



**AALBORG UNIVERSITET**  
KØBENHAVN

Aalborg Universitet København

Statens Byggeforskningsinstitut

A. C. Meyers Vænge 15

2450 København SV

Danmark

## Studenterrapport

**Uddannelse:** Master i Bygningsfysik

**Semester:** 4. semester

**Titel på masterprojekt:**

Energirenovering af enfamiliehus opført  
efter BR-S85

**Projektperiode:**

1. februar til 3. juni 2019

**Vejleder:**

Kirsten Engelund Thomsen

**Bivejleder:**

Tessa Kvist Hansen

**Studerende:**



Jens Peder Bjerre Nikolajsen



Renè Rohde Martensen

**Antal normalsider:** 62

**Vedlagt kvittering fra Digital Eksamen**

**Afleveringsdato:** 3 juni 2019

### Resume:

I dette projekt tages der udgangspunkt i en specifik ejendom der er opført i 1986-87 efter bygningsreglement BR85-S. Rapportens målgruppe er således ejendommens ejer samt boligejer af samme type ejendom.

Det vil gennem beregninger i Be18 blive belyst hvilke tiltag der skal foretages for at overholde henholdsvis renoveringsklasse 1 og 2, og hvilke tiltag der skal til for at overholde kravet til energirammen for nybyggeri for BR18.

Indeklimaet for den nuværende bolig gennemgås og holdes op imod de oplevelser boligejer har af indeklimaet i dagligdagen.

Gennem simuleringer i WUFI vil de fugttekniske forhold der gør sig gældende ved en efterisolering af loftkonstruktion blive anskueliggjort. Tilsvarende er der udført HEAT2 beregninger af samlingsdetalje i vinduesfals for at vurdere betydningen af ændret kuldebrosafbrydelse.

Det vil blive belyst, hvilke omkostninger de forskellige tiltag er forbundet med, og der diskuteres fordele samt eventuelle ulemper, der må forventes ved gennemførelse af de udvalgte tiltag.

Der er søgt at anvende realistiske priser for de udvalgte renoveringstiltag via tilbud fra håndværksvirksomheder. Omkostninger til energirenovering sammenholdes med den værditilvækst, der af lokal ejendomsmægler, vurderes for området at være realistisk. Der diskuteres afslutningsvist, om nybyggeri kan være mere attraktivt for boligejer.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

---

# ENERGIRENOVERING AF ENFAMILIEHUS OPFØRT EFTER BR-S85

---

Masterprojekt



**Master i bygningsfysik**

**Udarbejdet af:**

*Jens Peder Bjerre Nikolajsen*

*Studienummer: 20171525*

*Renè Rohde Martensen*

*Studienummer: 20105298*

Afleveret d. 3 juni 2019

## Indhold

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumé.....                                                                 | 4  |
| Abstract .....                                                              | 5  |
| 1 Indledning.....                                                           | 6  |
| 2 Afgrænsning .....                                                         | 7  |
| 3 Baggrund, teori og lovgivning .....                                       | 7  |
| 3.1 Historisk baggrund .....                                                | 7  |
| 3.1.1 Det arkitektoniske udtryk.....                                        | 8  |
| 3.1.2 De typiske konstruktionsmæssige forhold .....                         | 8  |
| 3.1.3 Installationer i 80'ér husene .....                                   | 9  |
| 3.1.4 De energimæssige krav .....                                           | 9  |
| 4 Metoder og materialer .....                                               | 11 |
| 4.1 Beregning i Be18 .....                                                  | 12 |
| 4.2 Fugtberegning i WUFI.....                                               | 12 |
| 4.3 Beregning af kuldebro i HEAT 2.....                                     | 12 |
| 5 Beskrivelse og beregninger for case ejendom inden renovering.....         | 13 |
| 5.1 Beliggenhed.....                                                        | 13 |
| 5.2 Beskrivelse af case ejendommen .....                                    | 13 |
| 5.3 Beskrivelse af parcelhuset.....                                         | 14 |
| