I dette tilfælde vil alle energiklasserne være opfyldt. Det er dog lettere, at overholde BR18's Lavenergi-klasse 2020 for en bygning, som kun har

et elforbrug end at overholde Bygningsklasse 2020 i BR10/BR15. Bygningsklasse 2020 kan derfor ikke uden videre udskiftes med Lavenergiklasse 2020 i BOLIG+ kravet om overholdelse af en energiklasse uden produktion af elektricitet.

Tabel 5.8 Tjek af om BOLIG+ Søborg overholder forskellige energiklasser.

		Energiramme	Primære energifaktorer		Forbrug i BOLIG+		Primær energi-forbrug	Forskel
		kWh/m ²			kWh/m ²		kWh/m ²	%
			el	varme	el	varme		
BR08	LE 1	36,0	2,5	1,0	2,2	28,7	34,2	-5,1
BR10//BR15	BK 2020	20,0	1,8	0,6	2,2	28,7	21,2	5,9
BR18	Nybyggeri	31,0	1,9	0,85	2,2	28,7	28,6	-7,7
BR18	LE 2020	27,0	1,9	0,85	2,2	28,7	28,6	5,8

LE = Lavenergiklasse; BK = Bygningsklasse

5.5.3 Tjek af overholdelse af energineutralitet

Overholdelse af BOLIG+ dogmet er fra start vanskeliggjort, fordi beboerne har anvendt mere elektricitet end foreskrevet i BOLIG+ forudsætningerne, og solcelleanlæggene har produceret mindre end projekteret.

I første omgang sammenlignes de målte forbrug med den målte produktion ved anvendelse af primær energifaktorerne for Bygningsklasse 2020 dvs. fjernvarme = 0,6 og el = 1,8.

Tabel 5.9 viser, at bygningens elproduktion var 38 % for lav til at opnå energineutralitet. Men her skal der tages hensyn til, at elproduktionen fra solcelleanlæggene var lavere end projekteret, samt at elforbruget i lejlighederne var højere end foreskrevet i BOLIG+ forudsætningerne. Hvis der tages hensyn til disse to forhold, fremkommer værdierne i tabel 5.10.

Tabel 5.9 Målte værdier for fjernvarmeforbrug, elforbrug og elproduktion.

Energiform	Forbrug [MWh]	Produktion [MWh]
Fjernvarme	47,3	-
Elektricitet	32,2	29,8
I alt primær energi	86,4	53,6

Tabel 5.10 Målte værdier for fjernvarmeforbrug, elforbrug som specificeret i BOLIG+ reglerne og projekteret elproduktion.

Energiform	Forbrug [MWh]	Produktion [MWh]
Fjernvarme	47,3	-
Elektricitet	28,9	40,2
I alt primær energi	80,4	72,4

Hvis solcelleproduktionen og elforbruget i lejlighederne havde været som projekteret, ville elproduktionen være 11 % fra at gøre bygningen energineutral, hvilket er et meget flot resultat

Bygningen er således ikke energineutral, men meget tæt på, specielt hvis man medtager usikkerheden på målingerne.

Hvilke forhold ud over lavere elproduktion og højere elforbrug har gjort, at bygningen ikke kommer helt i mål? Forklaringen må søges i en lang række af forskellige og ofte modsatte forhold:

- lidt højere rumtemperatur, men til gengæld et lidt varmere udeklima
- mindre gratisvarme fra personer og apparater i lejlighederne
- lidt højere ventilationstab – både mekanisk og naturligt (infiltration)
- gulvvarme i tre af badeværelserne om sommeren

- kun tre af lejlighederne benyttede sommerdrift af ventilationsanlæggene, dvs. at der var mekanisk ventilation om sommer med deraf øget elforbrug
- nogle rørtab var ikke med i den oprindelige beregning af energineutralitet, men til gengæld var varmetabet fra varmtvandsbeholderen lavere
- varmegenvindingen på det grå spildevand var mindre effektiv end beregnet, men det bliver mere end opvejet af, at beboerne har haft et væsentligt mindre varmtvandsforbrug end projekteret
- elforbrug til kontakterne fra zensehome var oprindelig ikke medregnet

Om BOLIG+ er energineutral vil ikke blive behandlet yderligere, men det kan blot konstateres, at hvis bygningen havde haft et elforbrug i lejlighederne svarende til det projekterede, og hvis solcelleanlæggene havde ydet som lovet, ville bygningen ca. have været energineutral.

5.6 Konklusion - energiforbrug

BOLIG+ dogmet om energineutralitet er stort set opfyldt, hvis beboernes elforbrug og solcellernes produktion havde været som forventet under projekteringen.

Med de specielle krav (indetemperatur, forbrug af varmt vand, beboernes elforbrug), som er baggrund for BOLIG+, viser de efterfølgende målinger god overensstemmelse mellem det beregnede energibehov (justeret for faktiske forhold) og det målte energiforbrug. Det vurderes derfor, at klimaskærmen og bygningens tekniske installationer fungerer som forventet.

Uden indregning af lokal elproduktion overskrides Bygningsklasse 2020 (BR10/BR15) kun med ca. 6 %, hvilket vurderes at være inden for usikkerheden. Hvis elforbruget i lejlighederne og produktionen fra solcellerne havde været som forventet, overskrides energineutraliteten med 11 %. Dette er et godt resultat, taget i betragtning at, det er første gang, der opføres etageboliger af denne type.

BOLIG+ i Søborg viser, at det er muligt at opføre et mindre fjernvarmeopvarmet etageboligbyggeri på almindelige økonomiske markedsvilkår som næsten er energineutralt, inkl. beboernes elforbrug. Til at opnå dette i BOLIG+ er der benyttet enkle virkemidler, men det er nødvendigt, at beboerne bidrager med korrekt brug af bygningen i alle henseender.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow from the top left towards the bottom right, creating a sense of movement and depth.

6

INDEKLIMA

6 INDEKLIMA

Ud over energineutralitet er et vigtig BOLIG+ dogme, at der skal være et godt indeklima i bygningen. Indeklima dækker over mange forhold: termisk komfort, fugtniveau, CO₂ niveau, afgasningsprodukter og fibre i indeluften, lysforhold og akustik. Indeklimaet i BOLIG+ er undersøgt ved hjælp af IC-Metre, som måler de tre parametre temperatur, fugt og CO₂. Fugt og CO₂ anvendes ofte også som indikator for mulig tilstedeværelse af uønskede og skadelige stoffer i luften som fx VOC'er, fibre, mm., da disse er vanskelige at måle direkte. Der var anbragt to IC-Metre i hver lejlighed, ét i stuen og ét i soveværelset.

Tabel 5.1 angiver komfortklasserne for de tre parametre defineret i DS/EN15251 (Dansk Standard 2007) standarden "Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik". Komfortklasse I anvendes typisk kun for udsatte grupper som svagelige personer og små børn. Komfortklasse II er det, man typisk bør stræbe efter i boliger, hvor kortvarige perioder i komfortklasse III kan tillades, - specielt når udeklimaet (temperatur og fugt) er højere end i komfortklasse II.

Tabel 6.1 Komfortklasserne defineret i DS/EN15251 (Dansk Standard 2007).

Komfortklasse	Termisk komfort		Luftfugtighed	CO ₂ niveau ²⁾
	Vinter	Sommer		
	1,0 clo/1,2 met ¹⁾	1,0 clo/1,2 met ¹⁾		
	°C	°C	%	ppm
I	21,0-23,0	23,5-25,5	30-50	400-750
II	20,0-24,0	23,0-26,0	25-60	750-900 ³⁾
III	19,0-25,0	22,0-27,0	20-70	900-1200
IV	<19,0-25,0<	<22,0-27,0<	<20-70<	1200<

1) clo refererer til beklædning, hvor 1,0 er typisk indendørs vinterbeklædning og 0,5 er typisk sommerbeklædning. met er aktivitetsniveau, hvor 1,2 svarer til siddende aktivitet.

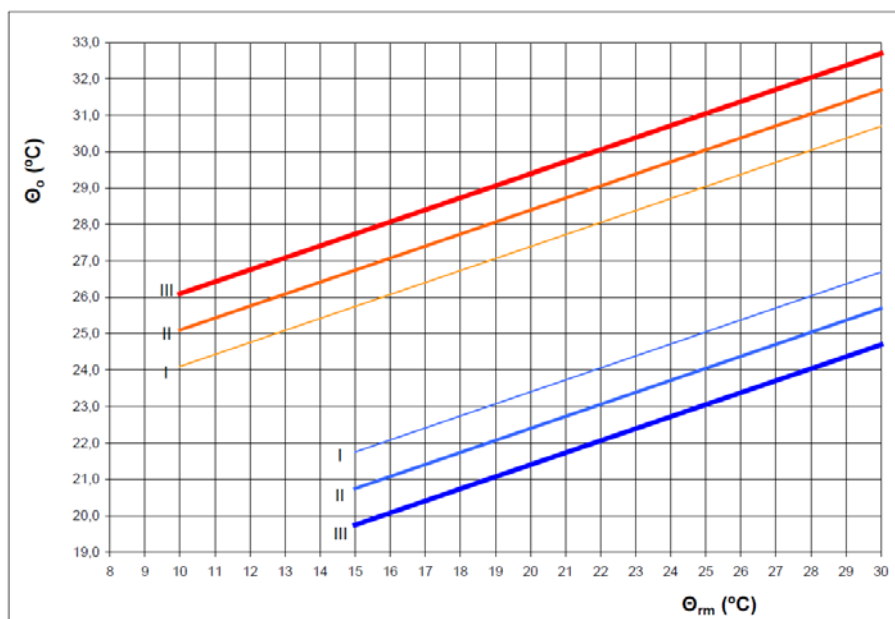
2) Absolut CO₂ hvor det antages, at koncentrationen af CO₂ i udeluften er 400 ppm.

3) Arbejdstilsynet anbefaler en max grænse på 1000 ppm, hvilket typisk anvendes som den værdi, CO₂ koncentrationen bør være under.

Komfortklasserne for termisk komfort (rumtemperatur) i tabel 6.1 gælder for bygninger med mekanisk køling, hvor det er muligt at fastholde en ønsket rumtemperatur. I bygninger uden køling vil rumtemperaturen være afhængig af udetemperaturen. DS/EN15251 angiver derfor også komfortklasser til at evaluere rumtemperaturen i bygninger uden køling, hvor brugerne har adgang til at kunne åbne vinduer samt justere deres påklædning til det faktiske ude- og indeklima. Figur 6.1 viser disse komfortklasser som ikke er faste værdier med afhængig af en vægtet rullende middel udetemperatur. Komfortklasserne i figur 6.1 kan skrives som angivet i tabel 6.2.

Tabel 6.2 Komfortklasserne defineret i (DS/EN15251, 2007). Θ_{rm} angiver udeluftens vægtede rullende middeltemperatur for mindst de seneste 3 dage.

Komfortklasse	Nedre grænse	Øvre grænse
	°C	°C
I	$0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 2$	$0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 2$
II	$0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 3$	$0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 3$
III	$0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 4$	$0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 4$



Figur 6.1 De fire komfortklasser for rumtemperaturen (operativ temperatur) som en funktion af en rullende middel udetemperatur (DS/EN15251, 2007).

I figur 6.1 angiver:

Θ_o = operativ temperatur - et gennemsnit mellem lufttemperaturen og temperaturen af rummets overflader. IC-Metrene måler tilnærmelsesvis denne temperatur, °C.

Θ_{rm} rullende middel udetemperatur, °C.

$$\Theta_{rm} = (\Theta_{ed-1} + 0,8 \Theta_{ed-2} + 0,6 \Theta_{ed-3} + 0,5 \Theta_{ed-4} + 0,4 \Theta_{ed-5} + 0,3 \Theta_{ed-6} + 0,2 \Theta_{ed-7})/3,8, \text{ } ^\circ\text{C}$$

hvor: Θ_{ed-1} er middel udetemperaturen for den foregående dag, °C

Θ_{ed-2} er middel udetemperaturen for dagen før den foregående dag, osv., °C

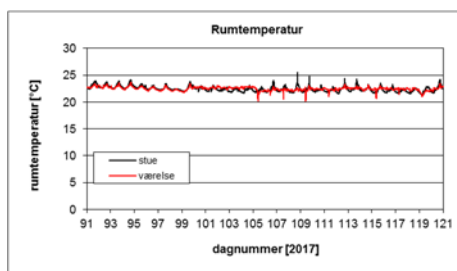
Tabel 6.1 anvendes i det følgende for rumtemperaturen i lejlighederne i fyringssæsonen, mens tabel 6.2 anvendes for rumtemperaturen om sommeren. Tabel 6.1 anvendes desuden ved vurdering af fugt og CO₂ niveauet i lejlighederne gennem hele året.

I det følgende behandles de tre parametre separat. Der henvises desuden til beboernes subjektive opfattelse af indeklimaet på basis af spørgeskemaundersøgelsen beskrevet i næste kapitel samt samtaler med nogle beboere i forbindelse med besøg i bygningen for tjek af sensorer og ventilationsanlæg.

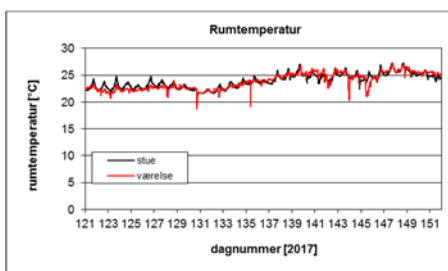
6.1 Rumtemperatur i lejlighederne

Figur 6.2 viser fem-minutters målinger for rumtemperaturen gennem 16 måneder (april 2017-juli 2018) i en af lejlighederne i BOLIG+. Variationerne i rumtemperaturen vist i figur 6.2 er repræsentativ for de 10 lejligheder i BOLIG+. Rumtemperaturerne er meget stabile i fyringssæsonen oktober-marts. Temperaturerne fluktuerer her typisk $\pm 1,5$ °C omkring en middel temperatur på lige under 22 °C. Temperaturen holdes i denne lejlighed lidt lavere i soveværelset end i stuen. Der er nogle enkelte dyk med lavere temperaturer i soveværelset – se fx januar med et dyk helt ned til 12 °C. Dette antages at være på grund af udluftning af soveværelset og underbygger hermed tesen i afsnittet *Kalibrering af Be10 model til tjek af energineutralitet* på side 68 om, at infiltrationen nok har været lidt højere end trykprøvningen af bygningen giver anledning til at tro.

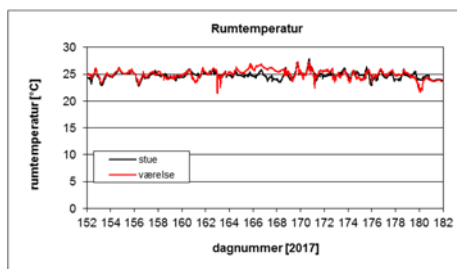
Juni og juli måned 2018 i figur 6.2 viser, at temperaturen i denne lejlighed nåede op over 30 °C. Den høje rumtemperatur skyldes dels solindfald, men især en meget høj udetemperatur, som figur 6.3 viser. Dette understreger, at metoden i figur 6.1 skal anvendes ved evaluering af rumtemperaturerne om sommeren.



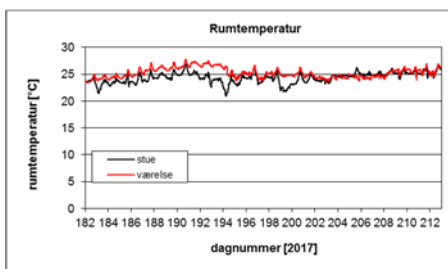
April 2017



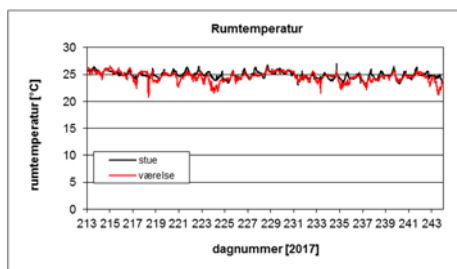
Maj 2017



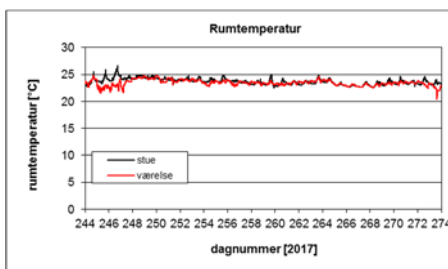
Juni 2017



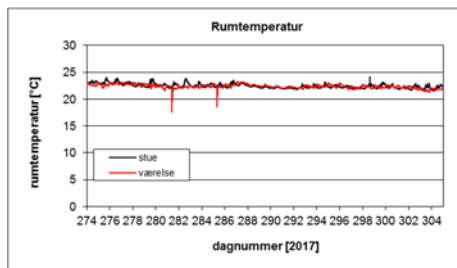
Juli 2017



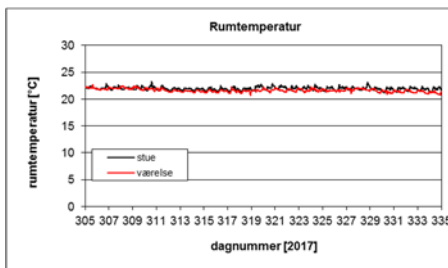
August 2017



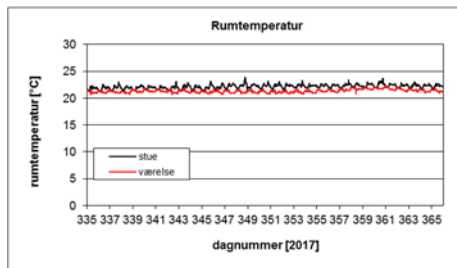
September 2017



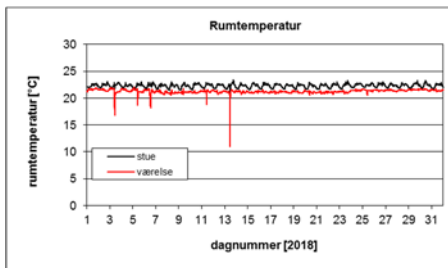
Oktober 2017



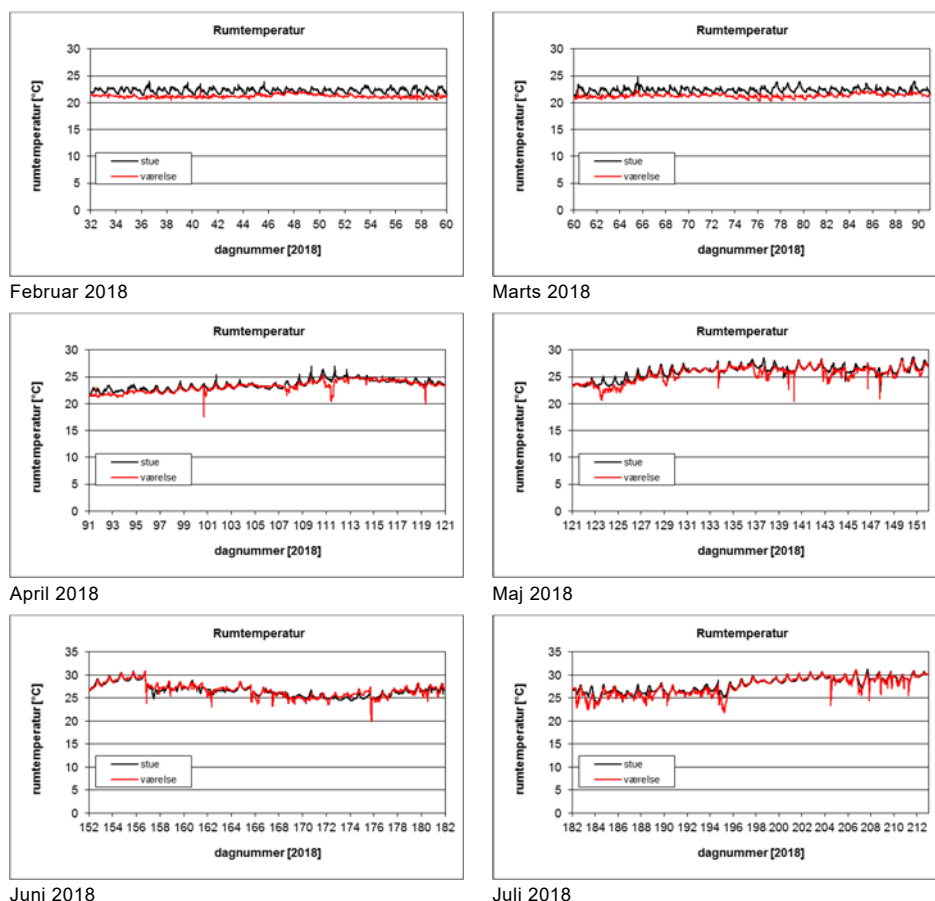
November 2017



December 2017



Januar 2018

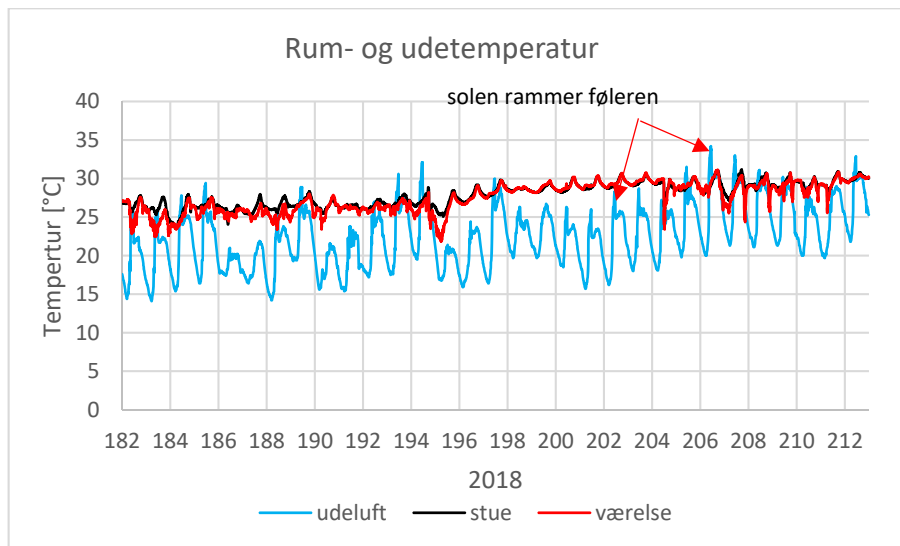


Figur 6.2 Rumtemperaturen i stuen og soveværelset gennem 16 måneder i én af lejlighederne i BOLIG+. Bemærk at y-aksen skifter fra maksimalt 30 °C til 35 °C for juni og juli 2018, da rumtemperaturerne her kommer over 30 °C.

Det ses af figur 6.3, at udetemperaturen sidst i juli flere dage nåede op over 30 °C. I sådanne tilfælde er det selvfølgelig umuligt at holde en rumtemperatur på under 26 °C uden mekanisk køling.

Figur 6.2 viser, at der sker et drastisk dyk i rumtemperaturerne dag 156 (5. juni) ca. kl. 18. Ved at analysere CO₂ målingerne viser det sig, at beboeren(e) har været væk flere dage op til denne hændelse og kom hjem kl. 18. Herefter har de sikkert åbnet, hvad der kunne åbnes af vinduer samt altandøren, og fik derved hurtigt bragt værelsets temperatur ned på 25 °C og temperaturen i stuen ned til 27 °C. Kl. ca. 21 ser det ud til, at de har lukket for en del af vinduerne, for både rumtemperatur og CO₂ niveau stiger herefter. Rumtemperaturen stiger, fordi betonvægge og –lofter afgiver varme til rumluften.

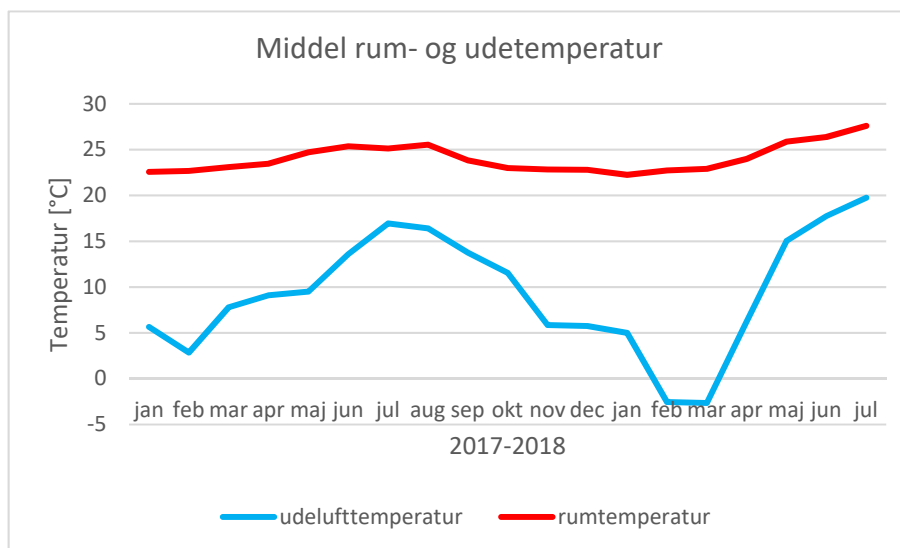
Ovenstående viser, at online måling af temperatur og CO₂, men også fugt kan give et ret detaljeret indblik i personers dagligdag, som kan misbruges. Det er derfor meget personfølsomme data. I nærværende rapport er målingerne derfor sløret, så det ikke er muligt at henhøre én måleserie til én bestemt lejlighed.



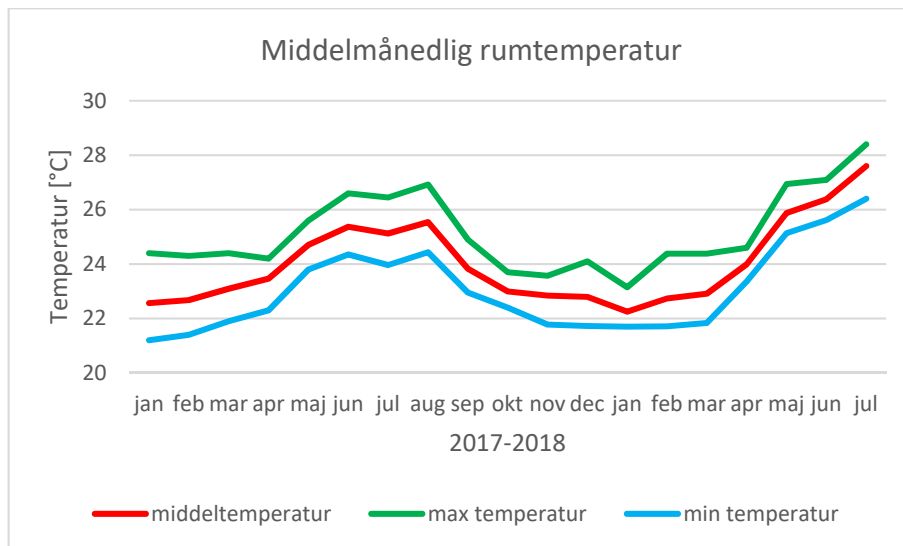
Figur 6.3 Rumtemperaturerne i lejligheden i figur 5.2 sammenlignet med udetemperaturen for juli 2018. Der skal ses bort fra spidserne for udetemperaturen først på dagen (vist med røde pile), da disse spidser skyldes, at temperaturføleren her blev ramt af solen.

Figur 5.9 viser den gennemsnitlige, den højeste og den laveste månedsmiddeltemperatur i lejlighederne i fyringssæsonen 2017-2018. Figur 6.4 og figur 6.5 er udvidet til at dække hele 2017 samt 2018 til og med juli. Figur 6.4 viser en sammenligning mellem månedsmiddeltemperaturen i lejlighederne og middelmånedlig udetemperatur, mens figur 6.5 viser en sammenligning mellem den gennemsnitlige, den højeste og den laveste månedsmiddeltemperatur i lejlighederne. Figur 6.4 viser, at der som forventet er en sammenhæng mellem udetemperaturen og middel rumtemperaturen. Dette er vist mere tydeligt i figur 6.6. Figur 6.5 viser, at variationen af månedsmiddeltemperaturen i lejlighederne typisk er $\pm 1-1,5$ °C omkring gennemsnittet for alle lejligheder.

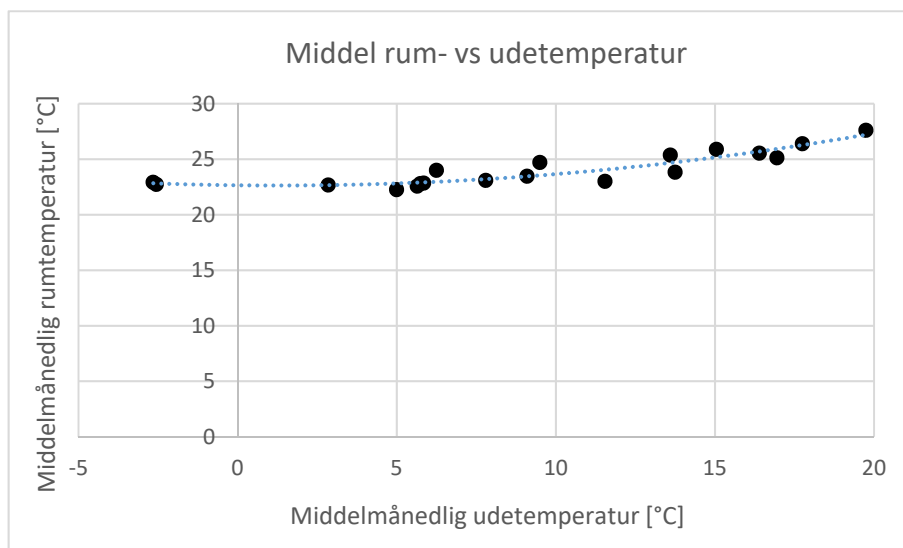
Figur 6.4 og figur 6.5 viser, at den månedlige middel rumtemperatur holder sig indenfor komfortklasse I i tabel 6.1 i fyringssæsonen oktober-marts, mens den laveste og højeste gennemsnitlige rumtemperatur holder sig næsten indenfor komfortklasse II, dog med nogle måneder med en højeste gennemsnitlige rumtemperatur på 24,6 °C (april 2018).



Figur 6.4 Månedsmidler af rumtemperaturen i alle lejlighederne og af udetemperaturen.



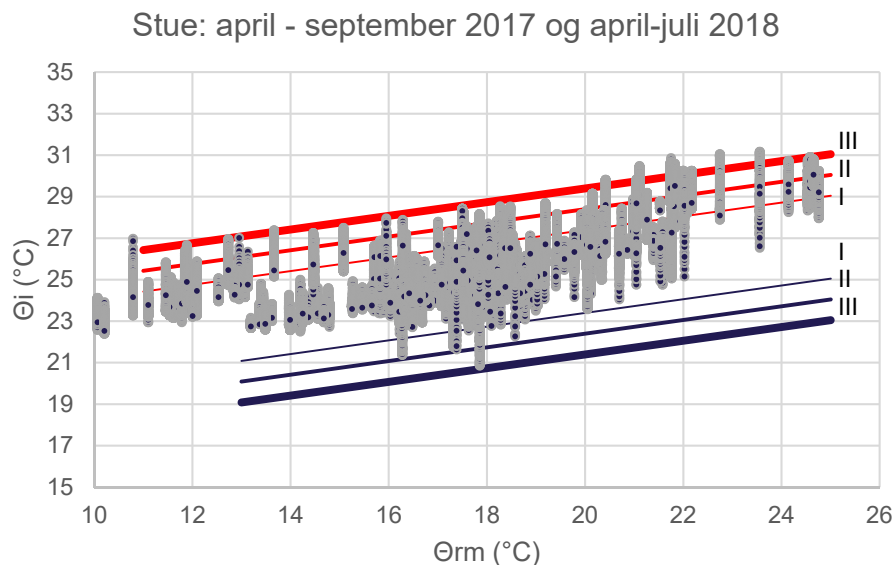
Figur 6.5 Månedsmidler af den gennemsnitlige, den højeste og den laveste rumtemperaturen i lejlighederne.



Figur 6.6 Månedsmiddel rumtemperaturen sammenlignet med middel månedlig udetemperatur.

Om sommeren holder den månedlige middelrumtemperatur sig i 2017 indenfor komfortklasse II i tabel 6.1, mens med 2018 inklusiv holdes denne temperatur indenfor komfortklasse III undtagen for juli 2018, hvor middeltemperaturen kommer op på 27,5 °C, hvilket klart er ubehageligt for de fleste danskere. Den højeste middeltemperatur i juli 2018 nåede helt op på 28,5 °C. Juli 2018 var dog for danske forhold en meget varm måned(figur 6.3). Men som allerede nævnt er tabel 6.1 ikke den rigtige metode til at vurdere rumtemperaturen som sommeren.

I det følgende undersøges rumtemperaturen i BOLIG+ om sommeren derfor i stedet ved hjælp af figur 6.1. Figur 6.7 viser et eksempel på målte rumtemperaturer i stuen for månederne april-september 2017 og april-juli 2018 for samme lejlighed som vist i figur 6.2. Tabel 6.3 viser i hvor stor del af tiden rumtemperaturerne var henholdsvis over og under de tre komfortklasser i figur 6.1 for alle 10 lejligheder.



Figur 6.7 Eksempel på femminutters værdier af rumtemperaturen i stuen som funktion af den rullende middelværdi af udetemperaturen i én af lejlighederne. Værdierne er fra april-september 2017 og april-juli 2018.

Figur 6.7 og tabel 6.3 er i overensstemmelse med, at beboerne oplever, at lejlighederne er varme om sommeren. Det er kun ét rum, der i tabel 6.3 har holdt sig indenfor den øvre grænse for komfortklasse II. Normalt tillades dog en overskridelse på 5 %, fordi der kan forekomme en for høj rumtemperatur som følge af en uheldig adfærd/situation, som fx at det så ud til regn om morgenen, så færre vinduer eller ingen vinduer blev åbnet på klem, men i virkeligheden blev det klart solskin op af dagen, hvilket medførte en højere rumtemperatur end, hvis det var forudset, at det ville blive solskin.

Tabel 6.3 viser, at seks rum overskred de 5 %, hvilket betyder, at der var overophedningsproblemer i halvdelen af lejlighederne. Dette stemmer overens med besvarelserne i spørgeskemaundersøgelsen, hvor 46 % er tilfredse med temperaturen om sommeren, 46 % er utilfredse, mens de resterende 8 % er hverken eller.

Kan udformningen og beliggenheden af lejlighederne forklare, hvorfor nogle lejligheder har større overophedningsproblemer end andre? 1. mf og 2. mf burde have de største problemer, da der her ikke kan etableres tværventilation (figur 3.4). Men det er ikke disse lejligheder, der har de største problemer, da kun soveværelser i 1. mf har en overskridelse på lidt over 5 %. Lejligheden med de største problemer er 2. tv, mens lejligheden 1. tv magen til og nedenunder ligger væsentlig under de 5 %. 1. tv har endda indsugning til ventilationsanlægget bag solcellepanelet på gavlen, som bliver meget varm, mens indsugningen til 2. tv er direkte fra det fri. Bortset fra 1. tv har alle lejlighederne til venstre væsentlige overophedningsproblemer i stuen, hvilket kan skyldes, at disse lejligheder får morgensolen ind i stue, således at stuen er varm fra morgenstunden med deraf voksende problemer op af dagen. Udvendigt og sandsynligvis også god indvendig solafskærmning af vinduerne i den sydøst vendte gavl vil kunne reducere overophedningen i disse lejligheder.

Der er stort set ingen overskridelse af de nedre komfortgrænser (blå søjler i tabel 6.3). Ud fra dette kunne det måske formodes, at ventilationen om natten med lave udetemperaturer er for lille og at den kølende effekt i udeluften ikke benyttes tilstrækkeligt til at holde rumtemperaturen nede i bygningen. Og det er et problem i denne type bygninger med stor termisk masse i form af indvendige betonvægge og -lofter, for som (Larsen 2011) skriver: "... at den termiske masse kun har en positiv effekt, så længe det er muligt at køle konstruktionen ned i nattetimerne, dvs. at brug af termisk masse kun fungerer, når det er muligt at tilvejebringe et passende stort luftskifte i nattetimerne via den naturlige ventilation. Opnås dette

ikke, kan den termiske masse i stedet forøge problemerne med overophedning af bygningen". Figur 6.3 viser, hvordan rumtemperaturen stille og roligt stiger hen over sidste halvdel af juli 2018.

Tabel 6.3 Tabellen angiver hvor stor en del af tiden (i %), som rumtemperaturen overskrider komfortklasserne i figur 6.7 med hensyn til både overophedning og for lave rumtemperaturer.

Lejlighed	Rum	Overskridelse af øvre grænse af komfortklasse [%]			Overskridelse af nedre grænse af komfortklasse [%]		
		I	II	III	I	II	III
1.tv.	Stue	5,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	Værelse	7,1	1,6	0,0	0,4	0,1	0,0
1.mf.	Stue	8,3	1,4	0,2	0,8	0,2	0,0
	Værelse	21,0	6,8	1,8	0,8	0,2	0,0
1.th.	Stue	15,4	3,3	1,5	0,0	0,0	0,0
	Værelse	16,3	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0
2.tv.	Stue	53,3	11,7	0,9	0,0	0,0	0,0
	Værelse	74,4	23,3	1,9	0,0	0,0	0,0
2.mf.	Stue	12,2	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0
	Værelse	23,9	4,2	0,4	0,1	0,1	0,0
2.th.	Stue	10,6	0,6	0,6	0,3	0,1	0,0
	Værelse	15,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
3.tv.	Stue	44,0	15,7	2,6	0,0	0,0	0,0
	Værelse	19,5	4,5	0,3	0,1	0,0	0,0
3.th.	Stue	16,0	4,4	0,6	0,5	0,1	0,0
	Værelse	13,0	3,2	0,5	1,2	0,2	0,0
4.tv.	Stue	42,8	14,1	2,1	0,0	0,0	0,0
	Værelse	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4.th.	Stue	22,6	5,6	1,0	0,1	0,0	0,0
	Værelse	19,2	3,0	0,1	0,0	0,0	0,0

Bortset fra denne tydelige sammenhæng mellem beliggenhed og størrelse af overophedningsproblemerne i lejlighederne til venstre i opgangen, er det ikke nogen signifikant sammenhæng mellem beliggenhed og overophedningsproblemer. Det antages derfor, at forskellen i, hvor meget de enkelte lejligheder overskrider komfortgrænserne i figur 6.1, afhænger af de enkelte beboeres adfærd i forhold til anvendelse af indvendig solafskærmning, åbning af vinduer samt lukning af altandøren, når altanen er varmest. Altanen er af flere beboere blevet udpeget som et problem, da denne bliver meget varm. Omtanke og situationsbestemt adfærd hos beboerne er således nødvendig for at reducere overophedningsproblemerne.

I Be10 modellerne fra projekteringen er straf for overophedning undgået ved at antage et naturligt luftskifte om sommeren på 2 l/s pr. m² eller næste seks gange højere end om vinteren. Et lavere luftskifte om sommeren på 0,75 l/s pr. m² hindrer i modellerne dog også overophedning. 0,75 l/s pr. m² er lidt over dobbelt så højt som om vinteren, og burde måske kunne opnås specielt i de otte lejligheder, hvor tværventilation er mulig. Men som det ses i afsnittet "CO2 niveau i lejlighederne" på side 89, er det ikke opnået.

Det er dog ikke kun lavenergibyggeri, der har overophedningsproblemer. I (Jensen 2015b) blev der målt indeklima med IC-Metre i flere private hjem. I det følgende er vist rumtemperaturer for tre boliger for juli 2014 (figur 6.8 til figur 6.10), der ligesom juli 2018, var varm (figur 6.11), men dog ikke med helt så høje udetemperaturer som i juli 2018.

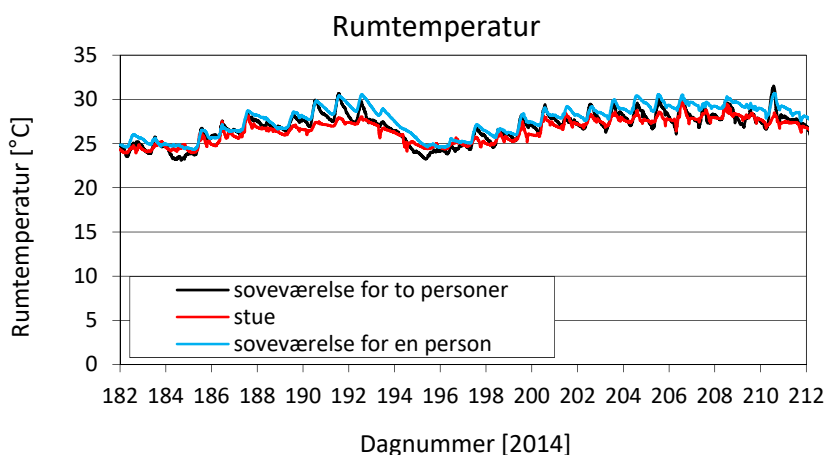
De tre boliger var:

- 1 Rækkehus i tre plan med kælder 52 m², stue 52 m² og 1. etage 40 m². Syd- og nordvendte vinduer. Tre voksne beboere.

- 2 Rækkehus i en etage med et bruttoareal på 60 m². Vest- og østvendte vinduer. To voksne beboere og to børn
- 3 Lejlighed på 76 m². Sydvestvendte vinduer i stue og soveværelse. To voksne beboere.

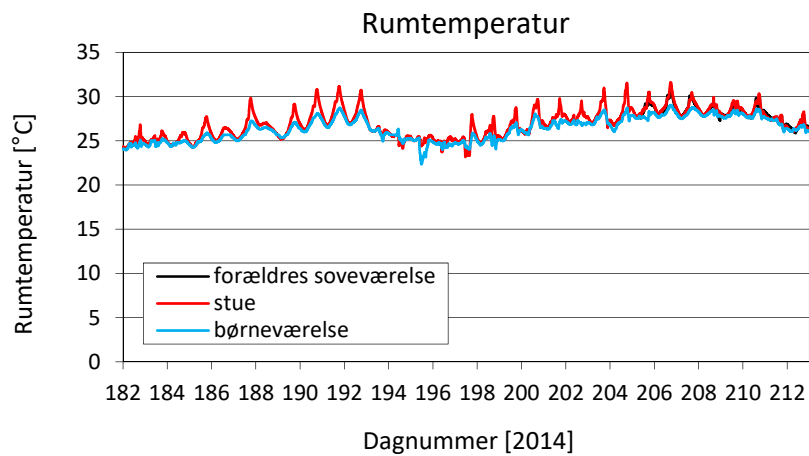
Figur 6.8 til figur 6.10 viser rumtemperaturerne i de tre boliger i juli 2014, mens figur 6.11 viser udetemperaturen i den samme periode.

Som det ses af figur 6.8 til figur 6.10 var der også i disse boliger perioder med rumtemperaturer over 30 °C, og endda med en udetemperatur, der ikke nåede 30 °C. Så overophedning er et gammelkendt fænomen og ikke kun noget, der forekommer i lavenergibyggeri. En af beboerne i BOLIG+ nævner da også, at de kom fra en meget varm lejlighed. I spørgeskemaundersøgelsen siger 71 % dog, at den nye lejlighed er varmere end deres tidligere bolig.

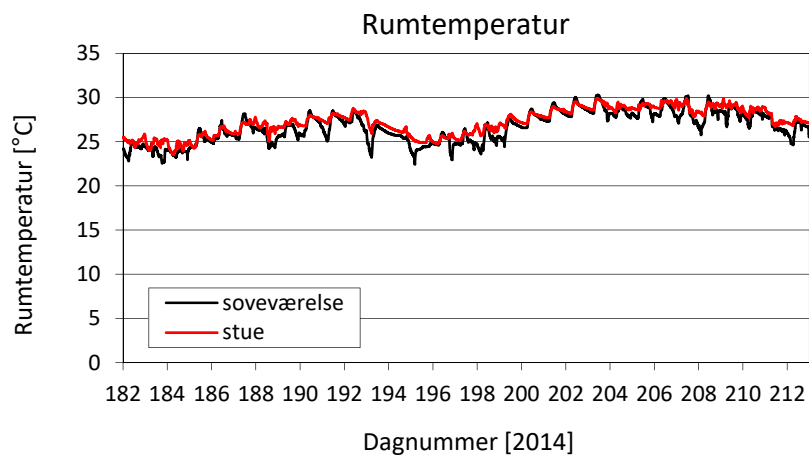


Figur 6.8 Rumtemperaturer i bolig 1 i juli 2017.

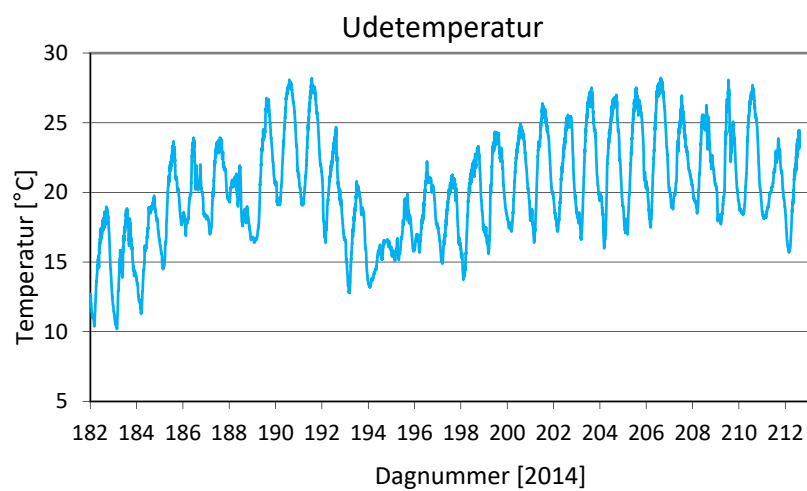
At der forekommer overophedning i andre boliger fritager ikke BOLIG+, da et af dogmerne jo netop var et godt indeklima. Da den naturlige ventilation ikke ser ud til at kunne eliminere overophedningsproblemerne, burde der have været mobil udvendig solafskærmning for vinduerne til reduktion af varmetilskuddet via solindfald – specielt på den sydøst vendte gavl. Tabel 6.3 viser dog, at det "kun" er halvdelen af lejlighederne, der har overophedningsproblemer, hvilket understøttes af, at "kun" 46 % af beboerne er utilfredse med rumtemperaturen om sommeren.



Figur 6.9 Rumtemperaturer i bolig 2 i juli 2017.



Figur 6.10 Rumtemperaturer i bolig 3 i juli 2017.

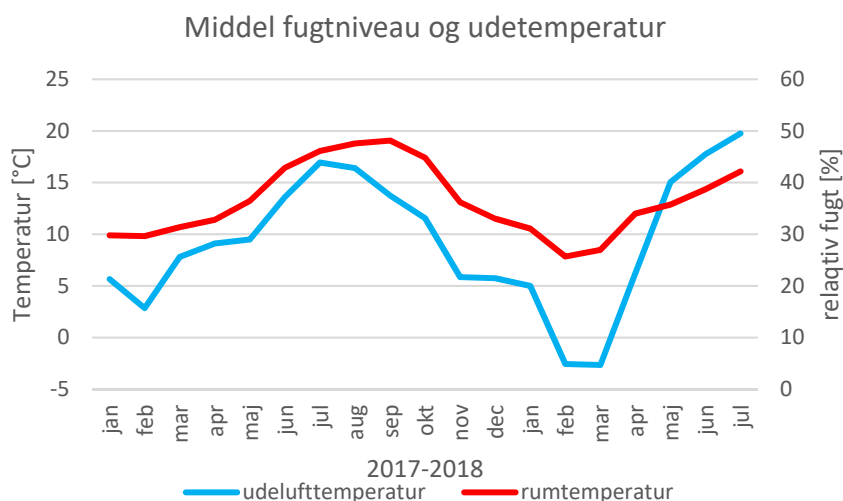


Figur 6.11 Udetemperaturen i juli 2017.

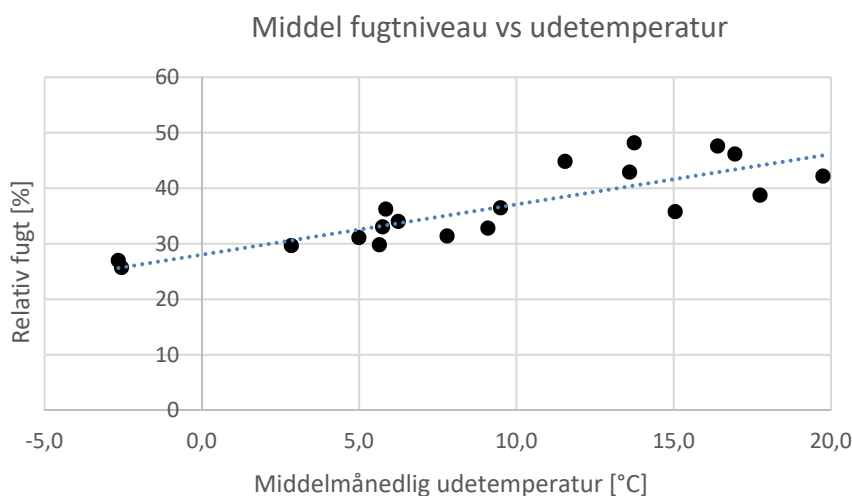
6.2 Fugtniveau i lejlighederne

Flere af beboerne klager over, at luften i lejlighederne er for tør om vinteren. Ud over fugt produceret i lejlighederne som følge af badning, madlavning, tøjtørring, udånding fra beboerne og grønne planter, er fugtniveauet primært styret af fugt og temperatur for udeluften i kombination med ventilationsmængden og rumtemperaturen. Det betyder, at jo koldere det er, jo højere rumtemperaturen er, og jo mere der ventileres, jo lavere bliver den relative luftfugtighed i lejlighederne. Det betyder, at med korrekt ventilation af en lejlighed med 0,5 luftskifte i timen og en rumtemperatur på 22 °C vil den relative luftfugtighed i en lejlighed om vinteren være lav, også selv om det regner udenfor.

Figur 6.12 viser månedsmiddel fugtniveauet i lejlighederne sammen med månedsmiddel udetemperaturen. Månedsmiddel fugtniveauet svinger mellem 26 og 48 %. Dvs., at månedsmiddel fugtniveauet befinder sig i komfortklasse II (tabel 6.1). Figur 6.12 viser, at fugtniveauet i bygningen varierer sammen med udetemperaturen. Dette ses tydeligere i figur 6.13, hvor der ses en klar sammenhæng mellem fugtniveau og udetemperatur.



Figur 6.12 Månedsmiddel fugtniveau og middel månedlig udetemperatur.

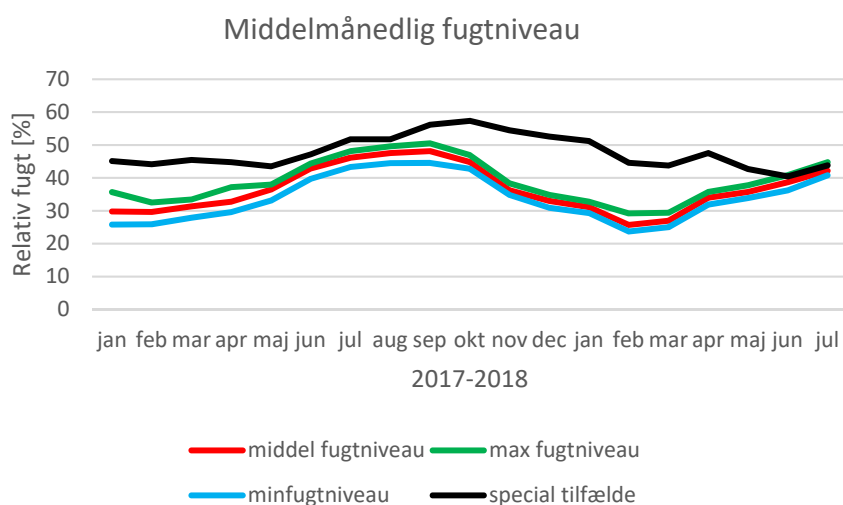


Figur 6.13 Månedsmiddel fugtniveau sammenlignet med middel månedlig udetemperatur.

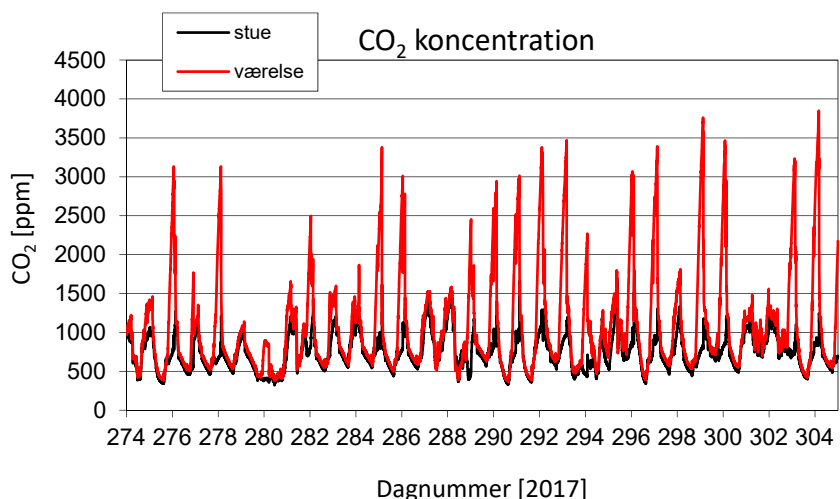
Figur 6.14 viser en sammenligning mellem middel, minimum og maksimum månedsmiddel fugtniveau i ni af lejlighederne. Den tiende lejlighed udgør et specialtilfælde med et højere fugtniveau, og er derfor vist for sig selv som den sorte kurve.

Figur 6.14 viser ikke den store spredning i fugtniveauet i de ni lejligheder. Minimums fugtniveauet er her 23,7 %, mens maksimum er 50,5 %, og derfor cirka inden for komfortklasse II.

Fugtforholdene i den tiende lejlighed er væsentligt forskellig fra de andre lejligheder indtil juni 2018. Det skyldes, at beboeren(e) her føler træk i soveværelset fra ventilationsanlægget, når det kører i vinterdrift, og havde derfor sat anlægget til altid at køre i sommerdrift = kun start ved brug af badeværelse og start af emhætte. Dette har bragt fugtniveauet op, så det ligger i komfortklasse I om vinteren og komfortklasse II om sommeren. Det skyldes, at lejligheden har været utilstrækkeligt ventileret om vinteren, hvor der heller ikke har været anvendt naturlig ventilation. Det fremgår af figur 6.15 som viser høje CO₂ koncentrationer, hvilket fremkommer på grund af lavt luftskifte.



Figur 6.14 Månedsmidler af middel, minimum og maksimum fugtniveau i lejlighederne.

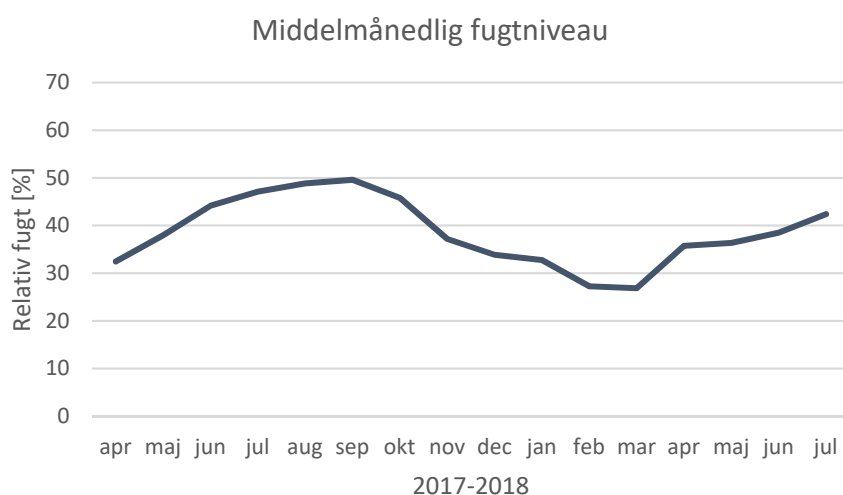


Figur 6.15 CO₂ niveauet i den lejlighed som har en høj luftfugtighed i forhold til de øvrige lejligheder (sort kurve i figur 6.14) i oktober 2017.

Figur 6.15 viser et CO₂ niveau i soveværelset om nattet på op til 3800 ppm. Da beboeren(e) ikke lukker døren til soveværelset helt, stiger CO₂ niveauet i stuen til over 1000 ppm. Det betyder, at lejligheden ofte er helt ude i komfortklasse IV. Om så høje CO₂ koncentrationer skriver (Wisconsin Department of Health Services 2013): "*CO₂ concentrations between 2000 and 5000 ppm: associated with headaches, sleepiness, and stagnant, stale, stuffy air. Poor concentration, loss of attention, increased heart rate and slight nausea may also be present*". Danske undersøgelser indikerer desuden, at en CO₂ koncentration på over 2300 ppm i soveværelset leder til en dårligere søvn og dermed risiko for træthed og koncentrationsbesvær om dagen (Strøm-Teisen 2014a) og (Strøm-Teisen 2014b).

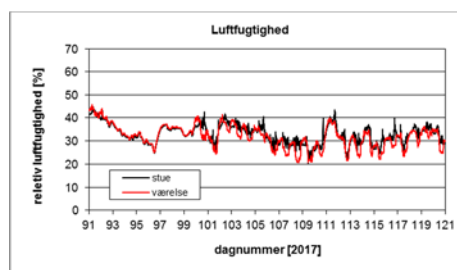
Dårlig ventilation kan desuden lede til forøget koncentration af andre uønskede og sundhedsskadelige stoffer i indeluften så som afgasningsprodukter og fibre fra inventar. Forøgelse af luftfugtigheden bør derfor ikke ske ved at reducere ventilationen i boligen.

Figur 6.16 viser det middelmånedlige fugtniveau i den samme bolig som figur 6.2 (ikke den som skiller sig ud i figur 6.14), mens figur 6.17 viser fugtniveauet for denne bolig for de samme måneder som i figur 6.2.

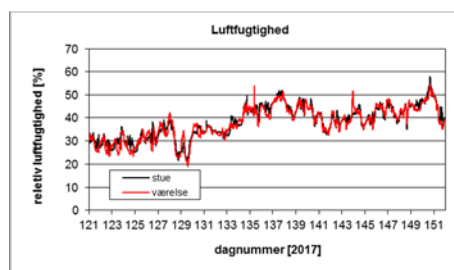


Figur 6.16 Relativ middelmånedlig fugtniveau gennem 16 måneder i én af lejlighederne i BOLIG+.

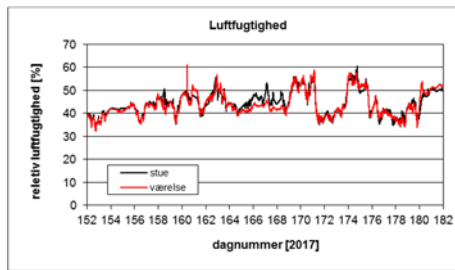
Figur 6.17 viser, at mens middelmånedets fugtniveauet ligger mellem 27 og 50 %, så er luftfugtigheden i soveværelset ofte nede på 15 %, mens den maksimale luftfugtighed sjældent når op over 60 %.



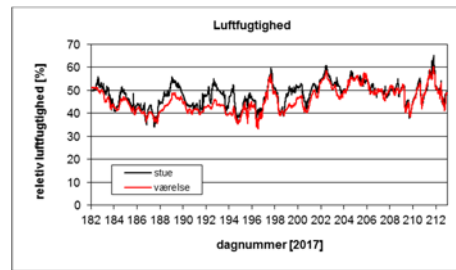
April 2017



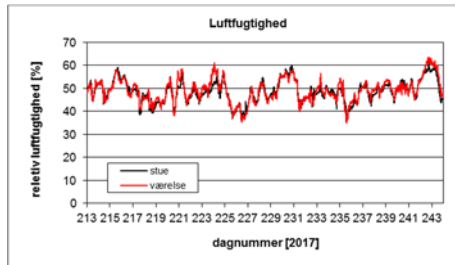
Maj 2017



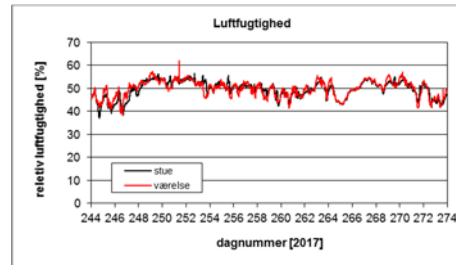
Juni 2017



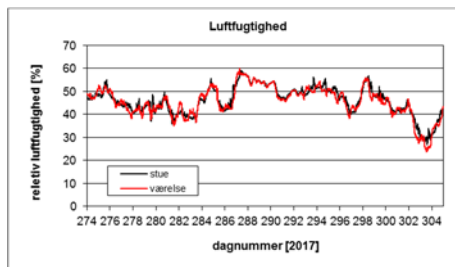
Juli 2017



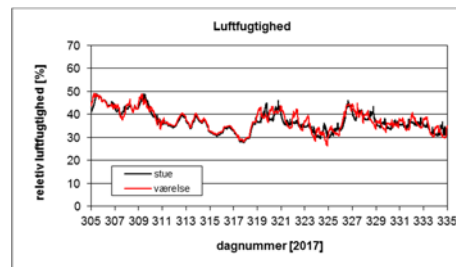
August 2017



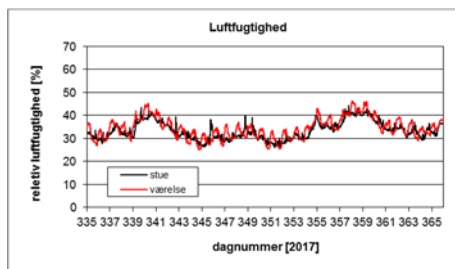
September 2017



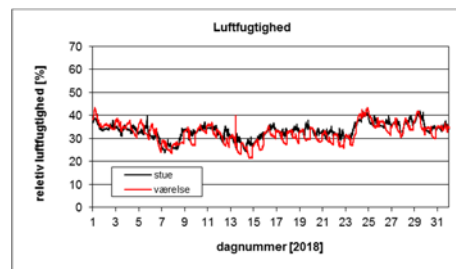
Oktober 2017



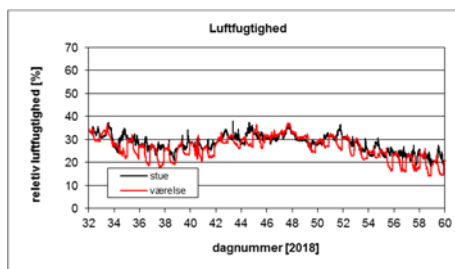
November 2017



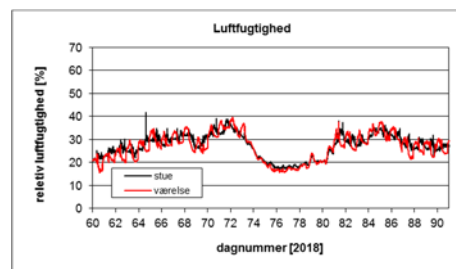
December 2017



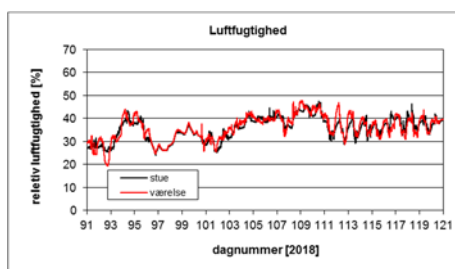
Januar 2018



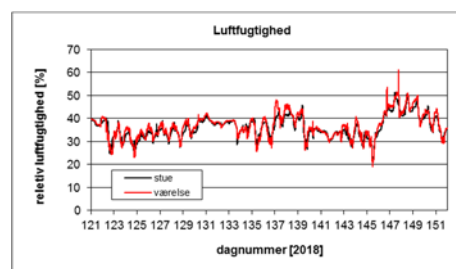
Februar 2018



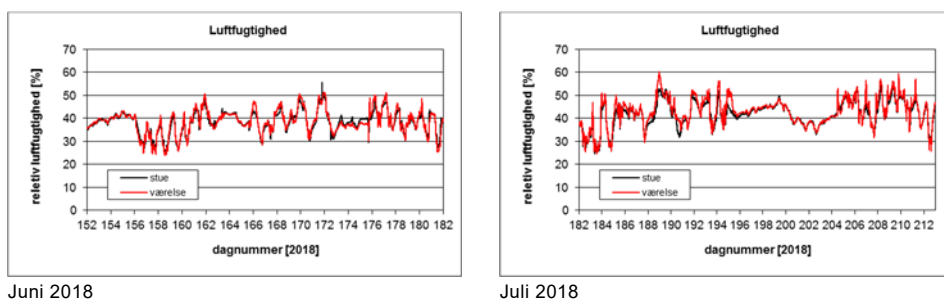
Marts 2018



April 2018

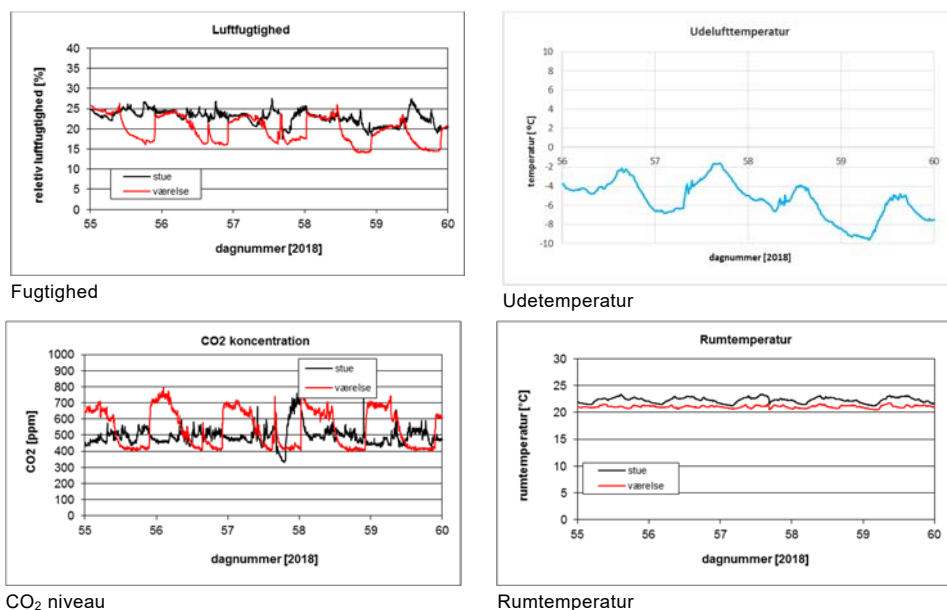


Maj 2018



Figur 6.17 Relativ fugt i stuen og soveværelset gennem 16 måneder i én af lejlighederne i BOLIG+. Dog ikke i den, som skiller sig ud.

Det betyder, at den middelmånedlige luftfugtighed befinder sig i komfortklasse II, mens femminutters værdierne (figur 6.17) ofte befinder sig i komfortklasse IV. Men dette fortæller ikke hele sandheden. I figur 6.18 er vist målinger fra de sidste fem dage af februar 2018. Som det ses af figur 6.18, forekommer den meget lave luftfugtighed i soveværelset om dagen, hvor der ingen befinder sig i værelset. Dette ses af, at CO_2 niveauet i soveværelset er ca. 400 ppm om dagen. Luftfugtigheden stier hurtigt, så snart, der kommer nogen ind i rummet (CO_2 niveauet stiger). Dette ses om aftenen/natten, hvor CO_2 niveauet stiger til ca. 700 ppm, men det sker også kortvarigt om dagen i to dage - dagnummer 56 og 57. Det lave fugtniveau må derfor skyldes den lave udetemperatur som medfører at udeluften når den varmes op er relativ tør, når den tilføres gennem ventilationsanlægget til rummet. Det kan ikke skyldes udluftning, da temperaturen i soveværelset er ret konstant.



Figur 6.18 Relativ fugt, CO_2 og temperatur i soveværelset og stuen de fem dage sidst i februar 2018 i én af lejlighederne i BOLIG+.

Hvis der ses bort fra den meget lave luftfugtighed i rum, når de ikke benyttes er luftfugtigheden for det meste i komfortklasse II og en gang i mellem i komfortklasse III, når det er koldt udenfor. Selvom den lave luftfugtighed af flere af beboerne (fx folk med kontaktlinser eller sart hud) opleves generende, er der ikke så meget at gøre ved det. En lavere rumtemperatur vil hjælpe på det, men det kan give termiske komfortproblemer. Nogle af beboerne har anskaffet sig en luftbefugter og i én anden lejlighed tørre de tøj på stativ i lejligheden i et forsøg på at mindske problemet med tør luft. Dette ledte dog ikke til en mærkbar forbedring af fugtniveauet

Ifølge spørgeskemaundersøgelsen oplever godt halvdelen af beboerne (57 %) dagligt at luften føles tør om vinteren. Det kan sandsynligvis tilskrives, at ventilationsniveauet i BOLIG+ er højere end i deres tidligere bolig, men det kan ikke udelukkes at der er irriterende stoffer i luften, som er afgasset fra nogle af de benyttede materialer eller fra beboernes aktiviteter, og som kan medføre en oplevelse af, at luften er tør.

6.3 CO₂ niveau i lejlighederne

En forøgelse af CO₂-niveauet i en bolig i forhold til CO₂-niveauet i udeluften skyldes primært tilstedeværelse af personer og/eller husdyr, sekundært afbrænding i form af fx stearinlys. Hvor højt CO₂-niveauet bliver, afhænger dels af antallet af CO₂-afgivere (typisk personer) og luftskiftet i boligen. Måling af CO₂ koncentrationen kan derfor sige noget om tilstedeværelse af personer, og om luftskifte er tilstrækkeligt i forhold til personbelastningen. Det giver derfor ikke mening - som ved undersøgelsen af temperatur- og fugtniveau - at undersøge middelmånedsværdier for CO₂-niveauet. I det følgende undersøges derfor kun femminutters værdierne målt med de to IC-Metre i hver lejlighed.

CO₂-niveauet i én af lejlighederne er allerede blevet diskuteret i det foregående afsnit (figur 6.15), hvor ventilationsniveauet var for lavt om vinteren. I det følgende sammenlignes én måned i fyringssæsonen (oktober 2017) med én måned i sommersæsonen (maj 2018) i figur 6.19 og figur 6.20. De to måneder er valgt, fordi de er repræsentative for de to sæsoner og er uden alt for mange udfald af måledata. Maj 2018 er yderligere valgt, fordi flere af beboerne har sommerhus, som de opholder sig meget i, men typisk først efter maj. IC-Meter målingerne i lejlighed 10 var fejlbehæftede fra og med maj 2018, så for denne lejlighed er i stedet vist målingerne fra maj 2017.

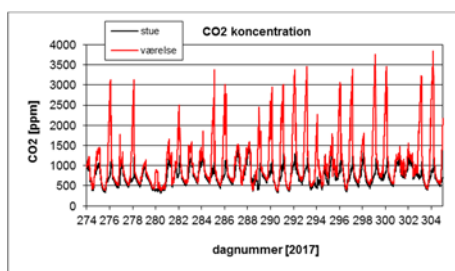
Lejlighederne i figur 6.19 og figur 6.20 er vist i tilfældig rækkefølge, dvs. ikke i en rækkefølge der kan korreleres med deres placering i bygningen. Lejligheden vist i figur 6.15 er lejlighed 1 i figur 6.19 og figur 6.20. Y-aksen varierer mellem de enkelte lejligheder for at kunne fremhæve karakteristika for de enkelte lejligheder, men y-aksen er identisk i figur 6.19 og figur 6.20 for den samme lejlighed.

Beboerne i lejlighed 1 og 10 er udearbejdende med et ret fast mønster for CO₂-niveauet. Læg mærke til, at det høje CO₂-niveau om natten i lejlighed 10 forsvinder om sommeren, hvor beboeren(e) begynder at åbne vinduerne. De fleste af de øvrige lejligheder har et mere kaotisk mønster for CO₂-niveau både sommer og vinter, som skyldes mere tilstedeværelse i lejlighederne i dagtimerne, da disse beboere er pensionister, musikere, eller der er hunde i lejligheden.

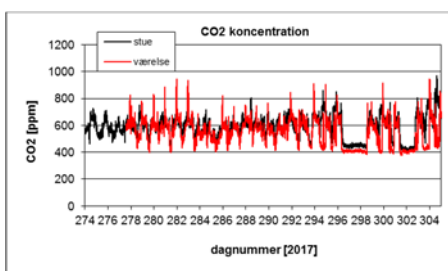
Beboergruppen i BOLIG+ er meget blandet med pensionister, udearbejdende (hvor de i en familie er musikere med et deraf nok anderledes brugsmønster af lejligheden), én børnefamilie, én studerende og en lejlighed med to hunde.

Med undtagelse af lejlighed 1 om vinteren holder CO₂ niveauet sig under 1000 ppm det meste af tiden, hvilket antyder, at ventilationen i lejlighederne er som projekteret. De adspurgte beboere svarer, at de ikke lukker døren til soveværelset helt til om natten. Dette er vigtigt, da det i (Jensen 2015b) er vist, at en lukket soveværelsesdør kan forøge CO₂ niveauet i soveværelset med omkring 30 % og dermed ofte bringe CO₂ niveauet ud i komfortklasse IV.

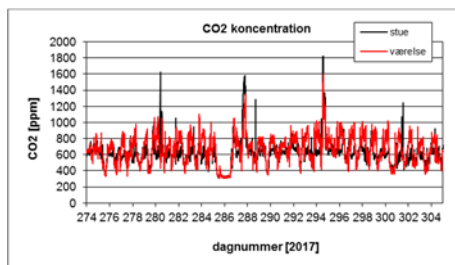
Der har været nogle klager over træk fra ventilationsanlæggene - se også beboernes svar fra spørgeskemaundersøgelsen i næste afsnit. Et par beboere klager over træk i soveværelset og en klager over træk et specifikt sted i stuen. Dette vil evt. kunne reduceres ved at ændre indstillingen af de aktuelle indblæsningsarmaturer.



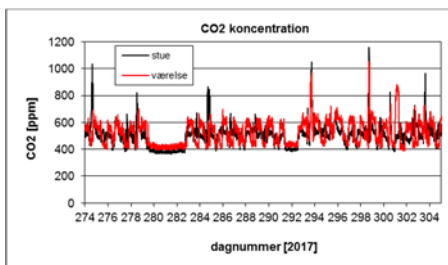
Lejlighed 1.



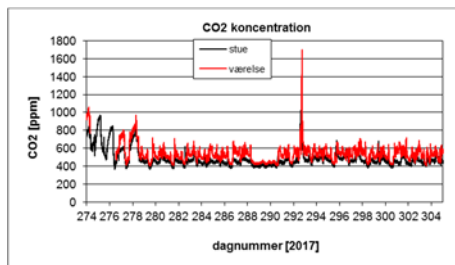
Lejlighed 2.



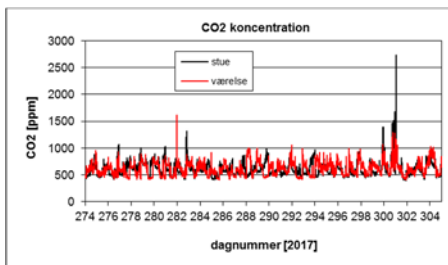
Lejlighed 3.



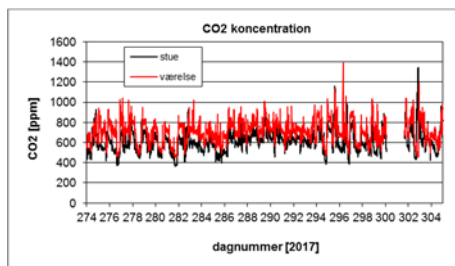
Lejlighed 4.



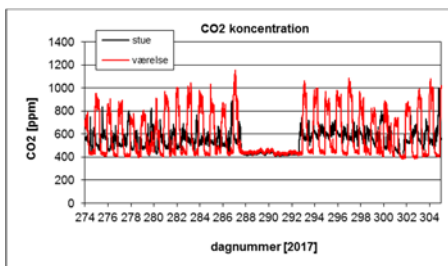
Lejlighed 4.



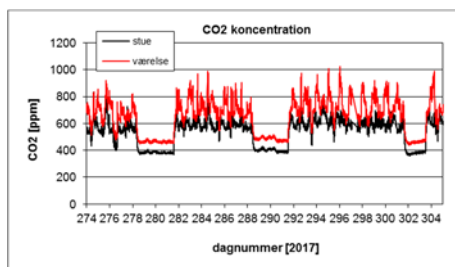
Lejlighed 6.



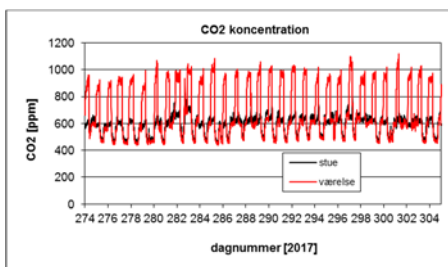
Lejlighed 7.



Lejlighed 8.



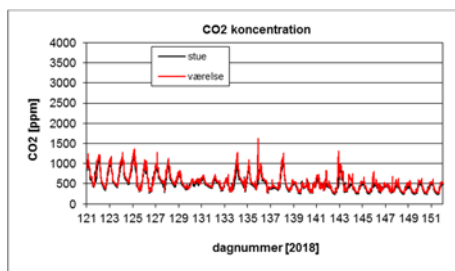
Lejlighed 9.



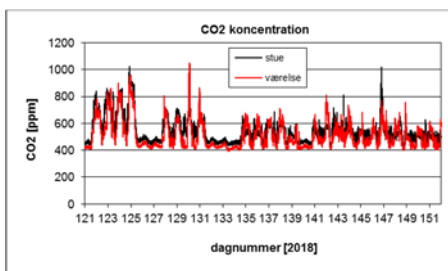
Lejlighed 10.

Figur 6.19 CO₂-niveau i soveværelset og stuen oktober 2017 i de 10 lejlighederne i BOLIG+. Rækkefølgen af lejlighederne er tilfældig.

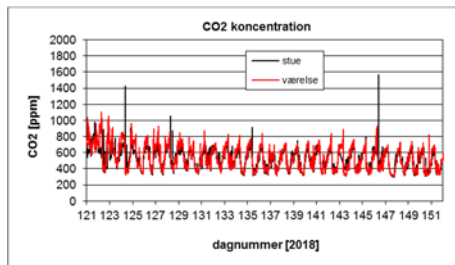
Bortset fra lejlighed 1 er der ikke meget forskel på CO₂ niveauet sommer og vinter, hvilket skyldes, at sommerdrift af ventilationsanlæggene ikke rigtigt blev benyttet. Åbning af vinduer om sommeren ville formodentlig kunne reducere CO₂ niveauet lidt. Men i lejlighed 2 er CO₂ niveauet faktisk lidt højere om sommeren end om vinteren, men stadig mest i komfortklasse II. Dog er CO₂ niveauet i lejlighed 2 sidst i maj 2018 lavere end i oktober 2017. Denne tendens fortsatte i juni 2018. Så det lidt højere CO₂ niveau i maj 2018 må skyldes specielle omstændigheder.



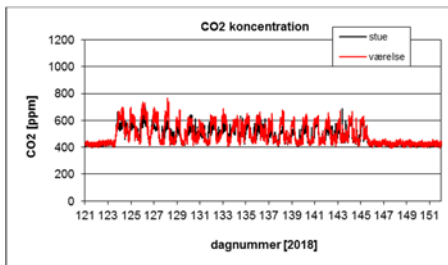
Lejlighed 1.



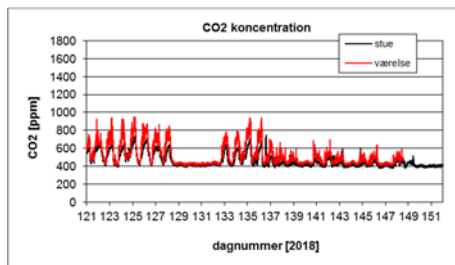
Lejlighed 2.



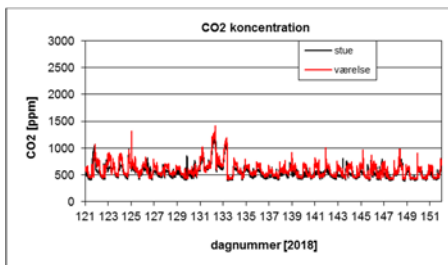
Lejlighed 3.



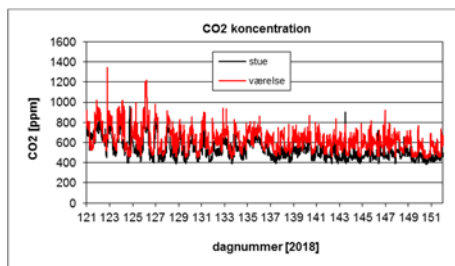
Lejlighed 4.



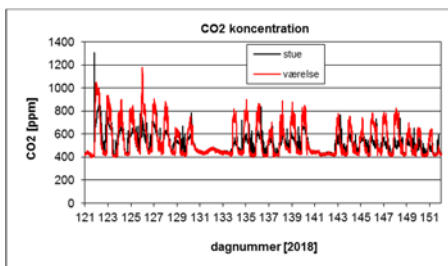
Lejlighed 4.



Lejlighed 6.



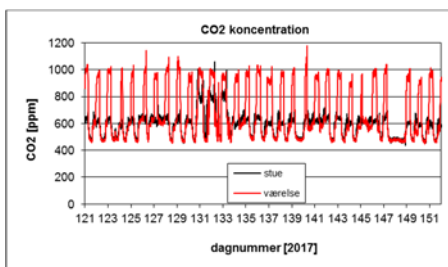
Lejlighed 7.



Lejlighed 8.

Der findes desværre ingen målinger efter januar 2018. Og målinger for sommeren 2017 er heller ikke brugbare, da kun IC-Metret i stuen var i funktion, og det var en anden lejer end i oktober 2017.

Lejlighed 9.



Lejlighed 10. 2017.

Figur 6.20 CO₂-niveau i soveværelset og stuen maj 2018 i de 10 lejlighederne i BOLIG+. Rækkefølgen af lejlighederne er den samme som i figur 6.19.

Da der bortset fra lejlighed 1 ikke er den store forskel i CO₂ niveauet mellem sommer og vinter, må det konkluderes, at den ønskede, øgede ventilation om sommeren som følge af åbning af vinduer for at holde rumtemperaturen nede ikke er opnået.

6.4 Dagslys

Dagslysforholdene i bygningen er ikke målt, men den transparente del af vinduerne udgør mellem 10 og 36 % af gulvarealet. I henhold til Bygningsreglement 2018, § 379 stk. 2 anses et rum i en bolig for, at have tilstrækkelig adgang til dagslys, hvis glasarealet udgør mindst 10 % af gulvarealet. Dette tal skal dog reduceres for eksterne skygger. Men de to rum som har en glasandel på 10 % af gulvarealt er beliggende på 3. og 4. etage, og der er derfor ikke behov for denne reduktion. I alle de øvrige rum er der et stort overskud af glas i forhold til gulvareal, så selv med en betydelig reduktion vil adgangen til dagslys ikke være kompromitteret i forhold til kravet i Bygningsreglement 2018.

Spørgeskemaundersøgelsen i næste kapitel viser generel tilfredshed med dagslysforholdene i bygningen. Specielt stuerne har gode dagslysforhold, fordi de bortset fra 1. mf og 2. mf får dagslys fra to eller tre sider, som det ses af figur 3.4 og figur 3.5. Figur 3.7 viser dagslysforholdene i stuen i 3. tv med dagslys fra to sider. Værelse 2 (figur 3.4 og figur 3.5) i alle gavllejlighederne har dagslys fra to sider. Værelse 1 i samtlige lejligheder har kun dagslys fra en side placeret i den ene side af facaden, hvilket giver lidt ringere dagslysforhold.

6.5 Konklusion - indeklima

Temperaturen i bygningen har generelt være højere end projekteret, både sommer og vinter. Om vinteren skyldes det beboernes valg af indstilling for radiatorerne. I løbet af sommeren 2018 er der registreret indetemperaturer over 30 °C, men dette er ikke specielt for BOLIG+, idet denne sommer har været ekstremt varm i en meget lang periode. Hvis man vurderer indetemperaturen i forhold til en rullende middel udetemperatur, er der i de to somre 2017 og 2018 seks af de 20 målte rum som kan siges at have haft reelle overhedningsproblemer, dvs. temperaturer højere end komfortklasse II. Men da et af BOLIG+ dogmerne var et godt indeklima, er overophedning i 6 rum for meget. Dog er 4 af de hårdest belastede rum placeret i opgangens venstre side, som modtager meget sol om morgenen. Overophedning i disse rum kunne formodentlig have været afhjulpet med udvendig solafskærmning, da muligheden for naturlig ventilation ikke formåede at nedbringe rumtemperaturen til strækkeligt.

Middel fugtniveauet i lejlighederne har holdt sig inden for komfortklasse II i hele måleperioden. Nogle beboere har dog problemer med for lav fugtighed om vinteren. Dette er dog et kendt problem, som opstår, når en bolig er ventileret i henhold til bygningsreglementets krav om ventilation.

I alle lejligheder kommer CO₂ niveauet kortvarigt over 1000 ppm i soverummet om natten. I nogle lejligheder sker dette hyppigere, men CO₂ niveauet overstiger sjældent 1200 ppm. I en enkelt lejlighed blev der målt CO₂ niveauer op til 3500 ppm om vinteren, hvilket skyldtes at, ventilationsanlægget altid var sat til "sommerdrift". I de øvrige lejligheder er der ikke den store forskel på CO₂ niveauerne mellem sommer og vinter, bl.a. fordi ventilationsanlægget her typisk stod til "vinterdrift" hele året. Ud fra de målte CO₂ niveauer vurderes det, at lejlighederne har en tilstrækkelig ventilation, hvis anlæggene benyttes korrekt. Muligheden for naturlig ventilation er dog enten utilstrækkelig eller ikke udnyttet optimalt for at nedbringe rumtemperaturen om sommeren.

Dagslysforholdene i vurderes at være tilstrækkelige, idet den transparente del af vinduerne udgør mellem 10 og 36 % af rummenes gulvareal. Dagslysniveauet anses jf Bygningsreglementet for tilstrækkeligt, hvis glasarealet udgør mindst 10 % af gulvarealet.

SPØRGESKEMA- UNDERSØGELSE

7 SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE

For at vurdere beboernes oplevelse og tilfredshed med at bo i BOLIG+, blev der gennemført en spørgeskemaundersøgelse med en lang række spørgsmål. Alle spørgsmål og de tilhørende svar fremgår af appendiks. I dette afsnit beskrives den anvendte metode og der fokuseres på udvalgte resultater.

7.1 Metode

Med udgangspunkt i et tidligere anvendt spørgeskema (Knudsen and Kragh 2014) blev der udarbejdet et spørgeskema til beboerne i BOLIG+. Spørgeskemaet indledes med en kort introduktion og vejledning i hvordan man udfylder spørgeskemaet, efterfulgt af spørgsmål der omhandler boligen, varmekonsum og den tidligere bolig. Kernen i spørgeskemaet er en lang række spørgsmål om det oplevede indeklima, inddelt i de fire områder: temperaturforhold, luftkvalitet, støjforhold og dagslysforhold. Der er desuden en række spørgsmål om udluftningsvaner, justeringsmuligheder, og endelig er der en lang række spørgsmål i relation til de forskellige tekniske installationer.

Spørgsmålene om det oplevede indeklima er udformet med henblik på at afdække 1) hvilke indeklimaproblemer beboerne oplever, 2) hvor tilfredse de er med indeklimaet og 3) hvordan de oplever indeklimaet i forhold til deres tidligere bolig. Af spørgetekniske årsager, så stilles der først specifikke spørgsmål til hvert af de fire områder: temperaturforhold, luftkvalitet, støjforhold og dagslysforhold. Dette for at hjælpe med at definere for beboerne, hvad der skal forstås ved den bredere betegnelse indeklima, som der derefter stilles spørgsmål om.

Spørgeskemaet blev besvaret i perioden 24. april til 9. maj 2018, efter at beboerne havde modtaget en mail med et link til spørgeskemaet. Alle voksne beboere, i alt 14 personer, hvis mail adresse var tilgængelig modtog en mail med en invitation til at deltage i undersøgelsen. Der blev derved indsamlet besvarelser fra alle 10 boliger, med 2 besvarelser fra fire af boligerne. På nær én person har alle svaret på alle spørgsmål. Den høje svarprocent skyldes, at beboerne i forbindelse med indgåelse af købskontrakten på deres bolig havde lovet at besvare en kommende spørgeskemaundersøgelse.

Spørgeskemaet blev udarbejdet direkte i det internetbaserede spørgeskemaprogram SurveyXact⁴.

7.2 Resultater

Fjorten voksne beboere fra de ti lejligheder i BOLIG+ svarede på en lang række spørgsmål i relation til deres erfaringer med at bo i BOLIG+.

Alle beboerne har boet i BOLIG+ gennem hele vinteren 2017-2018 og 12 ud af de 14 har boet i BOLIG+ gennem hele sommeren 2017, mens de sidste 2 flyttede ind 1. august 2017. På nær én beboer, der kommer fra Aarhus, så kommer alle beboerne fra hovedstadsområdet. De kom for halvdelen (7 personer) vedkomne fra en lejlighed bygget før 1980, 4 kom

⁴ Udviklet af Rambøll Management Consulting (www.surveyxact.dk).

fra parcelhus bygget før 1980, 1 fra parcelhus bygget efter 1980 og 2 fra lejlighed bygget efter 1980.

Det der betød mest for beboerne, for deres valg af at bo i BOLIG+ var at boligen var indflytningsklar (79 %), boligens energiforbrug (71 %), miljøhensyn (57 %), boligens indretning (50 %). Først på femtepladsen kommer boligens beliggenhed (36 %) og indeklima (21 %) deler sjettepladsen med fire andre forhold.

Overordnet set har de fleste beboere haft en positiv oplevelse af at flytte ind i og bo i deres nye bolig. Det ses af, at 79 % af beboerne kan anbefale andre at bo i en BOLIG+ bolig. Som begrundelser (ud fra beboernes uddybende kommentarer) nævner én beboer lave varmeudgifter, én nævner behageligt indeklima, fin beliggenhed og godt naboskab. Én nævner at det er dejligt at bo i nyt byggeri, men at han eller hun har haft problemer med tør luft om vinteren. I lighed med tidligere undersøgelser i lavenergiboliger angav to beboere, at de oplever at boligen er varm om sommeren, hvorfor de efterspørger mulighed for at køle. Én beboer nævner udfordringer med gulvvarmen.

Én beboer har oplevet, at varmemeforbruget er som forventet inden de flyttede ind, mens hele 11 beboere har oplevet, at deres varmemeforbrug er lavere end forventet. To beboere oplever at varmemeforbruget er højere end forventet.

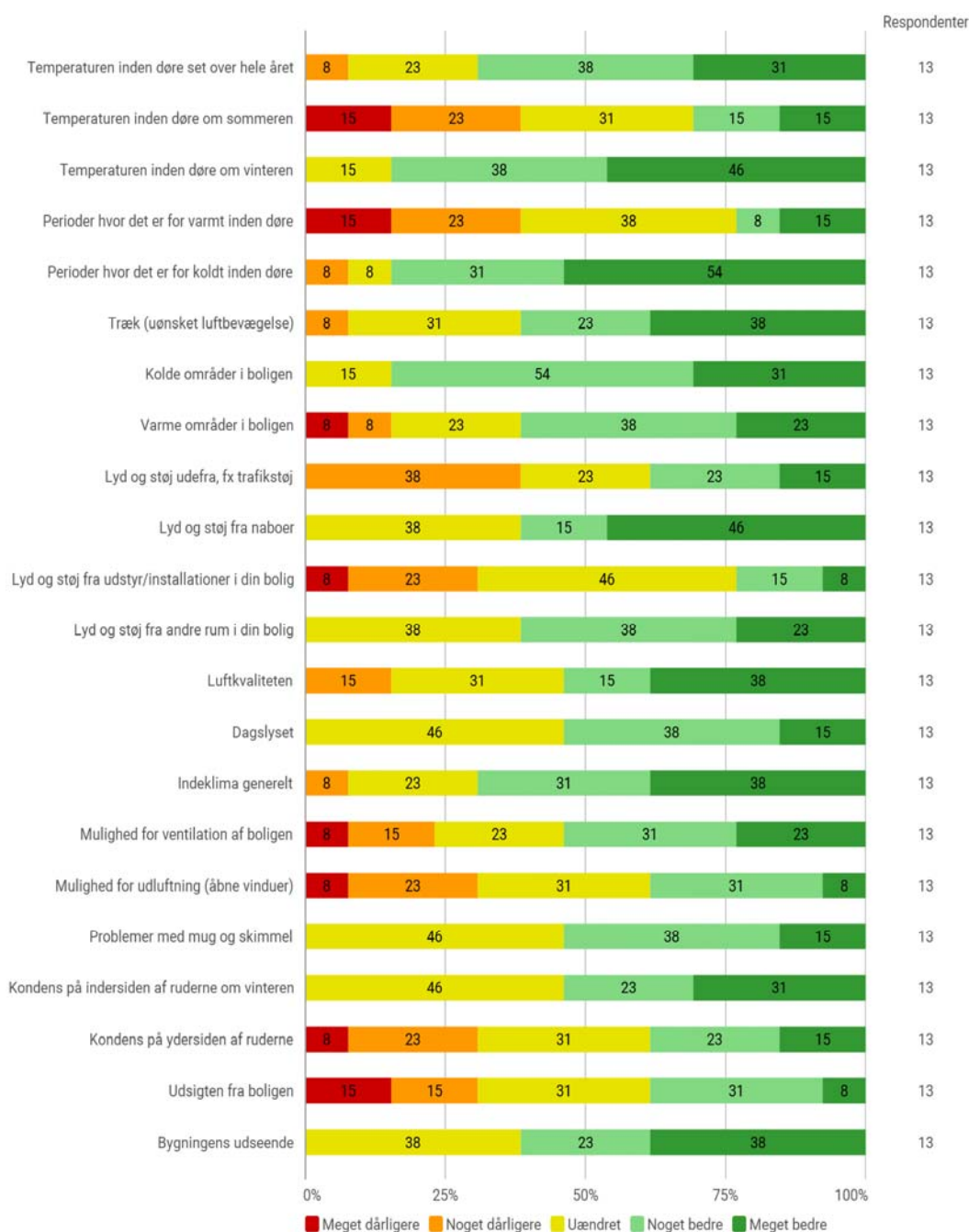
7.2.1 Oplevet indeklima

Der blev stillet en lang række forskellige spørgsmål i relation til hvert af de fire områder: temperaturforhold, støjforhold, luftkvalitet og dagslysforhold. I dette afsnit fremhæves de vigtigste resultater, i forhold til hvordan beboerne har oplevet deres indeklima. For yderligere detaljer, henvises til appendiks.

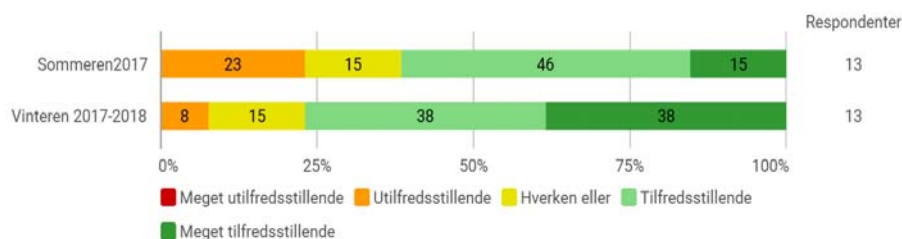
Beboerne blev stillet over for 22 forhold, hvoraf 18 omhandlende indeklima, og blev bedt om at vurdere, om de forskellige forhold var bedre eller dårligere i BOLIG+ boligen sammenlignet med forholdene i deres tidligere bolig. Sammenligningen med beboernes tidligere bolig blev foretaget i et forsøg på at sammenligne BOLIG+, som er meget teknisk og med stor fokus på at opnå et lavt energiforbrug, med deres mere "normale" tidligere bolig. Figur 7.1 viser en generel tendens til, at flere beboere oplever, at forholdene er bedre (grønt), end der er beboere, der oplever, at forholdene er blevet dårligere (rødt/orange) i forhold til deres tidligere bolig.

69 % af beboerne tilkendegiver, at de oplever at indeklimaet generelt er bedre i BOLIG+ når de sammenligner med deres tidligere bolig. Alt taget i betragtning, så oplever de fleste beboere, at indeklimaet er tilfredsstillende sommer og vinter, kun et mindretal, 3 personer (23 %) om sommeren og 1 person (8 %) om vinteren ud af 13 personer, oplever, at indeklimaet er utilfredsstillende (figur 7.2).

Med dette som udgangspunkt, så beskrives i det følgende beboernes oplevede indeklima i forhold til de fire områder: temperaturforhold, støjforhold, luftkvalitet og dagslysforhold. Det gøres ud fra svarene fra de øvrige mere specifikke indeklimaspørgsmål og beboernes egne kommentarer, for at nuancere deres oplevelser bedst muligt (for alle svar og kommentarer henvises til appendiks).



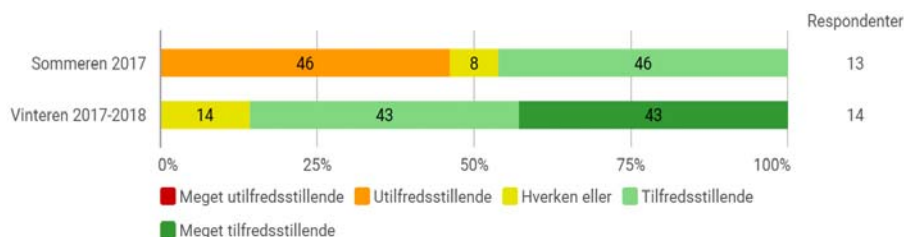
Figur 7.1 Beboernes svar på spørgsmålet "Når du sammenligner din nuværende bolig med din tidligere bolig, i hvilken grad er følgende forhold så blevet dårligere eller bedre? Dårligere er vist med rødt/orange og bedre er vist med grønt.



Figur 7.2 Beboernes svar på spørgsmålet "Alt taget i betragtning - hvordan vil du så vurdere indeklimaet i din bolig?"

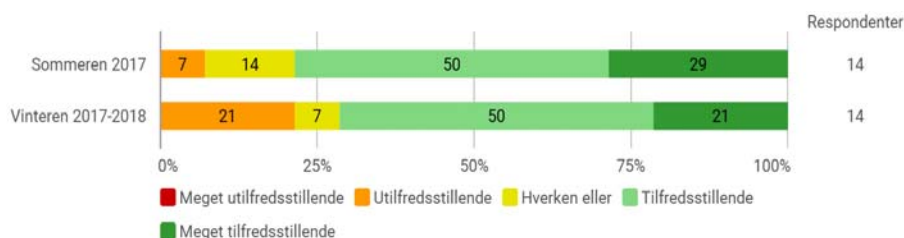
Temperaturforholdene i BOLIG+ boligen set over hele året opleves af de fleste som bedre end i deres tidligere bolig. Det dækker over at beboerne oplever, at det er for varmt om sommeren, og at kun nogle få oplever, at det er for koldt om vinteren. Temperaturen blev både

oplevet som værende højere om sommeren 2017 (71 %) og om vinteren 2017-2018 (79 %). I beboernes kommentarer, er det gennemgående emne da også, at det er varmt om sommeren, men som nogen nævner, så var det også tilfældet i deres tidligere bolig. Stort set ingen oplever problemer med for varierende temperatur. Dette betyder samlet set, at lige mange (46 %) finder at temperaturforholdene er utilfredsstillende eller tilfredsstillende om sommeren, mens hele 86 % finder at temperaturforholdene er tilfredsstillende om vinteren (figur 7.3).



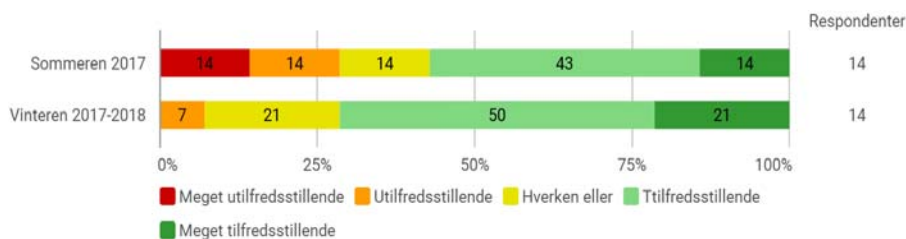
Figur 7.3 Beboernes svar på spørgsmålet "Hvordan oplevede du temperaturforholdene i din bolig?"

De fleste beboere oplever ikke problemer med træk, og problemet er mindre udbredt i BOLIG+ boligen end i deres tidligere bolig. Det medfører, at de fleste, 71 % om vinteren og 79 % om sommeren, finder trækforholdene tilfredsstillende (figur 7.4). I beboernes kommentarer, fremhæver flere dog, at de oplever træk og kold luft i forbindelse med indblæsningsventiler i stue og soveværelse.



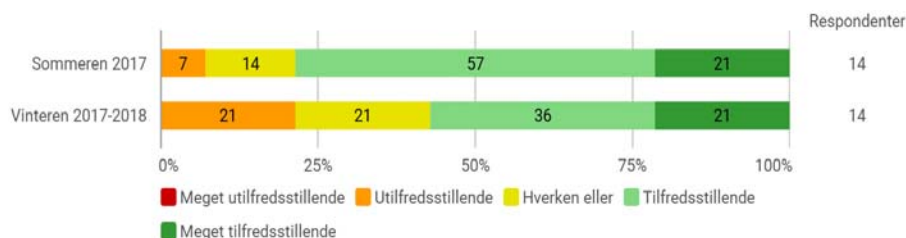
Figur 7.4. Beboernes svar på spørgsmålet "Hvordan oplevede du trækforholdene i din bolig?"

Støj har givet anledning til en række konkrete kommentarer fra beboerne. Her fremhæver de støj fra trykforøger (til vandforsyningen), støj fra trafikken (specielt når vinduer er åbne), støj fra ventilationsanlæg og musik hos nabo. I forhold til beboernes tidligere bolig, så oplever 62 % at støjniveauet i BOLIG+ er bedre end i deres tidligere bolig. Det dækker over at 31 % af beboerne oplever at lyd og støj fra udstyr/installationer er dårligere i BOLIG+ end i deres tidligere bolig. Hvad lyd og støj udefra angår, så oplever lige mange, at det er enten dårligere eller bedre i BOLIG+ i forhold til deres tidligere bolig, men dette forhold afhænger naturligvis af, hvor beboerne har boet tidligere. Halvdelen af beboerne oplever aldrig støj fra naboerne. 61 % oplever at lyd og støj fra naboer eller lyd og støj fra rum i egen bolig er bedre i BOLIG+, og ingen oplever, at det er blevet dårligere. 71 % oplever aldrig problemer med støj eller lyd, fx tale, der overføres mellem rum via ventilationskanal. Det betyder samlet set, at de fleste, 71 % om vinteren og 57 % om sommeren, finder at støjforholdene er tilfredsstillende (figur 7.5).



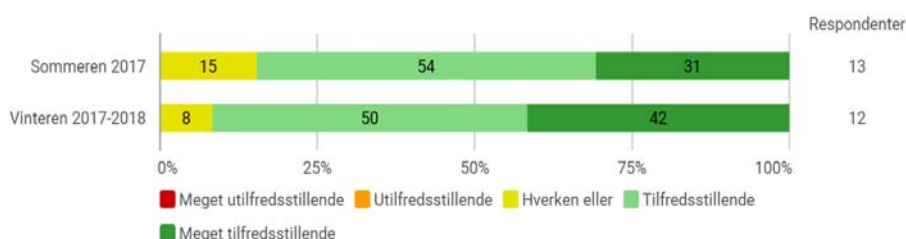
Figur 7.5 Beboernes svar på spørgsmålet "Hvordan oplevede du støjforholdene i din bolig?"

Luftkvaliteten opleves som værende bedre af lige over halvdelen af beboerne og dårligere af omkring 20 % af beboerne. Over halvdelen af beboerne oplever aldrig problemer med ubehagelig lugt, eller at luften føles indelukket. Cirka en tredjedel af beboerne oplever månedligt ubehagelig lugt eller at luften føles indelukket. Godt halvdelen (57 %) af beboerne oplever dagligt problemer med, at luften føles tør om vinteren, mens det tilsvarende antal aldrig oplever problemet om sommeren. I beboernes kommentarer, fremhæver nogle, at de generes af tør luft om vinteren, og at det har medført, at de har anskaffet en luftbefugter. Nogen oplever, at emhætten i køkkenet ikke suger tilstrækkelig. Samlet set oplevede de fleste af beboerne, 57 % om vinteren og 78 % om sommeren, at luftkvaliteten var tilfredsstillende (figur 7.6).



Figur 7.6 Beboernes svar på spørgsmålet "Hvordan oplevede du luftkvaliteten i din bolig?"

Dagslysforholdene i BOLIG+ opleves af lige over halvdelen af beboerne at være bedre end dagslysforholdene i deres tidligere bolig. Stort set alle beboere oplever aldrig problemer med for meget eller for lidt dagslys, blænding fra sol og himmel eller blænding fra blanke overflader på bygningen selv. Det betyder, at dagslysforholdene er det af de fire områder: temperaturforhold, støjforhold, luftkvalitet og dagslysforhold, som de fleste, 92 % om vinteren og 85 % om sommeren, finder tilfredsstillende (figur 7.7).



Figur 7.7 Beboernes svar på spørgsmålet "Hvordan oplevede du dagslysforholdene i din bolig?"

7.2.2 Beboervaner

Adfærd i forhold til at betjene vinduer og altandør

Hovedparten af beboerne (85 %) åbner af og til vinduerne direkte til det fri kortvarigt om dagen om vinteren. De resterende fordeler sig ligeligt mellem aldrig at åbne vinduerne til det fri om vinteren og af-og-til at have vinduerne stående åbne til det fri i længere tid. Om vinteren

åbner 69 % af beboerne aldrig vinduerne natten. De resterende fordeles ligeligt mellem at have vinduet åbent til det fri af-og-til kortvarigt eller i længere tid.

I dagtimerne om vinteren åbner 54 % af beboerne af-og-til altandøren kortvarigt, og 38 % åbner den aldrig. De resterende 8 % åbner af-og-til altandøren i længere tid. Om natten i vinterperioden åbner 85 % af beboerne aldrig altandøren, hvorimod de resterende 15 % af-og-til åbner den kortvarigt.

Beboernes egen beskrivelse af hvorfor de åbner vinduer og altandør:

- For madlugt og om morgenen i soveværelse. Ellers føles det indelukket.
- Jeg synes, jeg trænger til "frisk" luft udefra (i stedet for via ventilationsanlægget), men det er kun kortvarigt om vinteren, da I jo siger, at ventilationsanlægget skal kunne klare det. Jeg føler dog stadig, at det er "skønt" med bare lidt frisk luft udefra hurtigt.
- Hvis vi har skruet for højt op for varmen og skal have temperaturen hurtigt ned og lidt af gammel vane med, at der skal luftes ud.
- Som sagt kan stegeos hænge længe.

Soveværelse og sovevaner

En tredjedel af beboerne oplever at luftkvaliteten i soverummet er frisk i begyndelsen, men tung om morgenen. 23 % af beboerne oplever, at luften er frisk hele natten og 15 % oplever at luften er indelukket om aftenen og tung om morgenen, eller de tænker ikke nærmere over det.

Adspurgte om hvad beboerne selv gør om vinteren for at sikre en god luftkvalitet om natten, så svarer godt en tredjedel, at de ikke gør noget, for de flestes vedkommende fordi de mener at ventilationsanlægget giver god luftkvalitet. Knap en tredjedel lufte ud inden sengetid og 15 % sover med åbent vindue. Herudover nævner beboerne følgende:

- Jeg har døren åben til stuen
- Sover med åben dør til soveværelse
- Åben dør til stue.

Adspurgte om hvad beboerne selv gør om sommeren for at sikre en god luftkvalitet om natten, så svarer godt halvdelen, at de sover med åbent vindue. Herudover nævner beboerne følgende:

- Åbner døren til stuen
- Vinduet er kun på mindste åbning gr. trafikstøj
- Det er bedst med åbent vindue, ventilationsanlægget klarer ikke varmen helt - men det giver selvfølgelig støj udefra
- Sover med åbent vindue eller altandør på klem.

Oplevelse af muligheder for at justere indeklimaet, og om det benyttes

Langt de fleste beboere (92 %) oplever at de har mulighed for at justere rumtemperaturen, og alle som har denne oplevelse benytter sig heraf.

Hovedparten af beboerne (77 %) oplever, at der er mulighed for at justere ventilationen, men kun 62 % benytter sig af denne mulighed.

Lige som for rumtemperaturen oplever langt de fleste beboere (92 %), at der er mulighed for at justere udluftningen, og de samme 92 % benytter sig heraf.

Med hensyn til beboernes oplevelse af deres mulighed for at justere solindfaldet, så angiver 69 % at de har mulighed for at justere, mens 77 % angiver, at de faktisk benytter sig af muligheden for at justere solindfaldet.

Beboerne uddyber med følgende kommentarer:

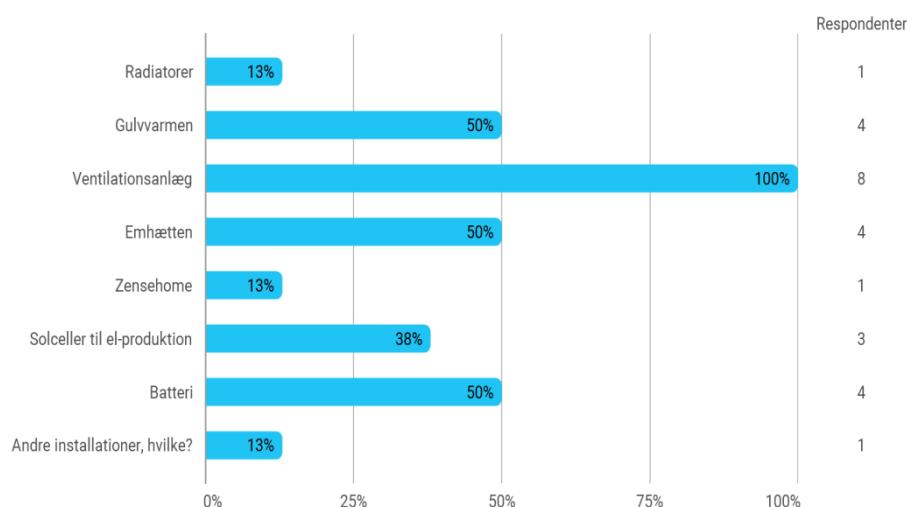
- Solindfald: Manglende afskærmningsløsning på altan
- Da lejlighederne midtfor kun har vinduer til én side vanskeliggør det udluftning, og ventilationen køre altid i "vintermode".

- Har lavt energiforbrug, men det giver som sagt også nogle klimatiske problemer.
- Rumtemperaturen justeres via termostat.
- Kunne godt tænke mig at have mulighed for at nedsætte ventilationen visse steder i boligen (soveværelse og stue)
- Mangler generelt et kursus i justerings/programmeringsmuligheder af anlægget.

7.2.3 Tekniske installationer

I dette afsnit beskrives de vigtigste resultater i forhold til de tekniske installationer. For yderligere detaljer, henvises til de respektive afsnit tidligere i rapporten og beboernes svar på alle spørgsmål i *appendiks*.

Adspurgte om beboerne finder, at de har modtaget tilstrækkelig information om de tekniske installationer i lejlighederne og i ejendommen, svarer 64 % (8 personer), at de mangler information. Specifikt angiver de, at de mangler information for de enkelte tekniske installationer som angivet i figur 7.8.



Figur 7.8 Beboernes svar på spørgsmålet "Hvilke af følgende installationer mangler I information om?"

Cirka halvdelen af beboerne har oplevet mindre problemer med de tekniske installationer både i vinteren 2017/2018 og i sommeren 2017. Desuden har 23 % oplevet større problemer med de tekniske installationer i hele perioden. Beboerne nævner med egne ord følgende problemer:

- Ja vi har haft et strøm problem, hvor jeg havde en elektriker ude for at tjekke el-tavlen.
- Lyden fra pumpen.
- Elektriker arbejde
- Emhætten "suger" ikke noget ud. Kunne godt tænke mig, at der havde været en slags "turbo-knap". Man kan nærmest ikke stege 4 bøffer på én gang, uden at røgalarmen sætter i gang.
- Holde temperaturen nede med ventilationsanlægget sommer og efterår.
Meget lav luftfugtighed i vintermånederne
Utilstrækkelig udsugning i forbindelse med madlavning (Turbosug)
Problem er med drift af lift. flere stop, heraf et på mere end en uge. Ifølge reparatør, som følger af fejlmontering.
- Har haft svært ved at kode ventilationsanlægget.
- Der var problem med ventilationen, der ikke skulle slås fra og noget med gulvvarmen.
- Defekt føler i anlægget, som krævede en del korrespondance frem og tilbage, førend vi fik tekniker besøg, som fandt og udbedrede den følerfejl, som jeg havde hævdet hele tiden, var der

- Problemer med liften manglende driftssikkerhed. Knagende lyde fra døren. Standser ofte under eller over gulvhøjde.

7.2.4 zensehome systemet

zensehome systemet til styring og registrering af elforbrug fra alle el-udtag er relativt nyt, og der har derfor været et ønske om at vurdere beboernes brug af systemet med en række spørgsmål.

Blandt beboerne har 62 % ændret standardopsætningen af zensehome systemet, så der passer bedre til deres brug af lejligheden. Desuden er der en del beboere, som benytter sig af muligheden for dæmpning af lyset via den indbyggede funktionalitet, herunder opsætning af tidsskemaer for varierende lyssætning. Endelig er en del beboere glade for muligheden for at samle udtag i grupper for fælles tænd/sluk.

Som en del af de energibesparende foranstaltninger i lejlighederne er der installeret en "sluk alt" knap, som kan bruges til at forhindre unødvendigt standby forbrug. Det viser sig dog, at næsten halvdelen af beboerne (46 %) aldrig benytter sig af denne mulighed. Blandt de resterende benytter 31 % ofte funktionen, 15 % en gang imellem, og de resterende 8 % (en person) kendte ikke til muligheden.

7.2.5 Luften i din bolig

Lejlighederne er udstyret med hybrid ventilation (mekanisk ventilation om vinteren og naturlig ventilation om sommeren). Beboernes brug af systemet og deres skift mellem de to driftstilstande er derfor blevet undersøgt. 54 % af beboerne tilkendegiver, at de skifter mellem vinter- og sommerdrift. En mindre del af beboerne (8 %) glemmer at skifte, og 38 % lader den mekaniske ventilation køre både sommer og vinter, fordi de godt kan lide at have ventilation om sommeren uden at behøve at åbne vinduerne.

Adspurgte om beboerne benytter vinduerne til udluftning af boligen, svarer 15 % at de laver gennemtræk 2-3 gange dagligt. Efter søvn og madlavning benytter 31 % vinduerne til udluftning, og 15 % angiver at de kun sjældent benytter vinduerne til udluftning. Yderligere angiver de resterende 38 % af beboerne en anden brug af vinduerne:

- Jeg åbner vinduerne for at hjælpe med til at ventilere, når det er varmt om sommeren, da vi ikke har mekanisk køling i ventilationen.
- Ved madlavning og som køling/total udluftning.
- Jeg lufter ud, når det er tiltrængt.
- Udluftning i varme måneder via vinduerne.
- Om sommertid står vindue altid på klem.
- Jeg åbner alle vinduer, men skal åbne døren til opgangen og lave gennemtræk den vej.

Sammenlignet med deres tidligere bolig, vurderer beboerne muligheden for ventilation af boligen som værende bedre af 54 % af beboerne og dårligere af 23 %, mens muligheden for udluftning ved at åbne vinduer opleves som værende bedre af 39 % af beboerne og dårligere af 31 %.

7.2.6 Eget energiforbrug og elproduktion med solceller

Det er muligt for beboerne at orientere sig om eget energiforbrug og produktionen af elektricitet på ejendommen via en mobiltelefon app eller en website.

Adspurgte om beboerne orienterer sig om dette via en af mulighederne fordeler svarene sig næsten ligeligt mellem dem, som følger forbrug og produktion (54 %), og dem som ikke gør det (46 %). Blandt dem som svarer, at de følger med, svarer 57 %, at det er fordi, der er tale om spændende viden. De resterende fordeler sig ligeligt imellem "det er information som jeg kan handle på", "tjekker om systemet virker som lovet", og "sørger for at bruge solcellernes energi i dagslys, dvs. til vask m.m." Blandt de beboere, som ikke orienterer sig om

forbrug og produktion, svarer 40 %, at de ikke er interesserede i denne information. De resterende fordeler sig ligeligt mellem "har ikke hørt om muligheden før"; "har ikke modtaget/kan ikke huske login", og "kan ikke længere hente oplysningerne på app'en".

7.2.7 Strømforbrug

Bygningen er udstyret med solceller og et batteri for at sikre så stort et eget forbrug af den producerede elektricitet inden for måleren som muligt. Derfor blev beboerne spurgt, om de havde en særlig strategi for at opnå dette, specielt med hensyn til elforbrug midt på dagen, når produktionen er størst. Til dette svarede 85 %, at de har en sådan strategi, og det uddybes:

- Benytter så vidt muligt opvaske/vaskemaskine og tørretumbler i dagtimer.
- Prøver at bruge mest strøm til hårde hvidevarer, når solen skinner.
- Hvis det passer ind bruger jeg gerne timer etc. Men det er ikke noget, som har prioritet i forhold til, hvad der ellers passer ind i hverdagen/er bekvemt.
- Vasker altid, når det er sol, bruger meget grøn strøm.
- Bruger så vidt muligt maskinerne om dagen.
- Er ofte hjemme om dagen og benytter mig oftest her af mulighed for at klare opvask/vask/madlavning.
- Jeg forsøger at bruge de store maskiner midt på dagen, så ofte jeg kan, så jeg kan undgå det om aften.
- Som pensionist vasker/tørre vi på hverdage, når der er sol, og flertallet er på arbejde.
- Bruger så vidt muligt maskinerne, når solen skinner.

De resterende beboere har ikke denne mulighed, da de går på arbejde i dagtimerne.

7.2.8 Altan

Beboernes brug af altanen og hvor meget døren til altanen står åben er undersøgt.

Om sommeren lader de fleste (85 %) døren til altanen stå åben dagligt, mens to tredjedele aldrig lader døren stå åben om vinteren.

Beboerne fremhæver de største fordele ved altanen:

- Om vinteren benytter jeg den som et ekstra køleskab til fx grøntsager.
- Kan benyttes fra tidligt forår til efterår (lang sæson).
- At man har et ekstra "rum" om sommeren.
- Ekstra plads om sommeren, og som ekstra køleskab om vinteren
- Den er rar nok at have.
- Sol og varme om sommeren - køleskab om vinteren.
- Skønt, at den vender mod sydvest, stole og puder kan stå ude, da den er overdækket, vinduer kan slås fra, så man kan få sol, føler man er udenfor. Kan ikke undværes om sommeren.
- At altanen er aflukket.
- Dejligt, den er overdækket.
- At man kan opholde sig der - at man kan være lidt ude og indenom samme tid også i regnvejr.
- Dejlig at have om sommeren.
- At den er lukket.

Beboerne fremhæver de største ulemper ved altanen:

- Altanen virker ikke helt stabil, måske på grund af den asymmetriske form.
- Søborg Hovedgade er meget blæsende, og det kan nemt trække meget hvis man åbner vinduerne.

- Det er udformningen af altanen.
- Der bliver meget varmt om sommeren.
- Trafikstøjen tager en del af glæden ved altanen. Hvis man skal bruge den om eftermiddagen, når der er sol på, er der som regel for meget støj fra vejen til, at det rigtig er fornøjeligt.
- Der er ingen.
- Altanen kunne godt have været lidt større, når man nu laver sådan et flot byggeri.
- En skandale, at man ikke kan komme til at pudse det ene vindue, da ruderne "skygger" for hinanden.
- Ikke ulemper.
- Lidt lille
- Brystningerne under glasset måtte godt have været lavere, så man fik mere sol på kroppen.

7.2.9 Brugervenlighed

Ideen bag BOLIG+ har bl.a. været at gøre den ny teknologi brugervenlig. Det synes godt en tredjedel af beboerne er lykkedes, mens godt en tredjedel ikke synes, at det er lykkedes, da nogle systemer/teknologier er indviklede at bruge, men dog til at forstå.

7.3 Konklusion - spørgeskema

Det oplevede indeklima blev undersøgt ved, at beboerne i BOLIG+ udfyldte et spørgeskema. De vigtigste resultater fra undersøgelsen:

De fleste beboere oplever, at indeklimaet samlet set er tilfredsstillende og bedre end i deres tidligere bolig.

Temperaturforholdene er samlet set bedre i BOLIG+ end i den tidligere bolig, beboerne kom fra, til trods for at det opleves varmt (og varmere end i den tidligere bolig) om sommeren. Det tilskrives de bedre temperaturforhold om vinteren i form af, at der er mindre koldt, og at det trækker mindre.

I forhold til beboernes tidligere bolig, så oplever næste 2/3 at støjniveauet i BOLIG+ er bedre end i deres tidligere bolig, hvilket samlet set betyder, at de fleste finder at støjforholdene er tilfredsstillende. Der påpeges dog nogle konkrete opmærksomhedspunkter, som der med fordel kan tages hånd om for at håndtere specifikke kilder til støj.

Luftkvaliteten opleves som værende bedre i BOLIG+ i forhold til deres tidligere bolig af lige over halvdelen af beboerne, ligesom at godt halvdelen oplevede at luftkvaliteten var tilfredsstillende. Godt halvdelen af beboerne generes af tør luft om vinteren, og det har i nogle tilfælde medført at de har anskaffet en luftbefugter.

Dagslysforholdene i BOLIG+ opleves af lige over halvdelen af beboerne at være bedre end dagslysforholdene i deres tidligere bolig, og er det af de fire områder: temperaturforhold, støjforhold, luftkvalitet og dagslysforhold, som de fleste finder tilfredsstillende.

Kun en tredjedel af beboerne synes, at installationerne i lejlighederne er brugervenlige, hvilket for ventilationsanlæggenes vedkommende primært skyldes utilstrækkelig information om, hvordan de fungerer. Der er større tilfredshed med el-kontakterne fra zensehome. zensehome programmerede grundindstillingerne i hver lejlighed og informerede samtidigt om mulighederne med systemet.

KONKLUSION

8 KONKLUSION

BOLIG+ bygger oprindelig på fem dogmer:

- Energineutralitet i den betydning, at boligen/bygningen på årsplan skal producere lige så meget primær energi, som der forbruges, inkl. beboernes energiforbrug til lys, madlavning, underholdning, mm.
- Boligen skal have et godt og sundt indeklima
- Boligen skal være fleksibel over tid og sted
- Boligen skal være intelligent og brugervenlig
- Bygningen skal passe ind i det lokale energiforsyningssystem og den lokale arkitektur

Senere kom endnu et dogme til:

- Bygningen skal kunne opføres på normale markedsvilkår

Er disse dogmer blevet overholdt i BOLIG+ i Søborg?

Bygningen ville være næsten energineutral, hvis solcellerne havde ydet som projekteret, samt at beboernes elforbrug havde været lidt mindre og dermed lig BOLIG+ kravet. Bygningen opfylder kravet om at overholde energikravet for Bygningsklasse 2020 i BR10/BR15 uden elproduktionen fra solcellerne. Dette viser, at bygningen i sig selv er meget energieffektivt, hvilket er fremkommet ved hjælp af relativt enkle og kendte virkemidler. Dog viser undersøgelserne i Søborg, at det er nødvendigt, at beboerne bidrager med korrekt brug af bygningen.

Bygningen har om vinteren et godt indeklima med hensyn til rumtemperatur og CO₂-niveau. Nogle klager dog over en for tør luft om vinteren, hvilket desværre er resultatet af et tilstrækkeligt luftskifte. Om sommeren er fugt- og CO₂-niveauerne tilfredsstillende, men der er overophedning i flere af bygningens rum. Rummene med størst overophedning får morgensol, så en del af overophedningsproblematikken kunne nok være løst med udvendig solafskærmning for disse rum. Især fordi den naturlige ventilation viste sig utilstrækkelig til at bringe rumtemperaturen ned.

Der er i nærværende rapport ikke taget stilling til dogmet om fleksibilitet over tid og sted.

Brugerne har mulighed for at styre flere ting i lejligheden, dog har det vist sig, at informationen om brugen af ventilationsanlæggene har været mangelfuld, så beboerne i flere tilfælde har anvendt anlæggene forkert. Modsat har beboerne fået en god introduktion til de intelligente el-kontakter i lejlighederne. Flere af beboerne har efterfølgende programmeret disse på egen hånd.

Bygningen passer ind i den lokale forsyningsstruktur, idet bygningen opvarmes med fjernvarme. Bygningen har på et senere tidspunkt mulighed for at yde services til det omgivende elnet, idet bygningen har et batteri, som kan lades og aflades i forhold til mængden af el baseret på vedvarende energi i elnettet. Om bygningen passer ind i den omgivende arkitektur, er en smagssag, men bygningen er svær at overse, med sine sorte og hvide felter midt på Søborg Hovedgade.

Ved benyttelse af enkle og velkendte teknologier er det lykkedes at opføre BOLIG+ i Søborg på almindelige markedsvilkår.

Er BOLIG+ i Søborg kommet i mål?

I betragtning af, at det er første gang, at etageboliger opføres med baggrund i BOLIG+ dogmerne, er resultatet ganske flot. Ikke alle dogmer er opfyldt fuldstændigt, men tilstrækkeligt til at vise, at BOLIG+ dogmerne er god reference for fremtidigt byggeri.

REFERENCER

9 REFERENCER

- Aggerholm, Søren and Karl Grau. 2014. *Buildings' Energy Demand: Calculation Guide (Only Available in Danish: Bygningers Energibehov (Be10))*. SBI Direction 213.
- Dansk Standard. 2007. "DS/EN 15251:2007: Input-Parametre Til Indeklimaet Ved Design Og Bestemmelse Af Bygningers Energimæssige Ydeevne Vedrørende Indendørs Luftkvalitet, Termisk Miljø, Belysning Og Akustik." 54.
- Jensen, Søren Østergaard. 2015a. *Dokumentation af bygningers energiforbrug*.
- Jensen, Søren Østergaard. 2013. *Guideline on Documenting the Performance of Built Low Energy Buildings*.
- Jensen, Søren Østergaard. 2015b. *Natural Ventilation in Single- Family Houses during the Summer*. Taastrup.
- Knudsen, Henrik N. and Jesper Kragh. 2014. *Evaluering Af Energiklasserne 2015 Og 2020 i BR10*. København.
- Larsen, Tine Steen. 2011. *Vurdering Af Indeklimaet i Hidtidigt Lavenergibyggeri*. Aalborg.
- Q Blue. 2018. "Weblet Importer." Retrieved September 26, 2018 (<https://www.q-blue.nl/en/products/q-blue-multivert-en>).
- Rasmussen, M. K. and K. ... Johannsen. 2017. "Midtvejsevaluering - Kvotehuset by Realdania Byg." 49. Retrieved September 27, 2018 (<https://issuu.com/realdaniaby/docs/2017-24-02-midtvejsevaluering-kvote>).
- Realdania Byg. 2015. *Danmarks Første Reelt Energineutrale Etageboligbyggeri*. 1st ed. Copenhagen: Realdania Byg.
- Realdania Byg. 2016. "Typehuset 1 by Realdania Byg." 21. Retrieved September 27, 2018 (https://issuu.com/realdaniaby/docs/typehuset__1_).
- Strøm-Teisen, P. 2014a. "Kan CO₂ Styret Ventilation Forbedre Vores Søvn?" *HVAC Magasinet*.
- Strøm-Teisen, P. 2014b. "Luftkvalitet Og Søvn." *HVAC Magasinet*.
- Styregruppen, BOLIG+. 2018. *BOLIG + KONCEPTET THE BOLIG + CONCEPT Tværfaglig Vidensdeling i Byggeriet*. 1st ed. edited by R. Øhlenschläger. Copenhagen: Danish Association of Architects, Åbenrå 34, DK-1124 Copenhagen K.
- visblue. 2018. "Case Studies." Retrieved September 27, 2018 (<https://www.visblue.com/case-studies.html>).
- Wang, PG, M. Scharling, KP Nielsen, and KB Wittchen. 2013. *2001–2010 Danish Design Reference Year*. Copenhagen.
- Wisconsin Department of Health Services. 2013. "Carbon Dioxide | Wisconsin Department of Health Services." Retrieved September 28, 2018 (<https://www.dhs.wisconsin.gov/chemical/carbondioxide.htm>).

APPENDIKS

10 APPENDIKS

I dette appendiks præsenteres alle spørgsmål og de tilhørende svar, som spørgsmålene blev præsenteret for beboerne i det elektroniske dataindsamlingsystem SurveyXact. Beboernes kommentarer er gengivet uredigeret med undtagelse af oplagte stavfejl, der er bortredigeret.

10.1 Introduktion til spørgeskemaet

Kære ejer af BOLIG+ bolig,

Vi er glade for, at du vil hjælpe os ved at udfylde spørgeskemaet.

Vi vil gerne høre om dine oplevelser og tilfredshed med at bo i din BOLIG + bolig. For nogle af spørgsmålene drejer det sig om perioderne Sommeren 2017 og Vinteren 2017-2018.

Du trykker på "Næste" nederst på siden for at komme videre til det næste spørgsmål og du kan altid komme tilbage til et allerede besvaret spørgsmål ved at trykke på "Forrige". Spørgeskemaet er først færdigudfyldt når du har trykket på "Afslut" til sidst. Du kan når som helst lukke spørgeskemaet og vende tilbage til dine besvarelser på et senere tidspunkt, da svarene gemmes automatisk.

Eventuelle spørgsmål kan rettes til undertegnede.

På forhånd tak for hjælpen

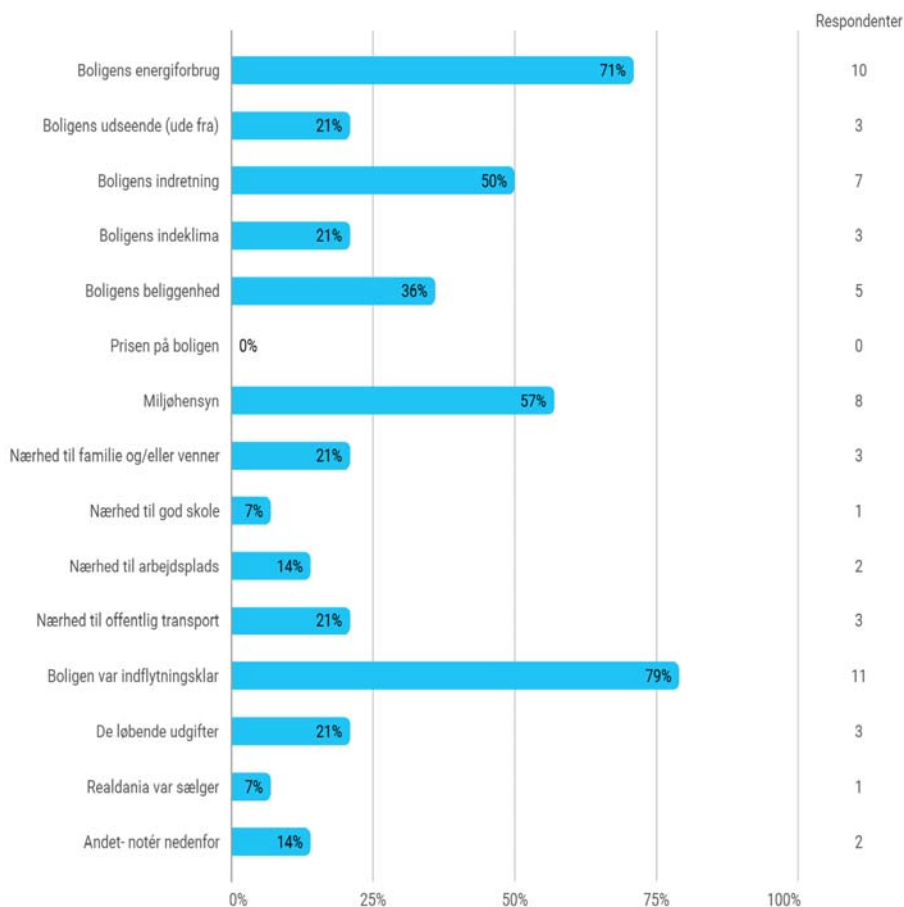
Med venlig hilsen
Henrik

Henrik N. Knudsen, seniorforsker
Statens Byggeforskningsinstitut (SBI)/Aalborg Universitet København
mb. 2662 2128, e-mail: hmk@sbi.aau.dk

10.2 Din bolig

Hvorfor har I valgt at bo i BOLIG+?

– Vælg de tre vigtigste forhold:

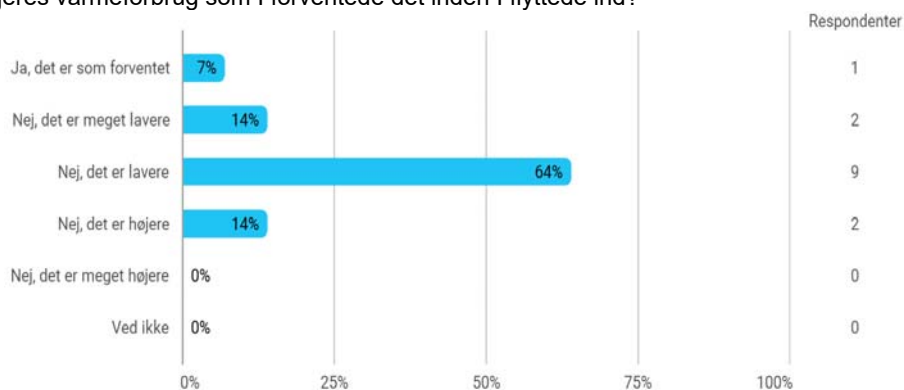


Andet:

- Godt isoleret.
- Byggeriet så spændende ud, vi ville alligevel flytte fra vores gamle hus i Gentofte, og så var dette en oplagt mulighed, lejligheden er stor og passer os fint, når vi skulle flytte fra huset.
- Anvendes som vinterbolig i perioden ca. nov - apr. Velegnet som bolig for den 3. alder.

10.2.1 Dit varmekorbrug

Er jeres varmekorbrug som I forventede det inden I flyttede ind?

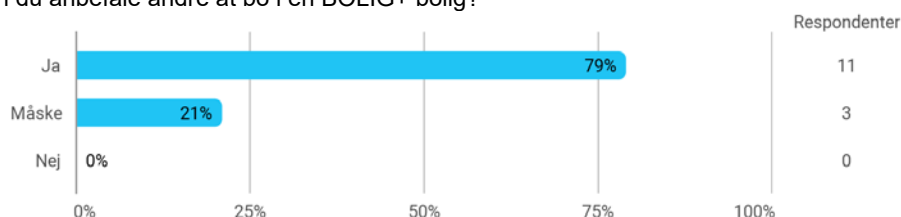


Uddyb eventuelt:

- Vi har altid haft et lavt varmeforbrug, men fordi bygningen er A2020, så er bygningens "hvile" temperatur høj. Det er specielt en fordel om vinteren, hvorimod om sommer, så er det en ulempe.
- Nogenlunde som forventet
- Lejligheden overtaget pr. 1. august 1017
- Vores årlige regning svarer til vores gamle månedlige regning

10.2.2 Alt i alt...

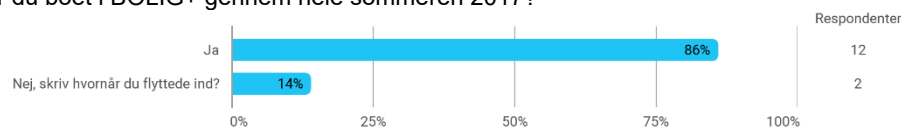
Kan du anbefale andre at bo i en BOLIG+ bolig?



Uddyb gerne:

- Varmen står oftest tændt, pga. Koldt gulv. Mangel på gulvvarme. Bedre køle muligheder om sommeren (aircon på varme dage, mens solcellerne arbejder). Der er oftest 23grader eller mere i soveværelse på trods af vindue på klem.
- Behageligt indeklima, fin beliggenhed, godt naboskab
- Hvis men gerne vil spare på varmeudgifterne eller kan lide en teknisk lejlighed.
- Dejligt at bo i et nyt byggeri, men har specielt det første år (2016-2017) haft MEGA store problemer med luftfugtigheden i lejligheden om vinteren, den var ofte nede på 20, og det kan jeg slet ikke tåle, hverken for min hud, men specielt ikke for mine øjne, jeg bærer kontaktlinser. Lidt bedre i denne vinter (2017-2018), men stadig meget lav luftfugtighed i vinterhalvåret. Og vi har gjort, som vi har fået anbefalet med ikke hele tiden at lufte ud, køre på vintertid osv. osv. Vi har indkøbt en fugter, der smider vand ud for at kunne holde det ud. Så det har været et minus.
- Hvis svaret skal være ja skal der være mulighed for at køle luften. Det er meget svært trods udluftning at holde temperaturen under 25 grader i efterårsmånederne. Her i april 2018 kan vi med udluftning døgnet rundt lige holde temperaturen under 25 grader.

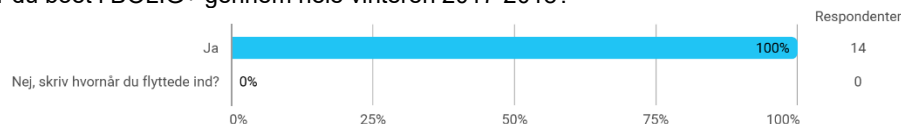
Har du boet i BOLIG+ gennem hele sommeren 2017?



Nej, skriv hvornår du flyttede ind?

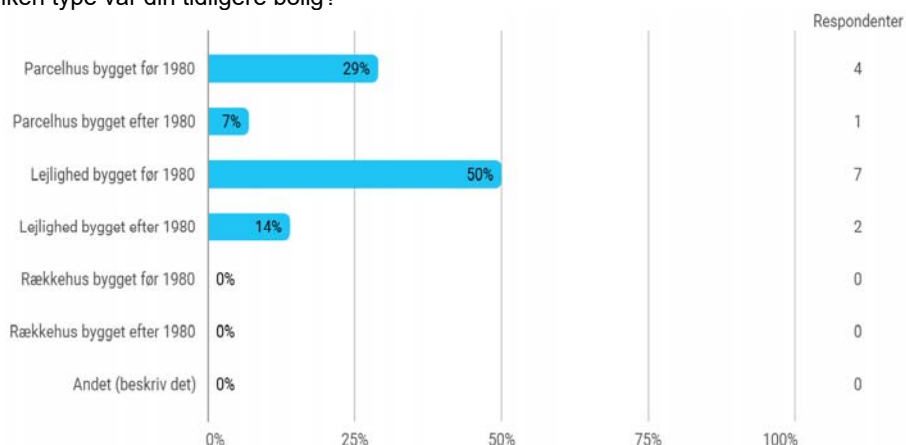
- 1.08.2017
- 1.08.2017

Har du boet i BOLIG+ gennem hele vinteren 2017-2018?



10.3 Din tidligere bolig

Hvilken type var din tidligere bolig?



Beskriv kort din tidligere bolig:

Størrelse i kvadratmeter:

- 90
- 62
- 64
- 62
- 150
- 50
- 125
- 140 + kælder
- 290
- 180
- 62
- 66
- 150 m² & kælder 85 m²
- 290

Byggeår (en ca. angivelse er ok)

- 1950
- 1930'erne
- 1961
- 1967
- 1980
- 2005
- 2008
- 1918
- 1973
- 1895
- Tror der var før 1980 - det er den store ejendom i krydset Tuborgvej/ Frederiksborgvej
- 1961
- 1917
- 1972

Beliggenhed (kommune, i by eller på landet)

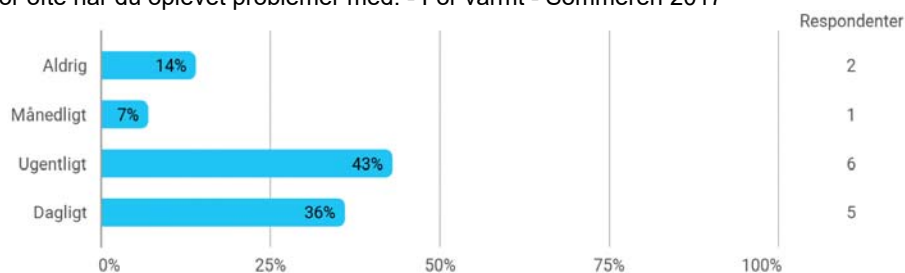
- Emdrup

- 2400
- Gladsaxe Kommune, by
- Gladsaxe
- Gladsaxe
- Aarhus kommune, i byen
- København, Østerbro
- Gentofte
- Gladsaxe
- København
- København NV
- Gladsaxe
- Gentofte
- Gladsaxe

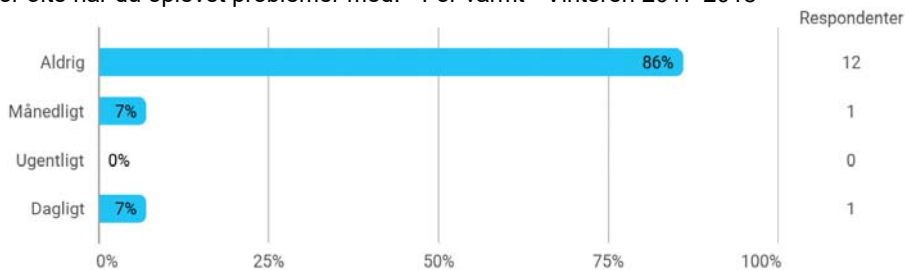
10.4 Dit indeklima sommer og vinter i BOLIG+

10.4.1 Temperaturforholdene i din bolig

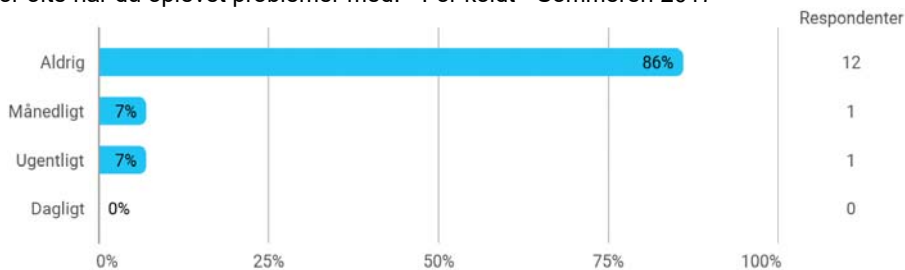
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - For varmt - Sommeren 2017



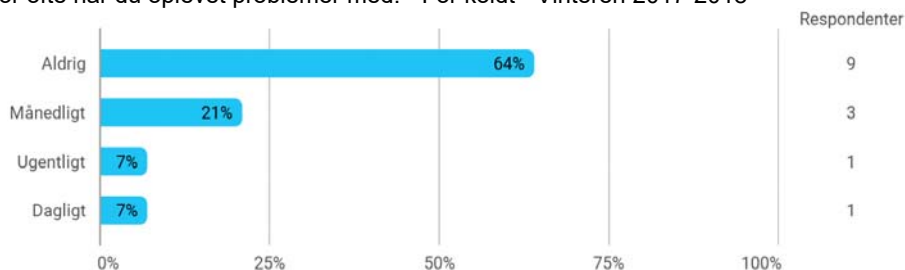
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - For varmt - Vinteren 2017-2018



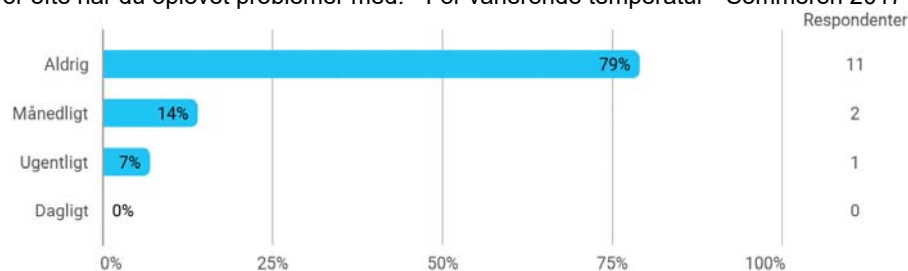
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - For koldt - Sommeren 2017



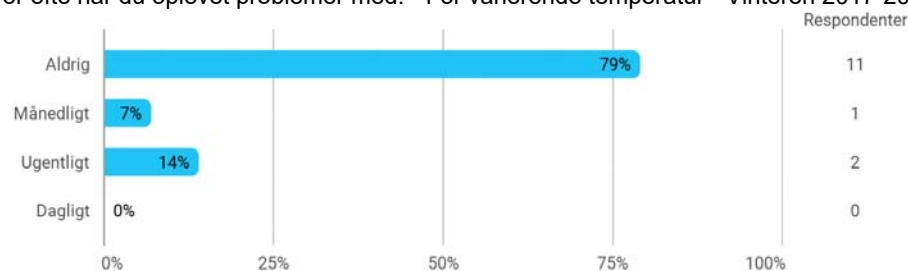
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - For koldt - Vinteren 2017-2018



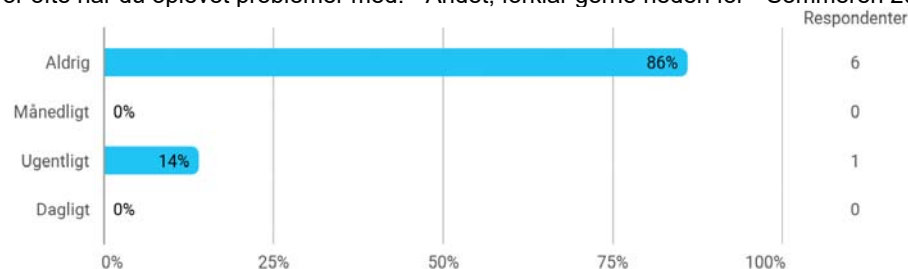
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - For varierende temperatur - Sommeren 2017



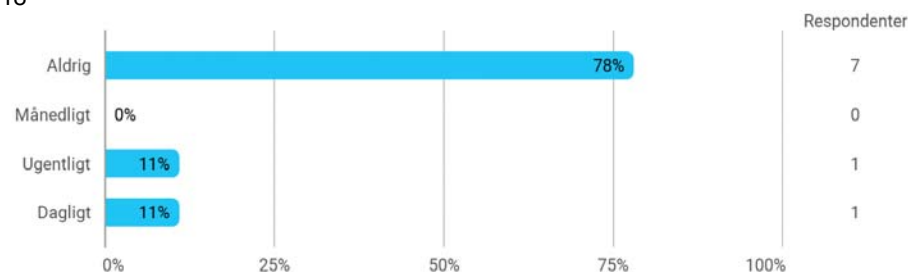
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - For varierende temperatur - Vinteren 2017-2018



Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Andet, forklar gerne neden for - Sommeren 2017



Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Andet, forklar gerne neden for - Vinteren 2017-2018



Angiv gerne kort i hvilke rum du oplever problemer med temperaturen og hvad problemet er i det rum:

- Soveværelset er generelt for varmt at sove i.
Gulvene i lejligheden føles generelt kolde om vinteren, hvorfor temperaturen om vinteren gerne står på 23grader eller over for ikke at fryse. Soveværelset har det dog med at være en grad eller to varmere, på trods af radiatoren i soveværelset altid er slukket og altid er kold.
- Stuen er mest udsat: om sommeren pga stort lysindfald, og om vinteren lidt fodkoldt tæt på vinduer
- Om sommeren er der ofte for varmt trods persienner
- Det bliver ganske varmt om sommeren grundet de store vinduer. Ikke altid nemt/belejlighat at lufte ud om eftermiddagen når man kommer hjem fra arbejde, da der er meget larm fra hovedgaden. En form for aircondition ville have været rart, og noget der bliver overvejet at investere i.
Om vinteren bliver det kun for koldt hvis man virkelig ikke vil bruge noget varme overhovedet, hvis man lige indstiller radiatorerne, er ingen problemer.

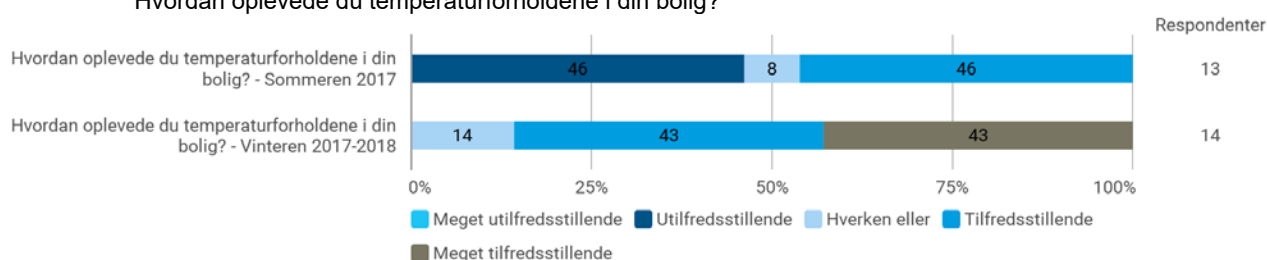
Sommeren er det ringeste af de to sæsoner, men ikke noget ulig det jeg tidligere har boet i.

- Om sommeren generelt MEGET varmt i lejligheden, og det kræver meget åbne vinduer og gennemtræk.

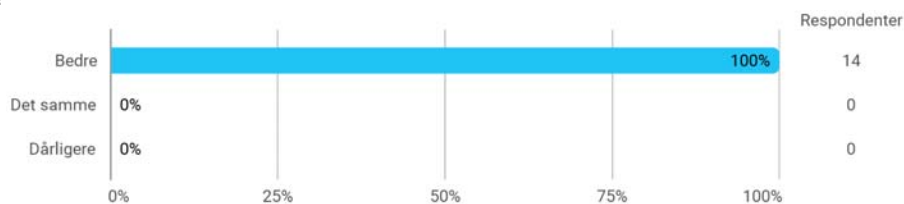
Om vinteren generelt en temperatur på 21 grader i gennemsnit; der kan dog godt være lidt fodkoldt. Selvom der er 21 grader, kan det ind imellem virke koldere.

- Jeg har oplevet, der blev for koldt om natten i lille soveværelse
- Vi kan ikke lave gennemtræk, og det bliver frygtelig varmt om sommeren. Det er mest stuen/ køkken. Soveværelset er som regel fint :) (menuer synes utilfredsstillende neden under er lige lidt for hårdt - det var bare meget varmt)
- Stue og kontor (elevatør værelse), der begge ligger syd, hvorfor de kan blive meget varme når solen står på
- Hele lejligheden for varm om. Luften for tør i vintermånederne

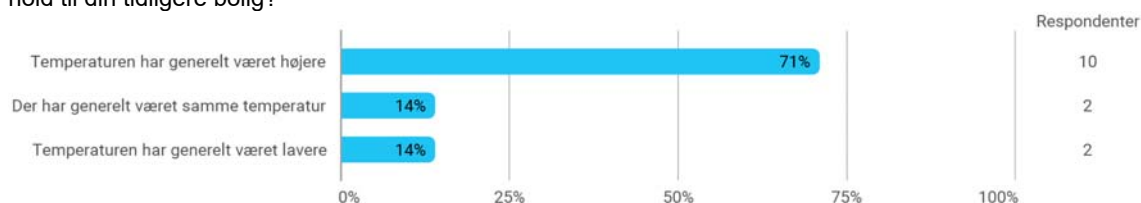
Hvordan oplevede du temperaturforholdene i din bolig?



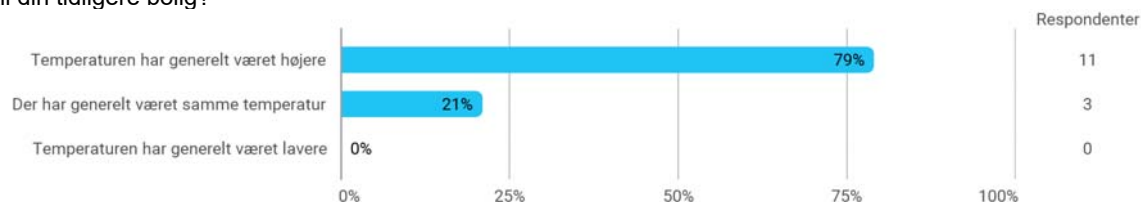
Hvordan oplever du temperaturforholdene i din nuværende bolig i forhold til din tidligere bolig?



Hvordan har temperaturen været indendørs i din nuværende bolig i sommeren 2017 i forhold til din tidligere bolig?



Hvordan har temperaturen været indendørs i din nuværende bolig i vinteren 2017-2018 i forhold til din tidligere bolig?



Uddyb eventuelt:

- Vores tidligere lejlighed blev meget varm sommeren. De lavere sommertemperaturer skal forstås som en forbedring.
- Som sagt på forrige spørgsmål.
Sommeren er rimelig varm, men ikke ulig tidligere bolig.

Vinteren er bedre/mindre svingende. Bedre end tidligere bolig.

Overall = bedre end tidligere bolig.

- Som sagt er der selvfølgelig varmere i denne bolig end i vores tidligere (som jo var 100 år gammel). Men der kan blive rigtig varmt, også selvom vinduer og altandør er åben, temperaturen kan komme meget højt op.

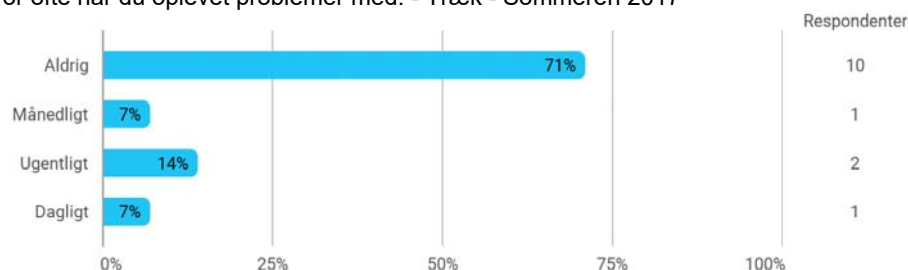
Man kunne tænke sig, at det havde været en mulighed at indbygge et køleanlæg i ventilationen, således at man undgik disse problemer.

Men stadig - luftfugtigheden har været et problem, et problem jeg ikke havde i min tidligere bolig.

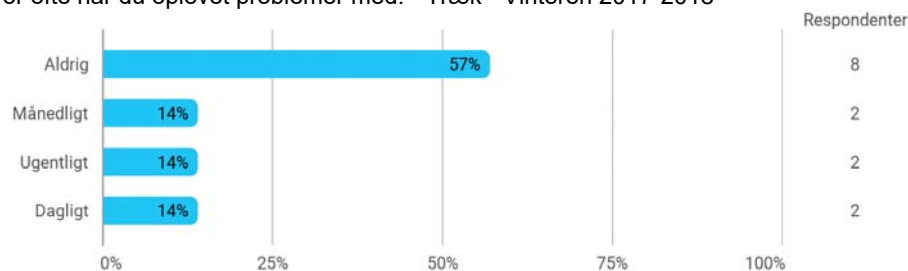
- Om sommeren er lejligheden for varm og udluftning er ikke tilstrækkelig til at holde temperaturen nede

10.4.2 Træk (uønsket luftbevægelse) i din bolig

Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Træk - Sommeren 2017



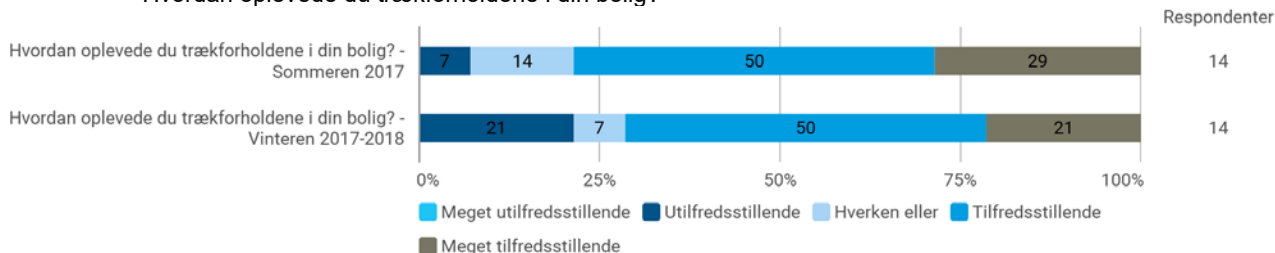
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Træk - Vinteren 2017-2018



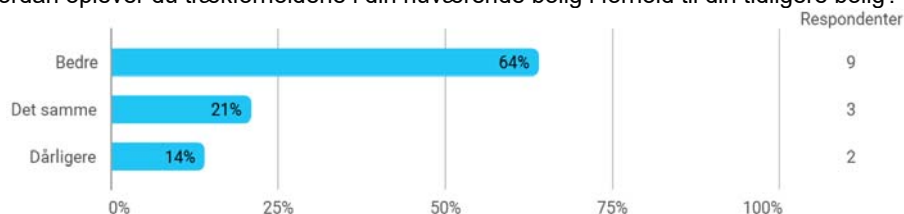
Angiv gerne kort i hvilke rum du oplever problemer med træk og hvad problemet er i det rum:

- I tvivl om spørgsmålet. Hvis det vedrører problemer med uønsket træk, så har vi ikke oplevet dette.
- I soveværelset er der træk om vinteren, fordi den luft, som hentes ind i soveværelset er kold. Jeg har løst problemet ved at blokere for luftfilteret om vinteren.
- I stuen kommer der ofte træk fra kanalen i loftet
- Det kan godt trække fra luftkanalen i stuen, når man sidder om aftenen.
- Har ikke været glad for ventilationsudgang i soveværelse og stue. Har prøvet at undgå disse.
Flyttet soveværelse til stort værelse ved siden af stue.
- Generelt lidt træk fra ventilationsanlægget i stuen
- Stue, der kan være fodkoldt, samt indblæsning kan give kold træk i nakken, når man sidder lige under ventilen.

Hvordan oplevede du trækforholdene i din bolig?



Hvordan oplever du trækforholdene i din nuværende bolig i forhold til din tidligere bolig?

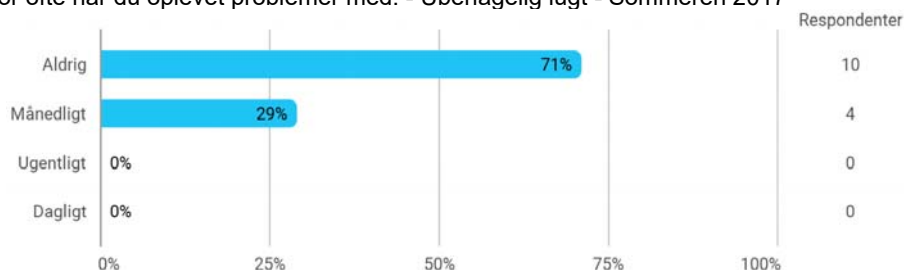


Uddyb eventuelt:

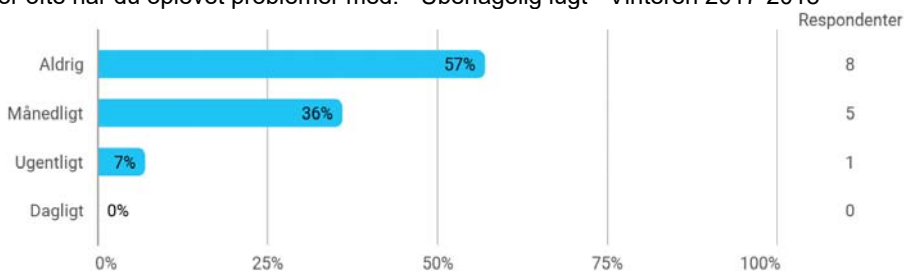
- Med trækforholdene er det ikke muligt at få lufttræk igennem pga. Vinduer kun er placeret på en side af bygningen.
- Se ovenfor
- Der er som sådan ingen træk i boligen, kun når man gerne vil have det om sommeren når der skal køles ned og alle vinduer bliver åbnet, men der er det som sådan en positiv ting.
Plus på træk-kontoen!
- Det er klart, trækforholdene er bedre her, bl.a. fordi vinduerne er tætte, bedre isolering.

10.4.3 Luftkvaliteten i din bolig

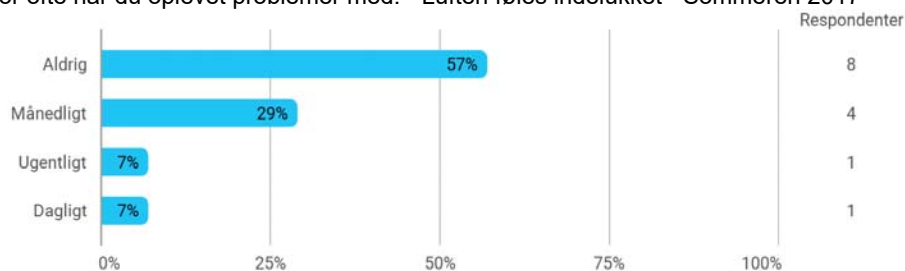
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Ubehagelig lugt - Sommeren 2017



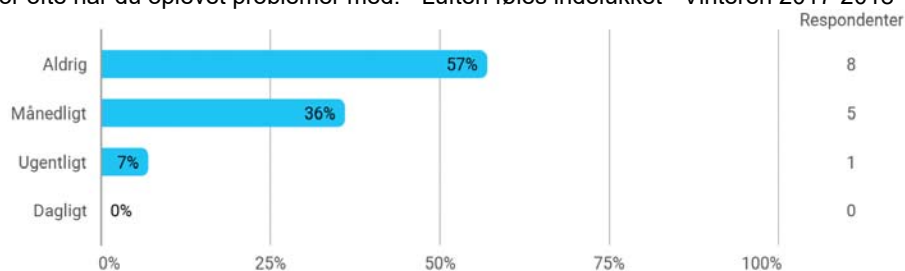
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Ubehagelig lugt - Vinteren 2017-2018



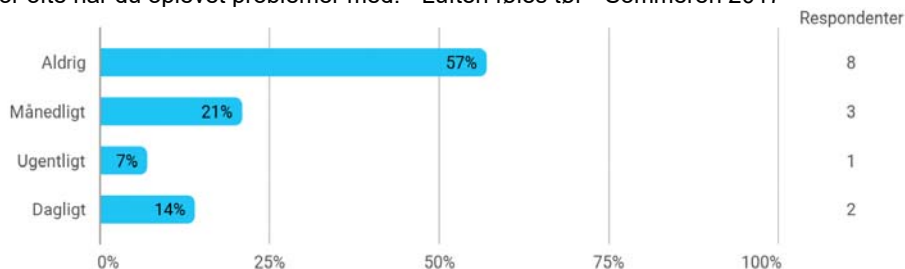
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Luften føles indelukket - Sommeren 2017



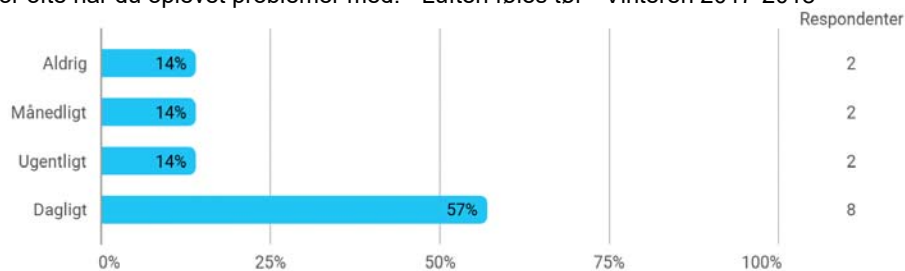
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Luften føles indelukket - Vinteren 2017-2018



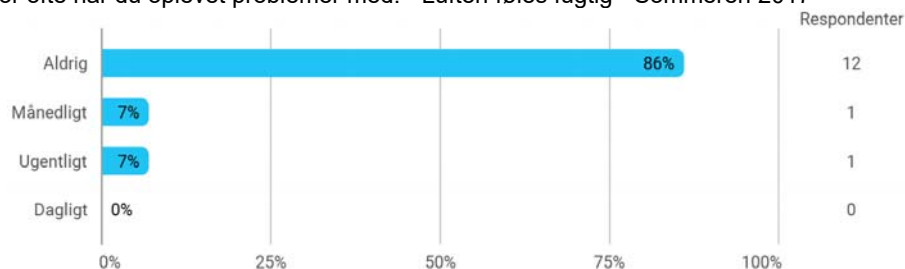
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Luften føles tør - Sommeren 2017



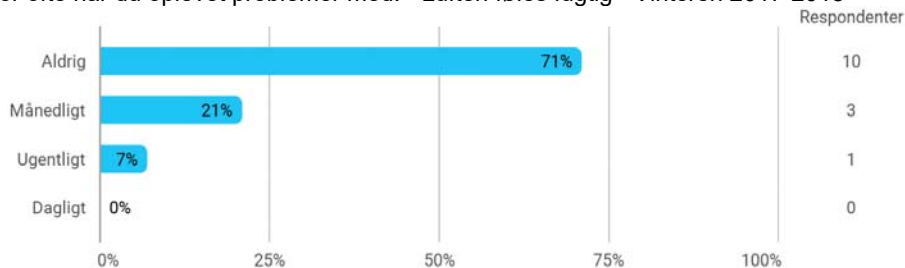
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Luften føles tør - Vinteren 2017-2018



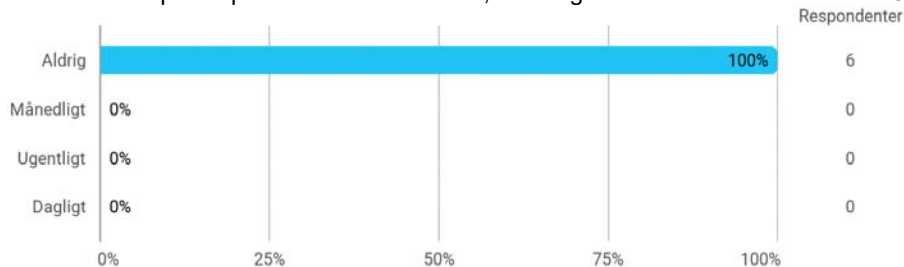
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Luften føles fugtig - Sommeren 2017



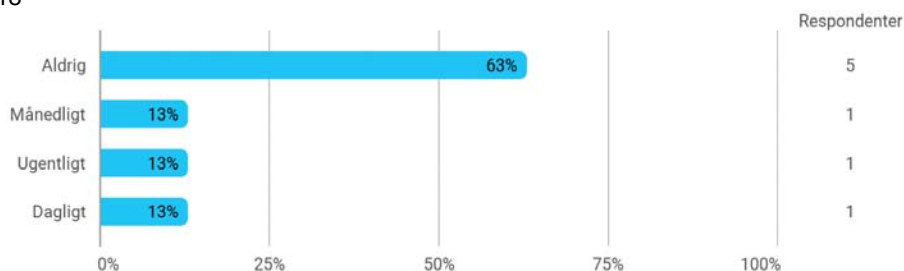
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Luften føles fugtig - Vinteren 2017-2018



Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Andet, forklar gerne nedenfor - Sommeren 2017



Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Andet, forklar gerne nedenfor - Vinteren 2017-2018



Angiv gerne kort i hvilke rum du oplever problemer med luftkvaliteten og hvad problemet er i det rum:

- Luftfugtigheden er meget tør om vinteren, i en sådan grad at det blev til gene og var nødvendigt med luftbefugtere kørende.
- Hvis jeg vil have frisk luft, kan jeg bare åbne et par vinduer og lave gennemtræk om sommeren.
- Når det er koldt er luftfugtigheden meget lav i begge rum. Det er meget generende.
- Både om vinteren og om sommeren kan der godt blive indelukket, hvis ikke man har været hjemme et stykke tid.

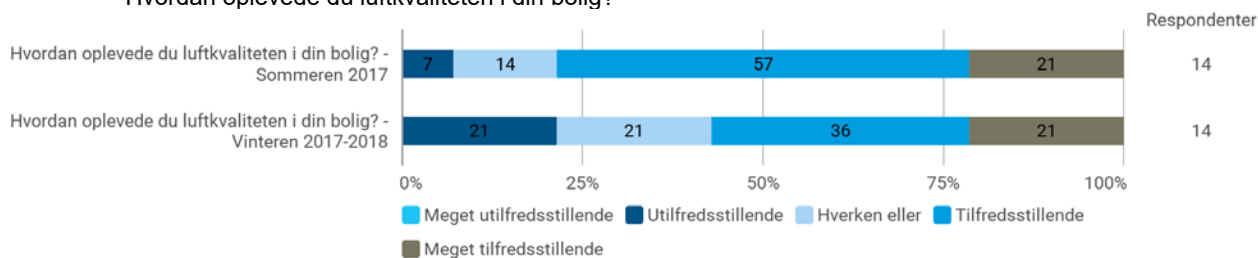
Og - luften er mega tør om vinteren, det har jeg nævnt flere gange tidligere. Derfor har vi indkøbt en luftfugter, der smider vand ud i rummet i stuen, hvor vi jo opholder os mest.

- Luftfugtigheden i vintermånederne været nede på under 30 %. I februar marts helt mede på 22-25%. Det har været nødvendigt at investere i en elektrisk befugter for at øge luftfugtigheden.

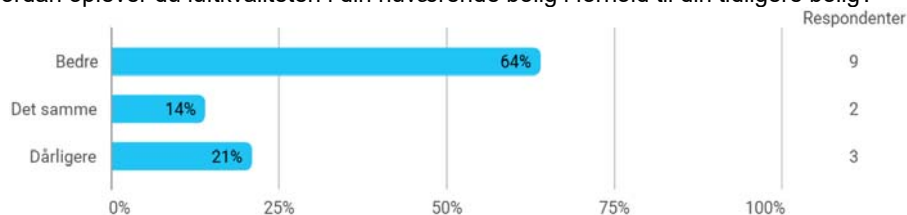
Ved stegning på komfuret er udsugningshastigheden utilstrækkelig. Der mangler en turbo knap.

- Der har været problemer med for høje luftfugtighedstal. Jeg har ikke specifikt lidt under dette.
- Min kæreste (men ikke mig) har oplevet at luften var meget tør om vinteren. Vores hund hostede meget ind til vi fik en luftfugter. (Kun om vinteren)
- Stegeos kan hænge natten over, køkkenventilator bør have flere trin.
- Køkkenet Udsugning fra emhætten er for lille når der steges kød på pande.

Hvordan oplevede du luftkvaliteten i din bolig?



Hvordan oplever du luftkvaliteten i din nuværende bolig i forhold til din tidligere bolig?

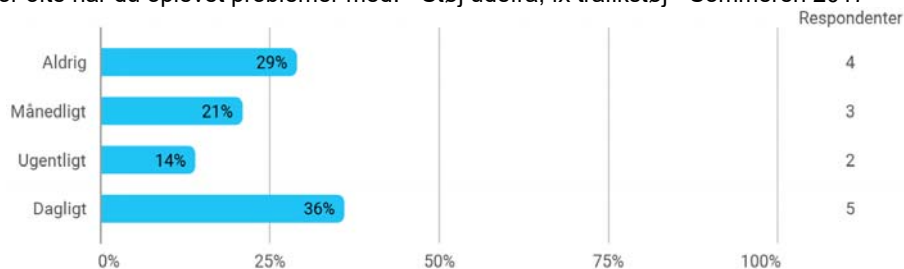


Uddyb eventuelt:

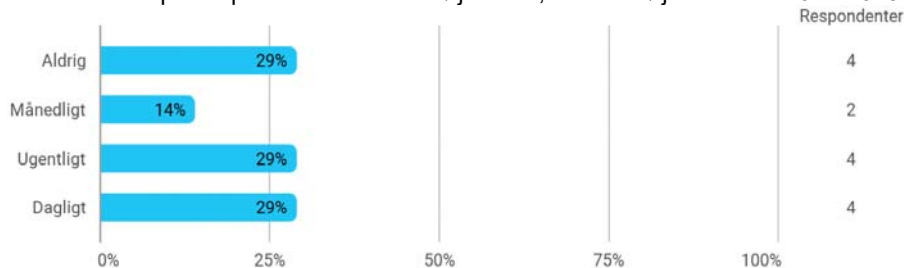
- Der er mere udluftet pga. Genvex, men luften er meget tør i vinter perioden.
- Alt for tør luft, se ovenfor
- Ikke sikker på jeg fornemmer at luften som sådan er bedre end tidligere bolig. Tidligere bolig, var med udluftning fra vinduer, med rigelig mængde cirkulation fra åbne vinduer. Et skridt som måske bliver overladt "for meget" til ventilationsanlægget, som af til har brug for en hjælpende hånd med et gang udluftning, især om sommeren.
- Problemer med at holde temperaturen nede i forårs- sommer og vinter måneder
Meget lav luftfugtighed i vinter månederne
ventilationsanlægget er ikke gearret til fjerne stægeos hurtigt.
- Det gamle hus havde ikke problemer med tør luft om vinteren.
- hvis der ses bort fra madlugt og tør luft i vinter månederne

10.4.4 Støjforholdene inde i din bolig

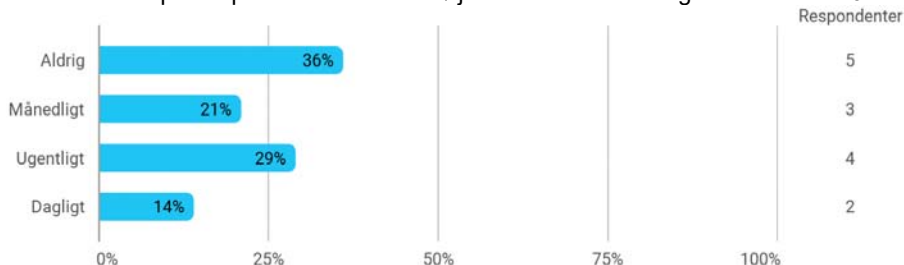
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj udefra, fx trafikstøj - Sommeren 2017



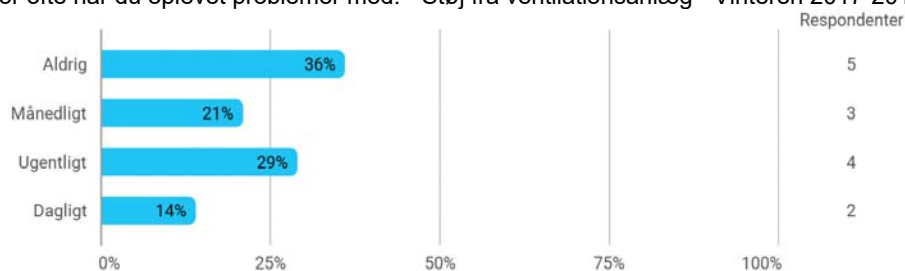
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj udefra, fx trafikstøj - Vinteren 2017-2018



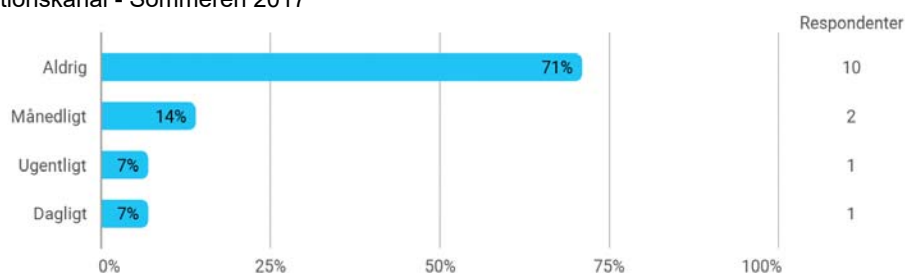
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra ventilationsanlæg - Sommeren 2017



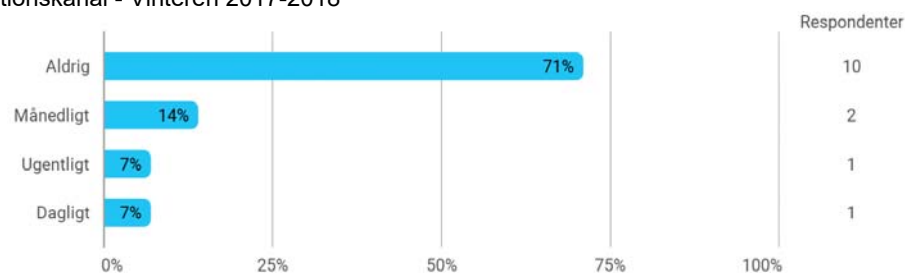
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra ventilationsanlæg - Vinteren 2017-2018



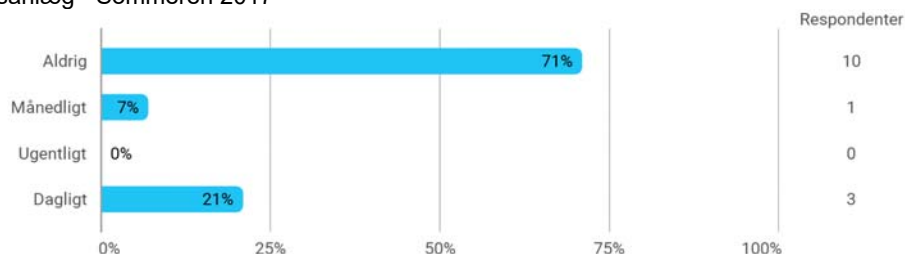
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj eller lyd, fx tale, overført mellem rum via ventilationskanal - Sommeren 2017



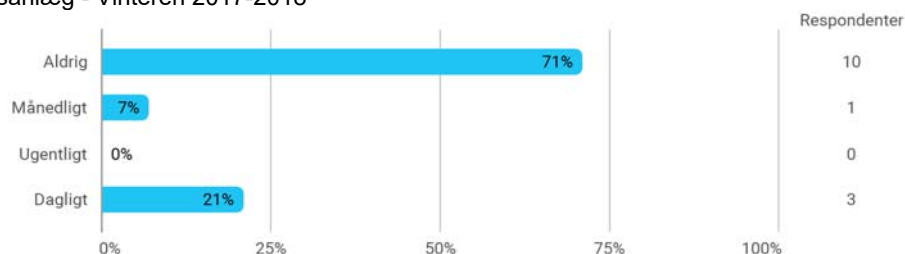
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj eller lyd, fx tale, overført mellem rum via ventilationskanal - Vinteren 2017-2018



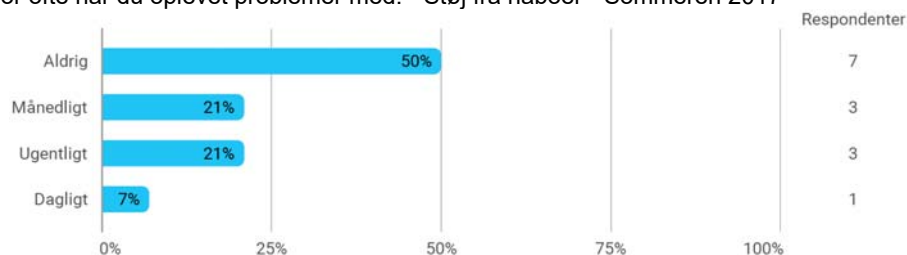
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra andre tekniske installationer end ventilationsanlæg - Sommeren 2017



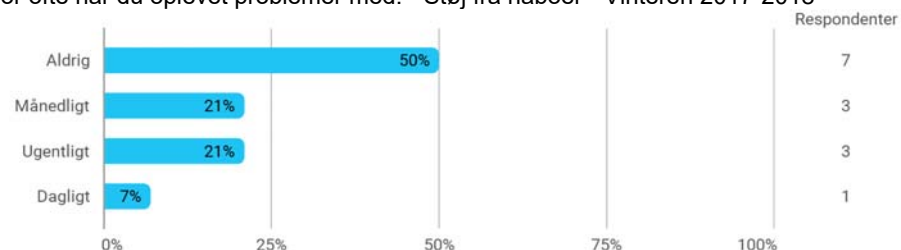
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra andre tekniske installationer end ventilationsanlæg - Vinteren 2017-2018



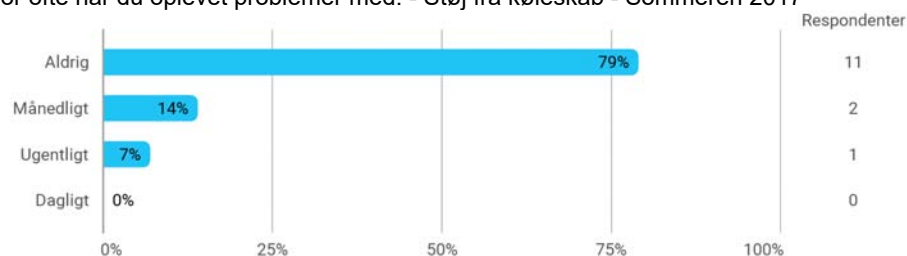
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra naboer - Sommeren 2017



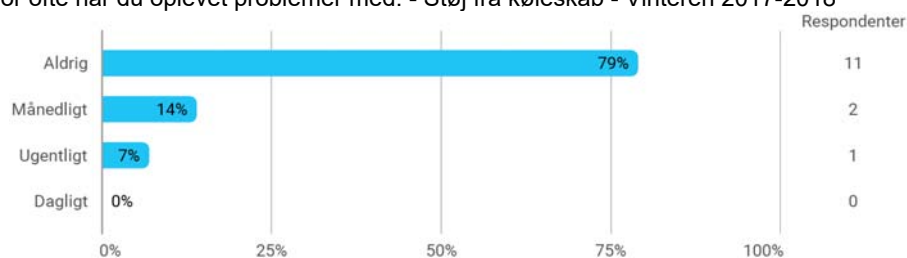
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra naboer - Vinteren 2017-2018



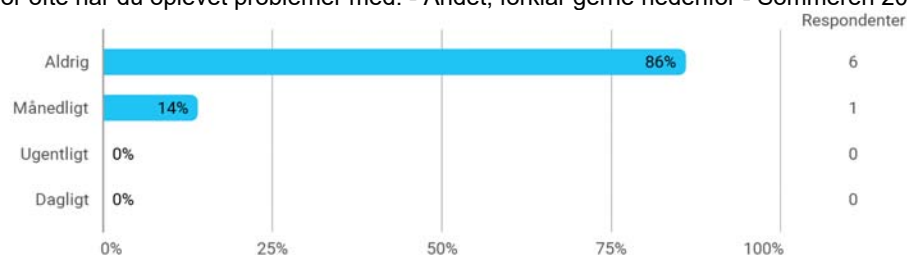
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra køleskab - Sommeren 2017



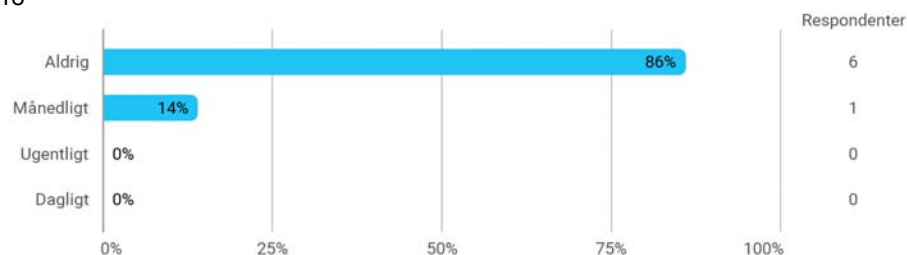
Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Støj fra køleskab - Vinteren 2017-2018



Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Andet, forklar gerne nedenfor - Sommeren 2017



Hvor ofte har du oplevet problemer med: - Andet, forklar gerne nedenfor - Vinteren 2017-2018



Angiv gerne kort i hvilke rum du oplever problemer med støj og hvad problemet er i det rum:

- Udelukkende musik der går igennem lejlighederne.

- Støj fra andre tekniske installationer: støj fra trykforøger i stueetagen. Især hørbart i de to værelser.
- Bolig+ er bygget på et sted hvor Søborg hovedgade og Hagavej løber parallelt. Vejene er stærkt trafikeret og den lyd får vi to gange. Anden gang er når lyden kastes fra bygningen og ned på "Berlinmuren" og tilbage igen. (Sikkert størst problem for 2 etage, fordi vi ligger på niveau). Ellers har vi en franskaltdør, som ikke kan lukke tæt, fordi den fra starten af byggeriet blev sat forkert op. Den buer på midten. (Ved 1 års gennemgang nævnte jeg dette, men man rettede kun til, så døren kunne lukke uden at skrabe maligen af på dørbladet).
- Når vinduer/altandør er åbne er der trafikstøj fra gaden.
- Trafikstøjen er egentligt ganske lav når man har alle vinduer lukket, men en ret stor gene hvis de er åbne. Hvis man har sengen stående ved vinduet, kan man også høre trafikken en del, men der er så mindre af den om aftenen/natten.

Støj fra ventilationsanlægget er blevet en større gene på det sidste, især efter lyden fra pumpen i kælderen er blevet reduceret. Ved ikke om det har noget med filterskift at gøre, men det er som om ventilationsanlægget larmer mere, og er begyndt at slå anlægget fra om natte for at få ro for det.

Tale etc. er der meget lidt af.

Efter pumpe-lyden er blevet reduceret gevaldigt er der meget lidt støj fra andre installationer.

Der høres en del musik lyd fra underboen og deres klaver, men der høres generelt meget lidt støj udover det fra andre lejligheder. Hunde f.eks. høres næsten ikke.

Køleskabe kan kun høres svagt når det køler, ikke galt og ikke noget udover det sædvanlige.

Opvaskemaskinen larmer lidt når den kører, men om det er fordi man ikke har haft en før, skal være usagt.

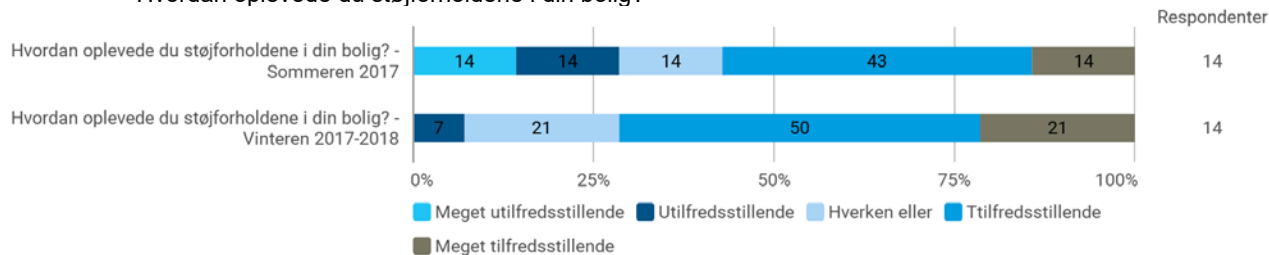
Alt i alt, efter pumpe-lyden er reduceret og ventilationsanlægget er slået fra om natten, er støjforholdene. Ok/gode.

- Har kunnet høre, ventilationsanlæg i badeværelse hos underboen gå i gang om natten, når underbo går derud. Ret høj lyd, som vækker mig, så jeg har flyttet soveværelse. Her generes jeg noget af trafikstøj.

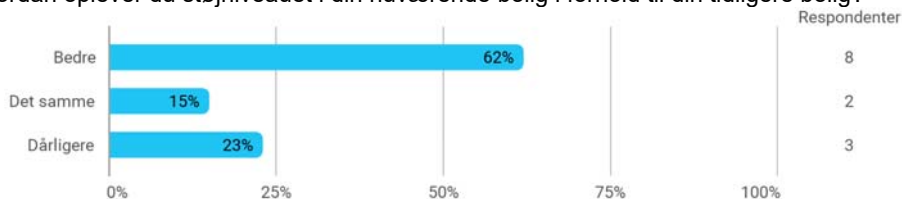
Jeg kan høre underboens mobiltelefon ad hoc - samt en sjælden gang lidt støj v gæster nedenunder

- Jeg kan nogle gange høre naboen spille klaver :) (det ser jeg som noget positivt)
- Støj fra trykforøger fra stueetagen
- Når overboen har børnebørn på besøg, kan man høre, når de løber rundt på gulvet. Og så kan man naturligvis høre, når der liver boret eller banket i væggene i ejendommen.

Hvordan oplevede du støjforholdene i din bolig?



Hvordan oplever du støjniveauet i din nuværende bolig i forhold til din tidligere bolig?

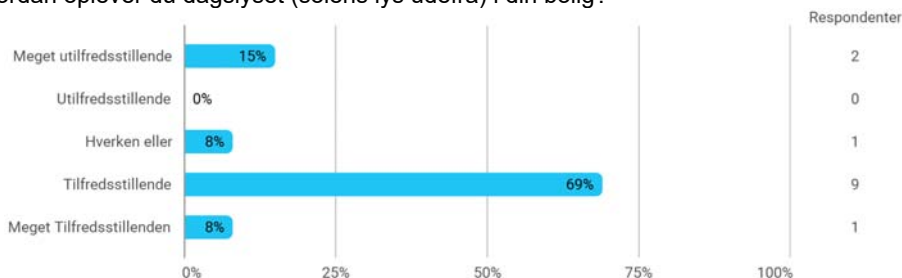


Uddyb eventuelt:

- På grund af den franske altandør så er støjniveauet dårligere.
- Før boede jeg i villa på stille villavej.
- Nok overall det samme/dårligere, da den tidligere bolig lå på en stille vej, og der generelt bare var mindre trafik i området.
- Når vinduer er lukkede, hører vi nærmest intet fra Søborg Hovedgade.
Om sommeren, hvor vi har åbne vinduer, hører vi selvfølgelig mere støj fra gaden, ganske naturligt.
Hører ikke meget lejlighederne imellem, kan dog høre tramp ovenpå engang imellem.

10.4.5 Dagslys

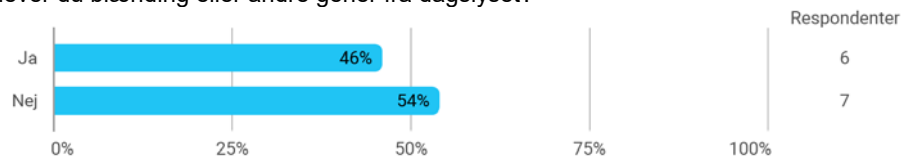
Hvordan oplever du dagslyset (solens lys udefra) i din bolig?



Uddyb eventuelt:

- Får meget lys ind, det er dejligt (og sundt) for helbredet

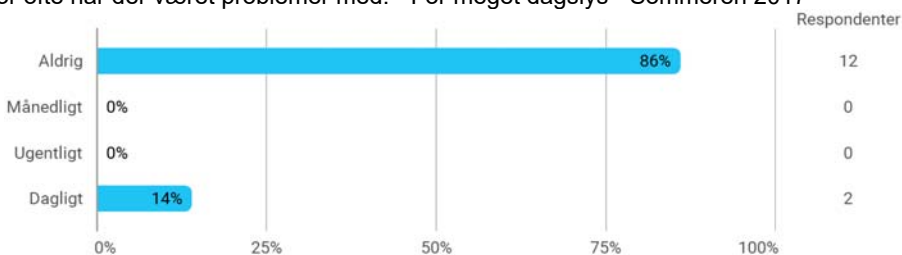
Oplever du blænding eller andre gener fra dagslyset?



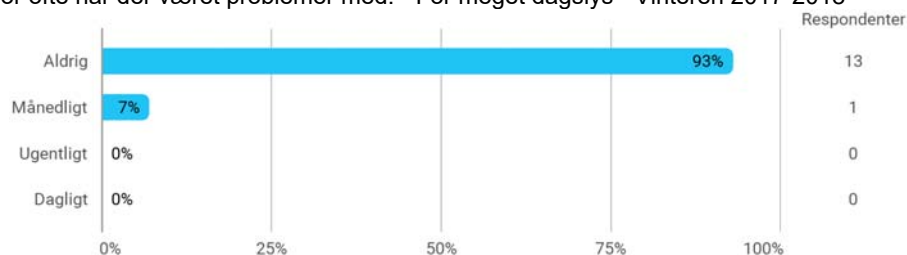
Uddyb gerne:

- Fra altan om sommeren.
- Kun hvis man skal se TV om dagen, men sådan er det jo alle steder.
- Det er bare, hvis det falder på mine skærme
- Genskin fra gulvet

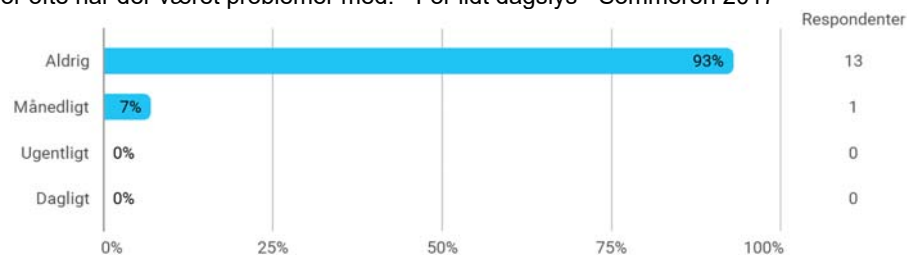
Hvor ofte har der været problemer med: - For meget dagslys - Sommeren 2017



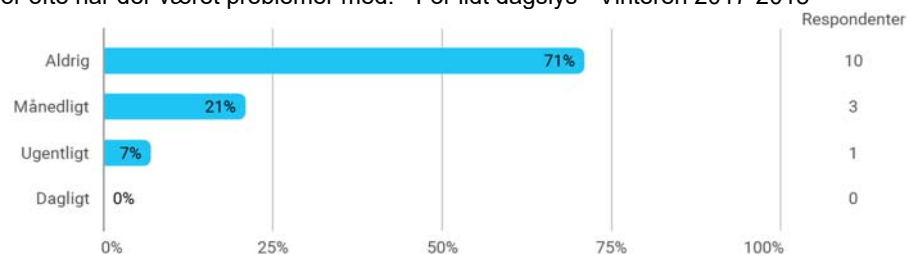
Hvor ofte har der været problemer med: - For meget dagslys - Vinteren 2017-2018



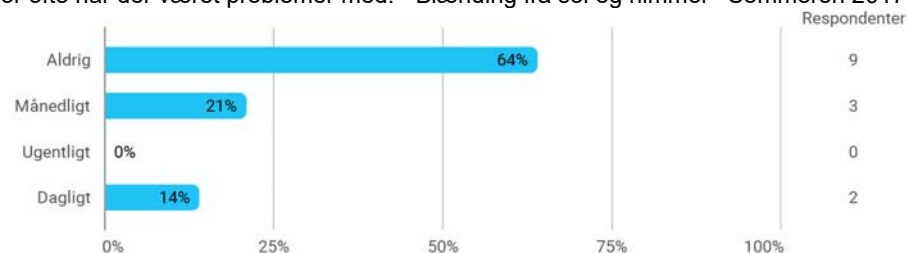
Hvor ofte har der været problemer med: - For lidt dagslys - Sommeren 2017



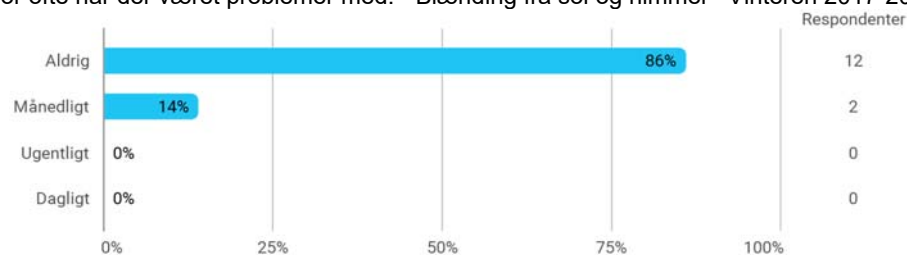
Hvor ofte har der været problemer med: - For lidt dagslys - Vinteren 2017-2018



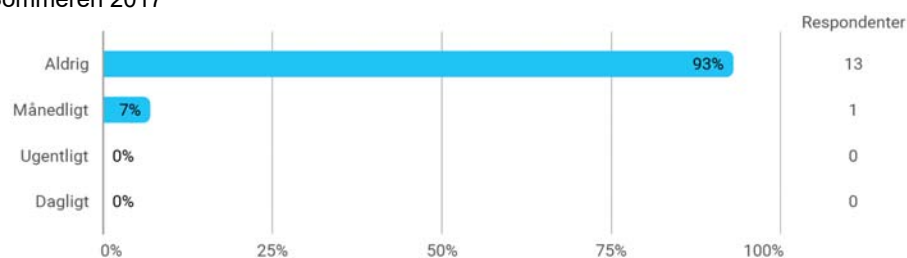
Hvor ofte har der været problemer med: - Blænding fra sol og himmel - Sommeren 2017



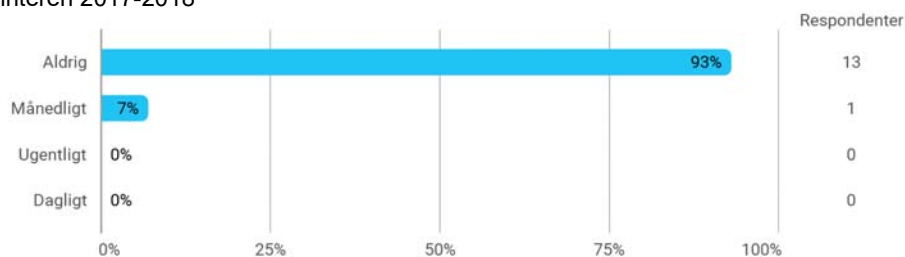
Hvor ofte har der været problemer med: - Blænding fra sol og himmel - Vinteren 2017-2018



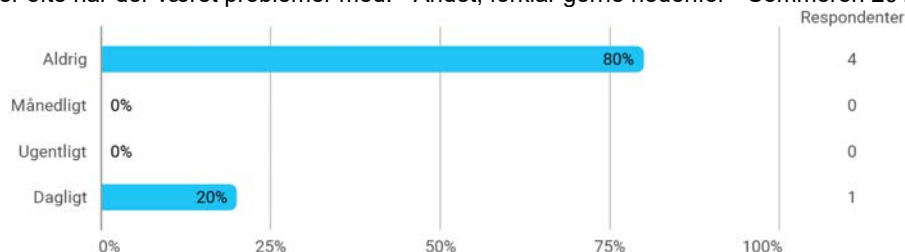
Hvor ofte har der været problemer med: - Blænding fra blanke overflader på bygningen selv - Sommeren 2017



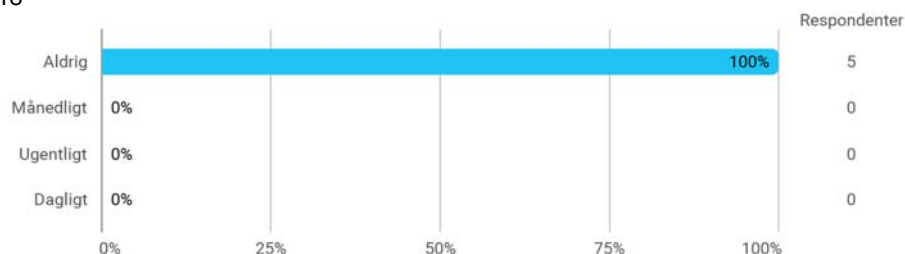
Hvor ofte har der været problemer med: - Blænding fra blanke overflader på bygningen selv
- Vinteren 2017-2018



Hvor ofte har der været problemer med: - Andet, forklar gerne nedenfor - Sommeren 2017



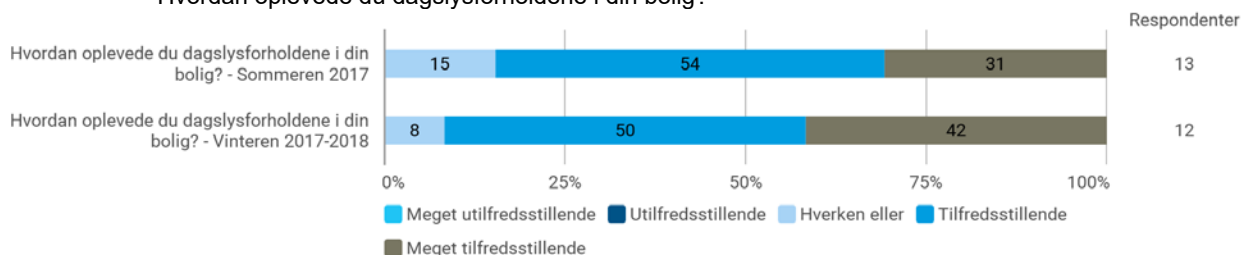
Hvor ofte har der været problemer med: - Andet, forklar gerne nedenfor - Vinteren 2017-2018



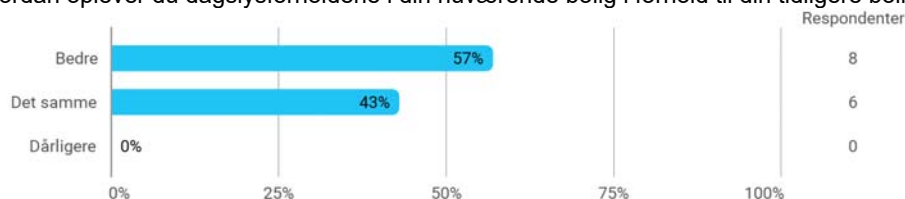
Angiv gerne kort i hvilke rum du oplever problemer med dagslyset og hvad problemet er i det rum:

- Der ganske fine lys-forhold i det meste af lejligheden, udover måske gangen.
Der er lidt lys i boligen om vinteren, men det er nok mere pga. den ligger i DK end boligen som sådan. :)
- Der kunne sagtens være mere lys, men de tykke vægge og størrelsen af vinduerne rammer en ok balance.
- Høj sol kommer ind i stuen gennem altan vinduet
- Når solen skinner på gulvet, kan det give generende refleksion.

Hvordan oplevede du dagslysforholdene i din bolig?



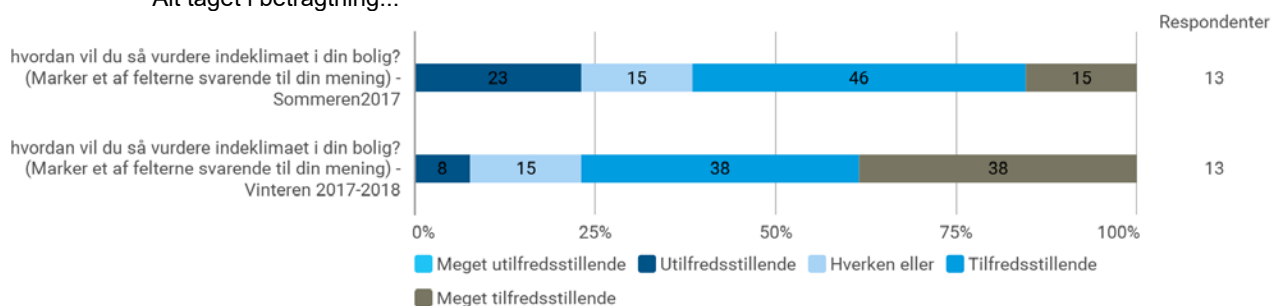
Hvordan oplever du dagslysforholdene i din nuværende bolig i forhold til din tidligere bolig?



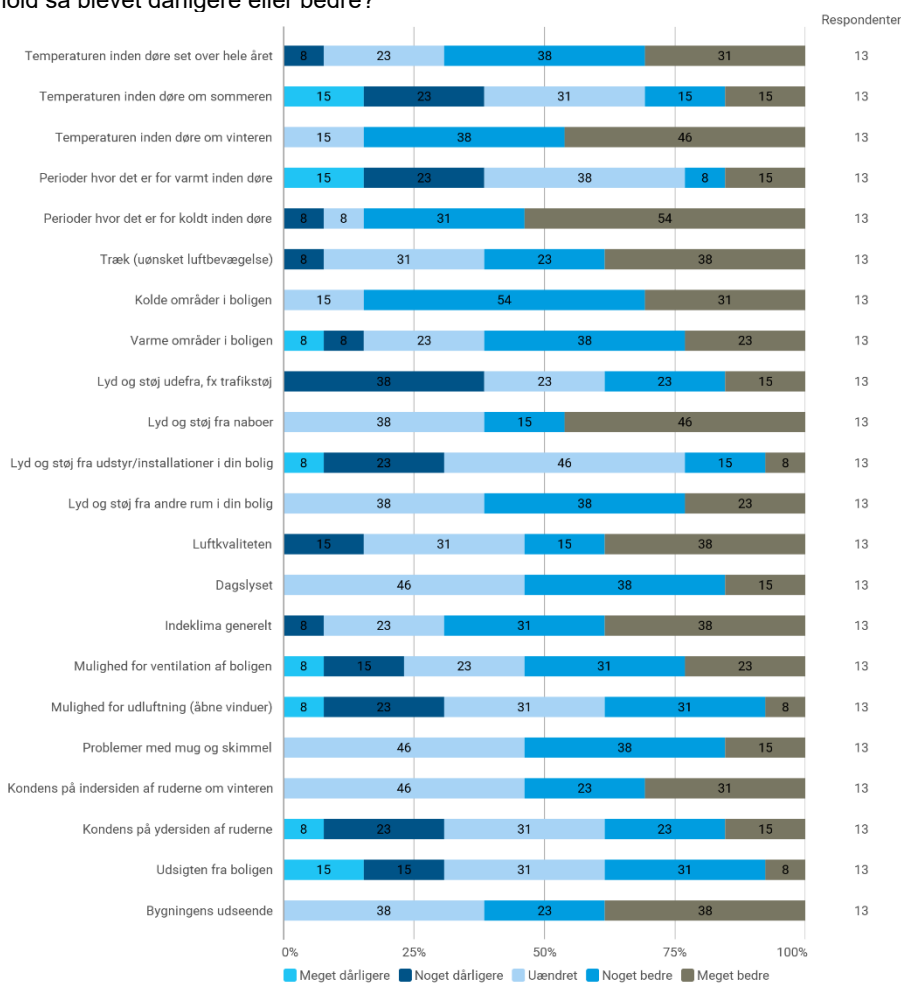
Uddyb eventuelt:

– Flere vinduespartier

Alt taget i betragtning...



Når du sammenligner din nuværende bolig med din tidligere bolig, i hvilken grad er følgende forhold så blevet dårligere eller bedre?

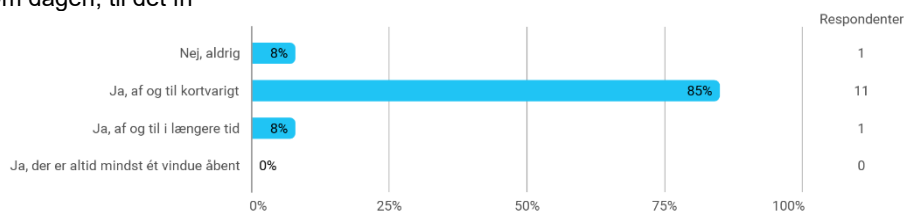


10.4.6 Beboernes brug af vinduerne og døre til altanen

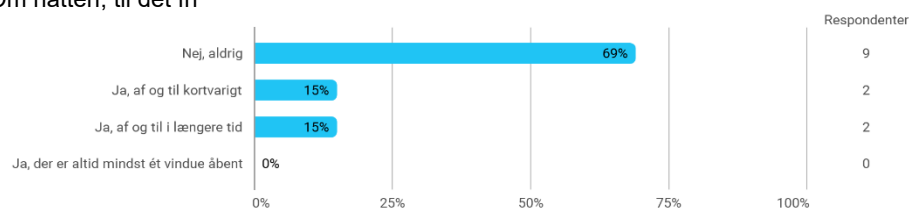
Åbner I vinduer og altandør om vinteren?

Her skelnes ikke mellem om vinduer og altandør står på klem eller er helt åbne.

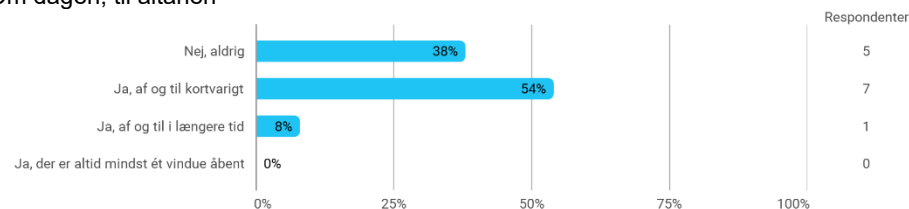
- Om dagen, til det fri



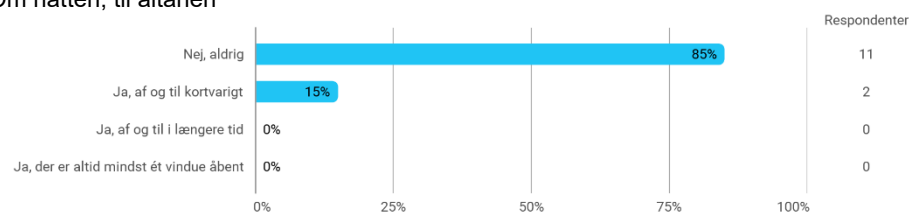
- Om natten, til det fri



- Om dagen, til altanen



- Om natten, til altanen



Beskriv gerne hvorfor I åbner vinduer og altandør:

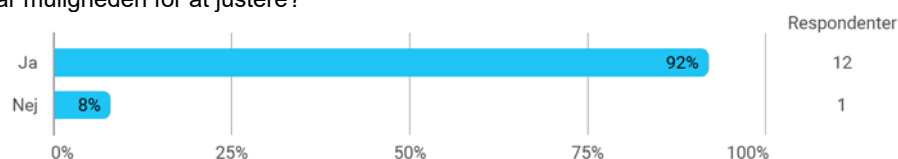
- For madlugt og om morgenen i soveværelse. Ellers føles det indelukket.
- Jeg synes, jeg trænger til "frisk" luft udefra (i stedet for via ventilationsanlægget), men det er kun kortvarigt om vinteren, da I jo siger, at ventilationsanlægget skal kunne klare det. Jeg føler dog stadig, at det er "skønt" med bare lidt frisk luft udefra hurtigt.
- Hvis vi har skruet for højt op for varmen og skal have temperaturen hurtigt ned og lidt af gammel vane med at der skal luftes ud
- Som sagt kan stegeos hænge længe.

10.4.7 Justering af indeklimaet

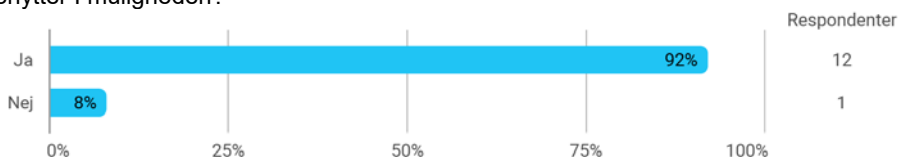
Oplever I, at I har mulighed for at justere følgende og benytter I jer af det?

Rumtemperaturen

- Har muligheden for at justere?

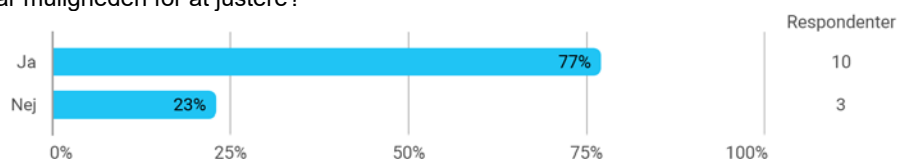


- Benytter I muligheden?

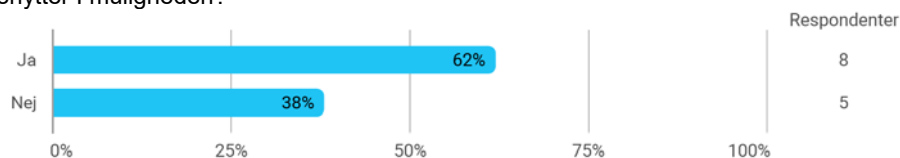


Ventilationen

- Har muligheden for at justere?

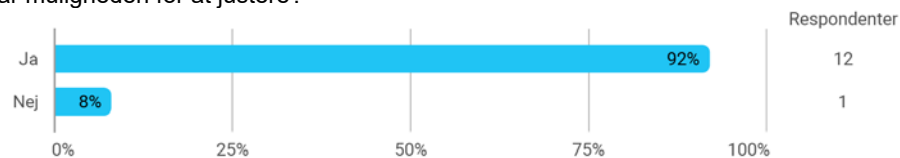


- Benytter I muligheden?

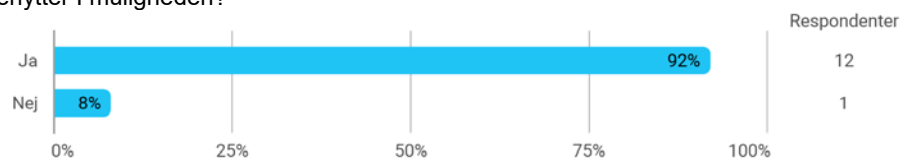


Udluftning

- Har muligheden for at justere?

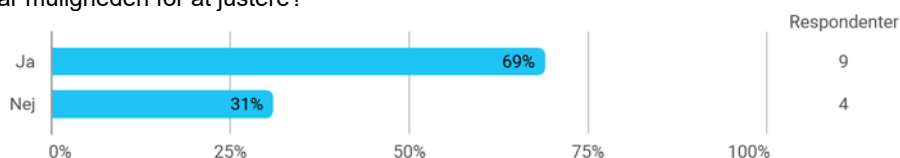


- Benytter I muligheden?

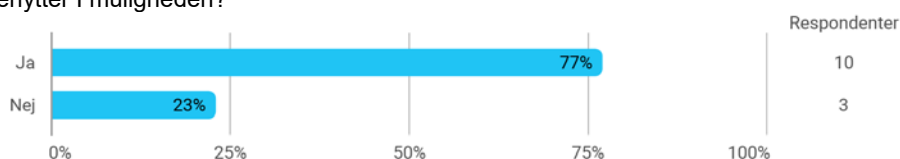


Solindfald

- Har muligheden for at justere?



- Benytter I muligheden?



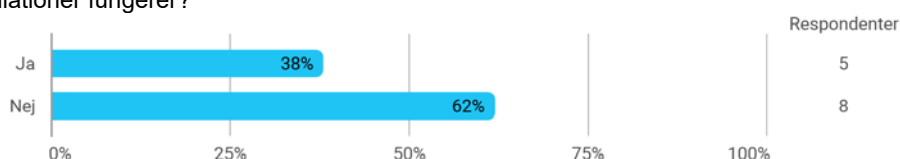
Uddyb gerne:

- Solindfald: Manglende afskærmningsløsning på altan
- Da lejlighederne midtfor kun har vinduer til een side vanskeliggør det udluftning og ventilationen køre altid i "vintermode".
- Har lavt energiforbrug, men det giver som sagt også nogle klimatiske problemer.
- Rumtemperaturen justeres via termostat.
- Kunne godt tænke mig at have mulighed for at nedsætte ventilationen visse steder i boligen (soveværelse og stue)
- De to sidste ved jeg ikke
- Mangler generelt et kursus i justerings/programmeringsmuligheder af anlægget.

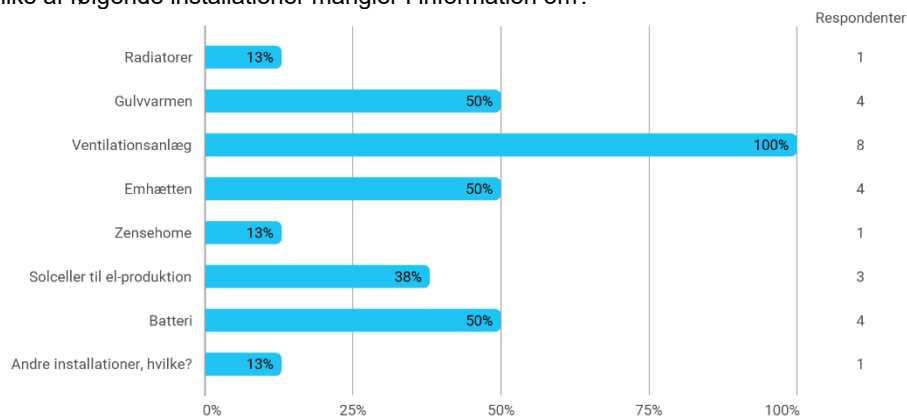
10.5 Tekniske installationer

10.5.1 Tilstrækkelig information?

Finder I, at I har fået tilstrækkelig information om hvordan boligens forskellige tekniske installationer fungerer?



Hvilke af følgende installationer mangler I information om?



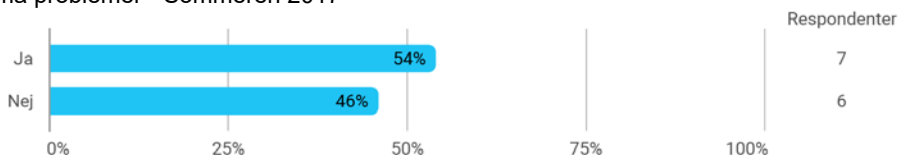
Hvilke af følgende installationer mangler I information om? - Andre installationer, hvilke?

- Tror min kæreste har fået nok info, og han tager sig af det - men nu handlede der jo om mig

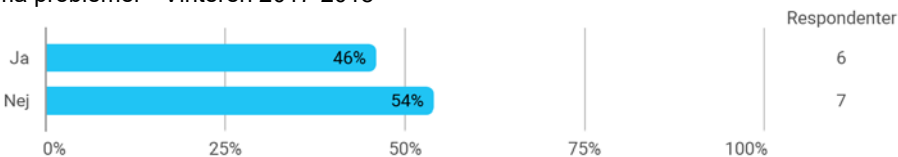
10.5.2 Problemer med de tekniske installationer

Har I oplevet små eller store problemer med boligens tekniske installationer?

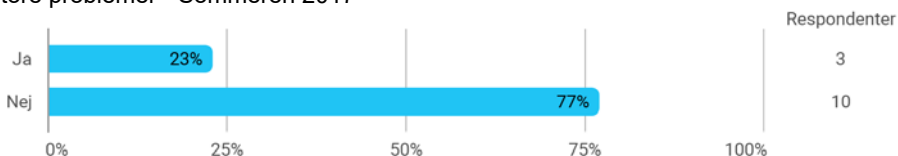
- Små problemer - Sommeren 2017



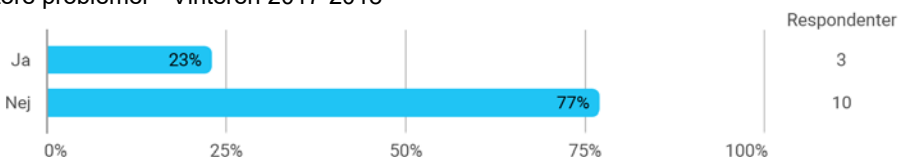
- Små problemer - Vinteren 2017-2018



- Store problemer - Sommeren 2017



- Store problemer - Vinteren 2017-2018



Hvis "ja" – uddyb gerne hvad der var problemet/problemene

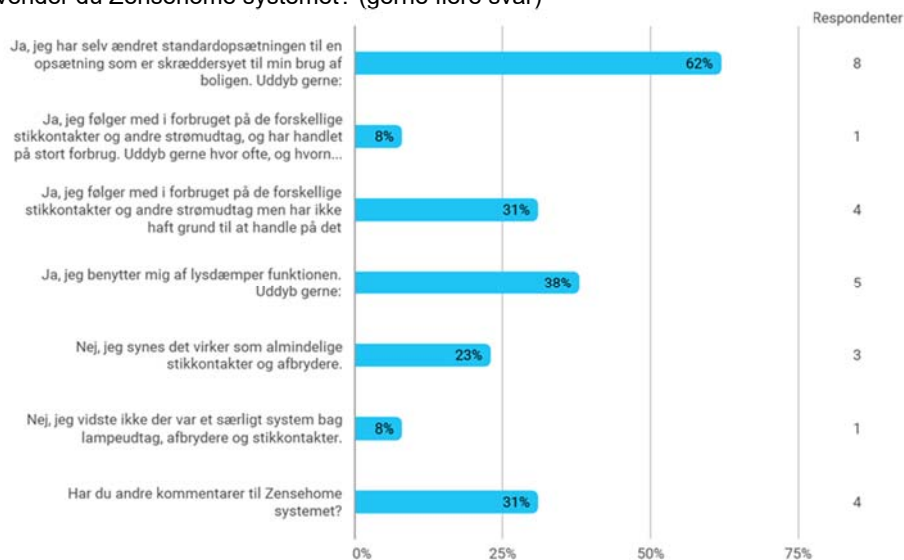
- Ja vi har haft et strøm problem, hvor jeg havde en elektriker ude for at tjekke el-tavlen.
- Lyden fra pumpen.
- elektriker arbejde
- M-hætten "suger" ikke noget ud. Kunne godt tænke mig, at der havde været en slags "turbo-knap". Man kan nærmest ikke stege 4 bøffer på én gang, uden at røgalarmen sætter i gang.
- Holde temperaturen nede med ventilationsanlægget sommer og efterår.
Meget lav luftfugtighed i vintermånederne
Utilstrækkelig udsugning i forbindelse med madlavning (Turbosug)

Problem er med drift af lift. flere stop, heraf et på mere end en uge. Ifølge reparatør, følger af fejlmontering.

- Har haft svært ved at kode ventilationsanlægget
- Der var problem med ventilationen, der ikke skulle slås fra og noget med gulvvarmen
- Defekt føler i anlægget, som krævede en del korrespondance frem og tilbage førend vi fik tekniker besøg, som fandt og udbedrede den følerfejl, som jeg havde hævdet hele tiden var der.
- Problemer med liften manglende driftssikkerhed. Knagende lyde fra døren. standser ofte under eller over gulvhøjde

10.5.3 Zensehome systemet

Anvender du Zensehome systemet? (gerne flere svar)



Anvender du Zensehome systemet? (gerne flere svar) - Ja, jeg har selv ændret standardopsætningen til en opsætning som er skræddersyet til min brug af boligen. Uddyb gerne:

- Tænd/sluk funktioner
- nej

Anvender du Zensehome systemet? (gerne flere svar) - Ja, jeg følger med i forbruget på de forskellige stikkontakter og andre strømudtag, og har handlet på stort forbrug. Uddyb gerne hvor ofte, og hvornår du sidst tjekkede:

- 1 x månedligt
- nej
- sjældent

Anvender du Zensehome systemet? (gerne flere svar) - Ja, jeg benytter mig af lysdæmper funktionen. Uddyb gerne:

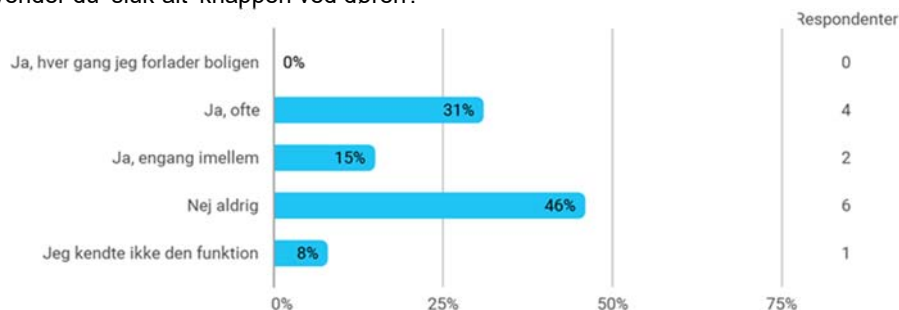
- ja
- Lyset dæmper og opdæmper selv på bestemte tidspunkter morgen og aften

Anvender du Zensehome systemet? (gerne flere svar) - Har du andre kommentarer til Zensehome systemet?

- Er glad for funktionen med at tænde og slukke for grupper
- Bruger standardopsætningen til at kontrollere lyset. Havde tidligere styringen på telefonen, men det forsvandt ved reparation af telefon, og har ikke fået det lagt ind igen. Overvåger meget sjældent energiforbruget.

- jeg bruger Apple udstyr- programmerne kører udelukkende på Windows. Derfor ikke selv mulighed for at ændre opsætningen. har overtaget tidligere ejers opsætning
- Fungerer fint
- Smart system, dog er bronzefjedrene i kontakterne for svage, så man tydeligt kan mærke, at de kontakter man bruger til fx. Støvsuger med lidt tykkere ben ikke slutter så tæt til almindelige stikken.

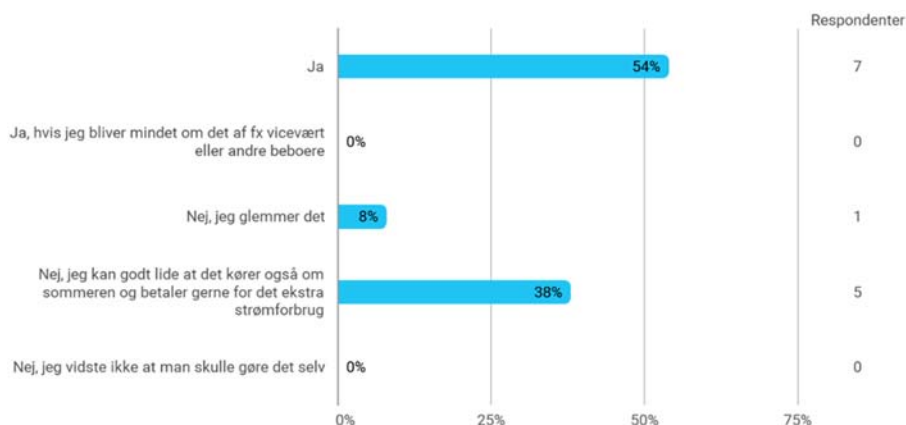
Anvender du 'sluk-alt' knappen ved døren?



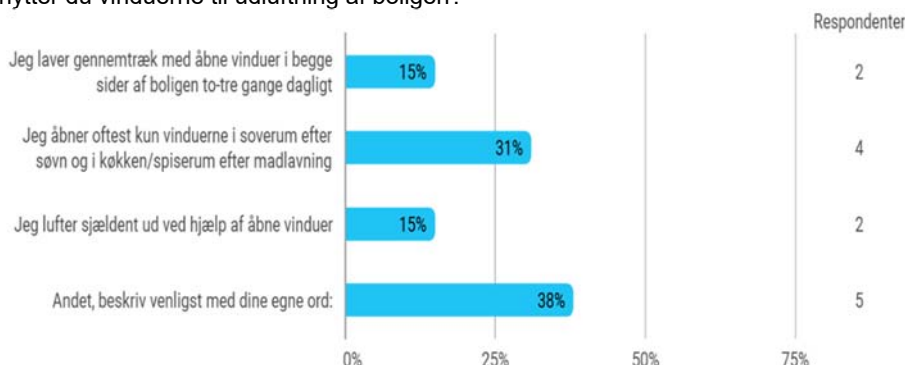
10.5.4 Ventilation

Luften i din bolig

Skifter du mellem sommer- og vinterdrift af ventilationsanlægget (slukker du det om sommeren)?



Benytter du vinduerne til udluftning af boligen?



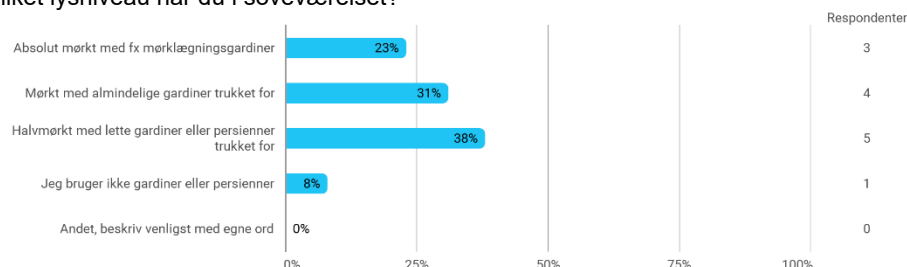
Benytter du vinduerne til udluftning af boligen? - Andet, beskriv venligst med dine egne ord:

- Jeg åbner vinduerne på varme sommerdage for at forøge ventilationen idet vi ikke har køling i ventilationssystemet.
- Ved madlavning og som køling/total udluftning.
- Jeg lufter ud, når det er tiltrængt

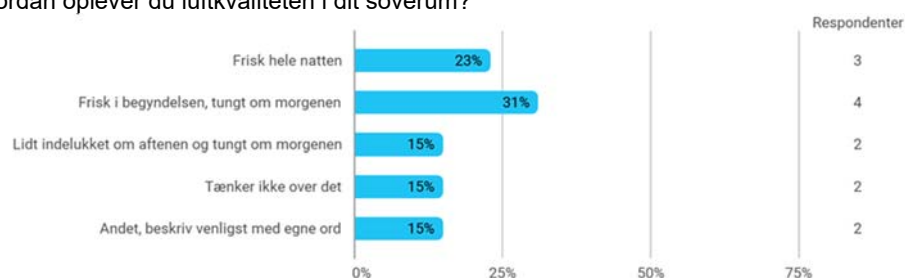
- udluftning i varme måneder via vinduerne
- v. sommertid står vindue altid på klem
- Jeg åbner alle vinduer, men skal åbne døren til opgangen og lave gennemtræk den vej

10.6 Soveværelse og sovevaner

Hvilket lysniveau har du i soveværelset?



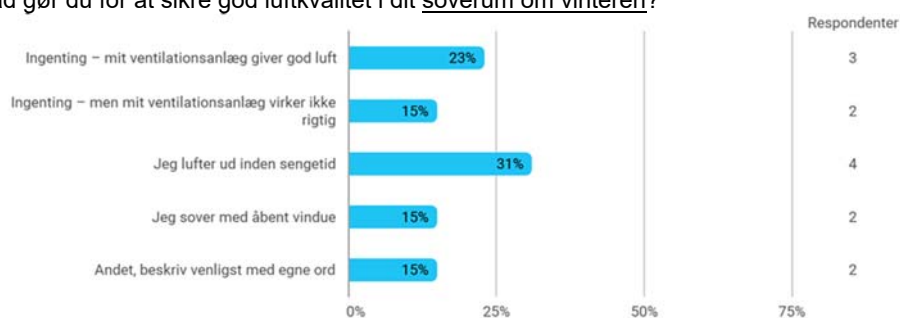
Hvordan oplever du luftkvaliteten i dit soverum?



Hvordan oplever du luftkvaliteten i dit soverum? - Andet, beskriv venligst med egne ord

- Vi sover altid med åben dør.
- Luft ud inden sengetid, har af og til vindue åbent. CO₂ indhold ofte højt om morgenen
- Undrer mig over, at CO₂ niveauet bliver for højt om natten, selvom vi lader døren til stuen stå åben (især om vinteren)

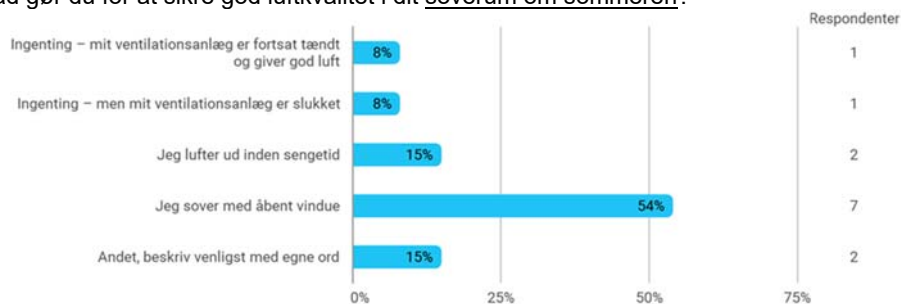
Hvad gør du for at sikre god luftkvalitet i dit soverum om vinteren?



Hvad gør du for at sikre god luftkvalitet i dit soverum om vinteren? - Andet, beskriv venligst med egne ord

- jeg har døren åben til stuen
- Men ikke åbent vindue om vinteren,
- sover med åben dør til soveværelse
- For højt CO₂ niveau
- åben dør til stue

Hvad gør du for at sikre god luftkvalitet i dit soverum om sommeren?



Hvad gør du for at sikre god luftkvalitet i dit soverum om sommeren? - Andet, beskriv venligst med egne ord

- åben døren til stuen
- Vinduet er kun på mindste åbning gr. trafikstøj
- Det er bedst med åbent vindue, ventilationsanlægget klarer ikke varmen helt - men det giver selvfølgelig støj udefra
- Sover med åbent vindue eller altandør på klem.

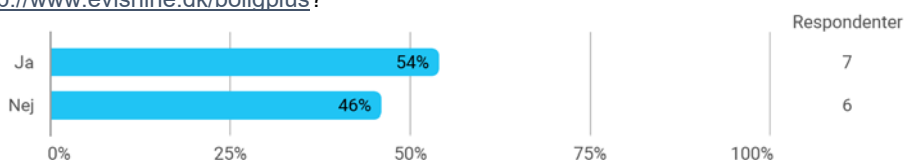
Har du andre kommentarer til soverum og sovevaner? Beskriv venligst:

- Der er tungt om morgenen i soveværelset. Det er så vidt jeg lige kan fornemme upåagtet om ventilationsanlægget har kørt eller ej.
- Er til tider generet af trafikstøj

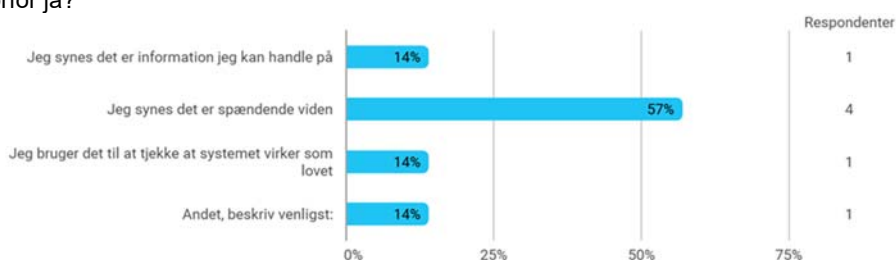
10.7 Eget energiforbrug og elproduktion med solceller

Orienterer du dig om dit energiforbrug og bygningens elproduktion på app eller website

<http://www.evishine.dk/boligplus?>



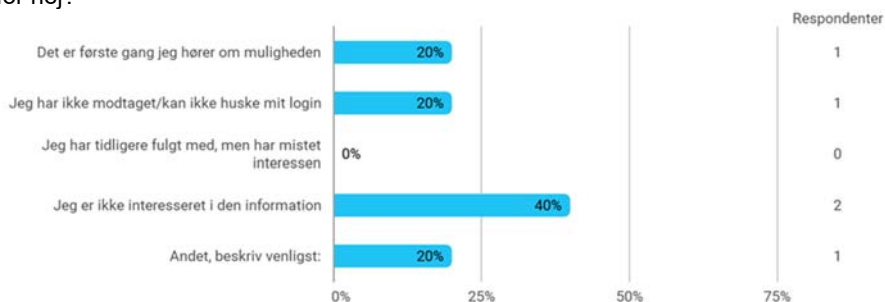
Hvorfor ja?



Hvorfor ja? - Andet, beskriv venligst:

- Jeg sørger for at bruge solcellernes energi i dagslys, dvs. til vask m.m.

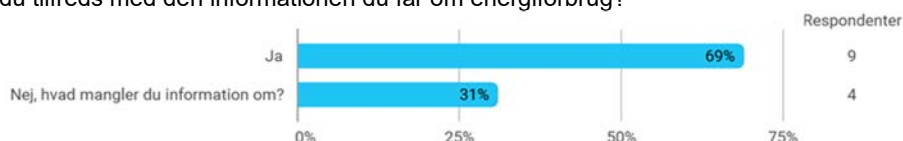
Hvorfor nej?



Hvorfor nej? - Andet, beskriv venligst:

- Hørte først ved tilfældighed om mulighed for at par måneder siden.
- Gjorde i starten, men kan ikke længere se oplysningerne på app'en

Er du tilfreds med den informationen du får om energiforbrug?



Er du tilfreds med den informationen du får om energiforbrug? - Nej, hvad mangler du information om?

- Har ikke login til Evishine.
- Jeg mangler app'en. Den virker ikke mere :-(
- Se ovenfor
- systemet fungerer ikke godt på iPad og iPhone

Er du tilfreds med den informationen du får om solcelleanlæggets energiproduktion?

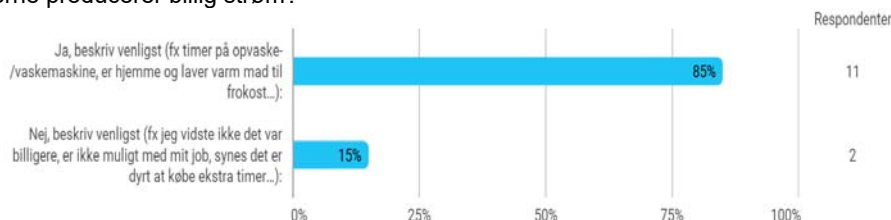


Er du tilfreds med den informationen du får om solcelleanlæggets energiproduktion? - Nej, hvad mangler du information om?

- Se ovenfor.
- Produktion til og anvendelse af strøm til batteri. Hvornår sælger vi strøm og hvornår og hvordan bruger vi batteri-strøm. Bruges der batteristrøm hvis elbil oplades om natten?

10.7.1 Strømforbrug

Har du en særlig strategi for at bruge strøm, specielt midt på dagen når solen skinner og solcellerne producerer billig strøm?



Har du en særlig strategi for at bruge strøm, specielt midt på dagen når solen skinner og solcellerne producerer billig strøm? - Ja, beskriv venligst (fx timer på opvaske-/vaskemaskine, er hjemme og laver varm mad til frokost...):

- Benytter så vidt muligt opvaske/vaskemaskine og tørretumbler i dagtimer.
- Prøver at bruge mest strøm til hårde hvidevarer, når solen skinner.

- Hvis det passer ind bruger jeg gerne timer etc. Men det er ikke noget som har prioritet i forhold til hvad der ellers passer ind i hverdagen/er bekvemt.
- Vasker altid, når det er sol, bruger meget grøn strøm
- bruger så vidt muligt maskinerne når
- Er ofte hjemme om dagen og benytter mig oftest her af mulighed for at klare opvask/vask/madlavning
- Jeg forsøger at bruge de store maskiner midt på dagen så ofte jeg kan, så jeg kan undgå det om aften
- Som pensionist vasker/tørre vi på hverdage når der er sol, og flertallet er på arbejde.
- bruger så vidt muligt maskinerne når

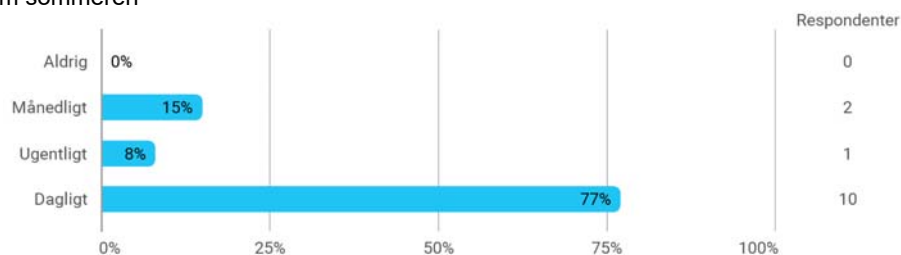
Har du en særlig strategi for at bruge strøm, specielt midt på dagen når solen skinner og solcellerne producerer billig strøm? - Nej, beskriv venligst (fx jeg vidste ikke det var billigere, er ikke muligt med mit job, synes det er dyrt at købe ekstra timer...):

- Ikke muligt med mit job.
- jeg arbejder dagligt

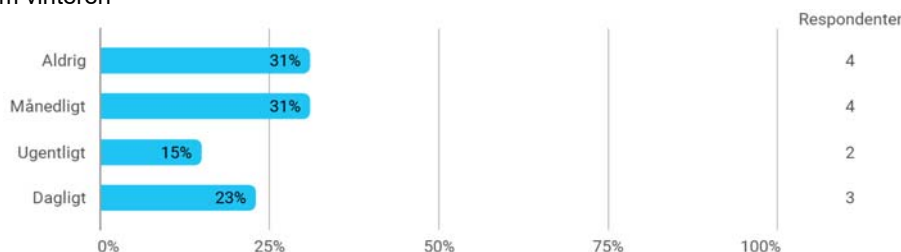
10.8 Altan

Hvor ofte benytter du altanen?

- Om sommeren

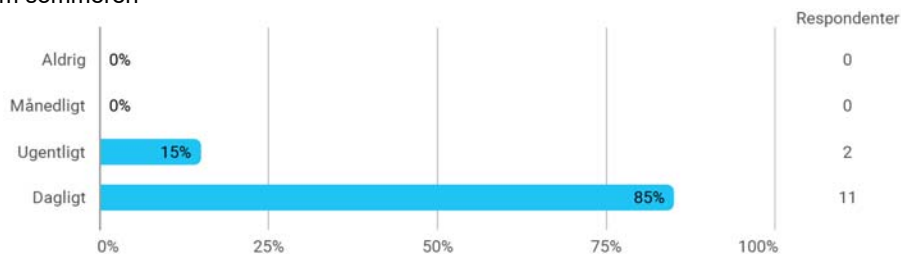


- Om vinteren



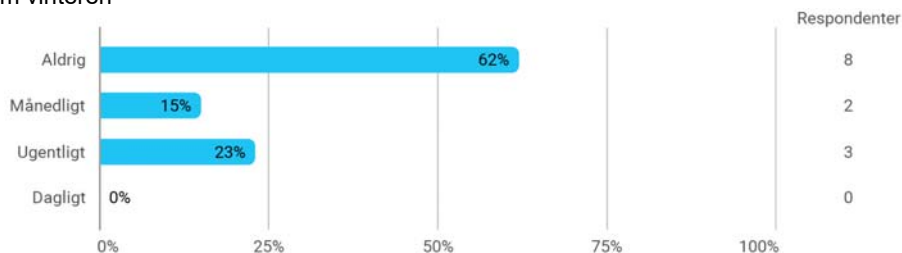
Hvor ofte lader du døren mellem altan og bolig stå åben?

- Om sommeren



Hvor ofte lader du døren mellem altan og bolig stå åben?

- Om vinteren



Beskriv den største fordel ved altanen:

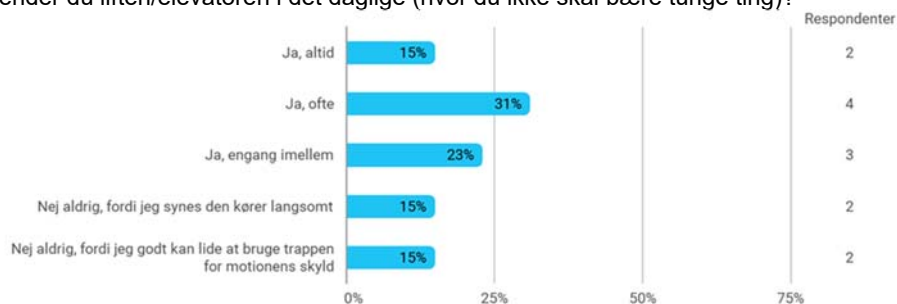
- Om vinteren bruger jeg den som et ekstra lager for grøntsager.
- Kan benyttes fra tidligt forår til efterår (lang sæson).
- At man har et ekstra "rum" om sommeren.
- Ekstra plads om sommeren, og som ekstra køleskab om vinteren
- Den er rar nok at have.
- sol og varme om sommeren - køleskab om vinteren
- Skønt, at den vender mod sydvest, stole og puder kan stå ude, da den er overdækket, vinduer kan slås fra, så man kan få sol, føler man er udenfor. Kan ikke undværes om sommeren.
- At altanen er aflukket
- Dejligt, den er overdækket
- At man kan opholde sig der - at man kan være lidt ude og indenom samme tid også i regnvejr
- Dejlig at have om sommeren
- At den er lukket

Beskriv den største ulempe ved altanen:

- På grund af altanens uens facon rocker den lidt frem og tilbage.
- Søborg Hovedgade er meget blæsende og det kan nemt trække meget hvis man åbner vinduerne.
- Det er udformningen af altanen.
- Der bliver meget varmt om sommeren
- Trafikstøjen tager en del af glæden ved altanen. Hvis man skal bruge den om eftermiddagen når der er sol på, er der som regel for meget støj fra vejen til at det rigtig er fornøjeligt.
- der er ingen
- Altanen kunne godt have været lidt større, når man nu laver sådan et flot byggeri. En skandale, at man ikke kan komme til at pudse det ene vindue, da ruderne "skygger" for hinanden.
Ruderne i skydedørene er ridsede fra starten af; det er nævnt ved 1-års gennemgangen.
- Ikke ulemper
- Lidt lille
Løsningerne under glasset måtte godt have været lavere, så man fik mere sol på kroppen.

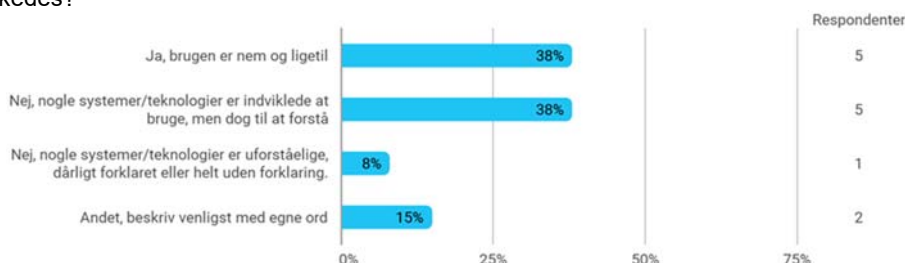
10.9 Lift/elevator

Anvender du liften/elevatoren i det daglige (hvor du ikke skal bære tunge ting)?



10.10 Brugervenlighed

Ideen bag BOLIG+ har bl.a. været at gøre den ny teknologi brugervenlig. Synes du at det er lykkedes?



Ideen bag BOLIG+ har bl.a. været at gøre den ny teknologi brugervenlig. Synes du at det er lykkedes? - Andet, beskriv venligst med egne ord

- Ja, generelt. Dog med visse begrænsninger: opsætning af ZenseHome kræver man har en Windows PC; manglende information om Evishine.
- Mangler dog nogle forklaringer
- Synes det er lykkedes ret fint, liften er bare alt for langsom og får ofte i stykker
- Kunne godt have ønsket et luftbefugtningsmodul samt aircon i Genvex-anlægget

10.11 Andet - positivt eller negativt

Er der andet, positivt eller negativt, som du ønsker at fremhæve eller blot gerne vil nævne, kan du skrive det her:

- Overall har pumpe-lyden haft en enorm negativ oplevelse på de første par år i boligen. Hvis den ikke havde været der havde det nok været et mere positivt indtryk. Det ser dog ud til at være blevet lavet tilfredsstillende nu og det er virkeligt positivt! Overall synes jeg det er en dejlig bolig, som jeg er ganske tilfreds med at bo i.
- materialerne i boligen er noget bras - opvasker og oven er ikke første klasse - ridser i glasset på døren til altanen og i vinduet mod Hovedgaden - liften er ligeledes noget bras, er ustabil i driften - have anlægget er sølle - og så har I anbefalet en administrator der er dyr og dårlig.
- lejlighedens udformning er som sådan rigtig fin og moderne
- Elevator/lift:
Vi har haft store problemer med liften, som ikke har eller fungerer optimalt, og det er ikke tilfredsstillende for en så ny lift.

Liften/elevatoren har siddet fast flere gange, omfattende reparationer med defekte styresko, som af vores nye elevatorfirma er vurderet til at være af en for ringe kvalitet, sådanne styresko burde kunne holde 10-15 år. Stillads måtte opstilles for at løse problemet sidste gang. Det har været en bekostelig affære.

Umiddelbart virker det på os, som om monteringen af liften ikke er udført korrekt, hvilket også er påpeget overfor bygherren.

Hvorfor har man ikke lavet køleanlæg indbygget i ventilationsanlægget?

- Jeg synes det er positivt at der er opnået betydelige energibesparelser i ejendommen. Dette har dog en downside i at det er svært for at sige umuligt i perioder at holde temperaturen på et rimeligt niveau. Luftfugtigheden i vintermåneder er et andet problem, Radiatorerne forekommer voldsomt overdimensionerede og tilhørende byggeri fra det forrige århundrede. Der burde være installeret gulvvarme i hele lejligheden. Vi har gennem vinteren kun i perioder kunne mærke at radiatorerne var lunkne til trods for en temperatur på mellem 22 og 23 grader.
- Dejligt at bo i en energivenlig, nybygget bolig. Nem og behagelig at opholde sig i og jeg bliver gladere og gladere for at være her.
- Har aldrig set så mange ridser før, som der er i glasset i altandørene, helt ufatteligt. Ser ud som om det er sket under produktion af selve ruderne.
- Generelt tilfreds med boligen.

Dog visse problem med temperaturen om sommeren, for høj.

Luftfugtighed om vinteren

Manglende udsugningseffekt på emhætten.

Driftsproblemer med liften og heraf følgende dyre reparationer, der ikke burde forekomme på en ny lift.

I rapporten evalueres, hvorvidt BOLIG+ i Søborg lever op til målet om at være Danmarks første reelt energineutrale etageboligbyggeri. Evalueringen bygger på målinger af energi og indeklima i bygningen gennem halvandet år samt interview af beboerne. Desuden vurderes, om det projekterede energibehov er sammenligneligt med det målte energiforbrug.

Rapporten er afslutningen på en lang udvikling og realisering af BOLIG+ konceptet, som startede under Energy Camp 2005.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN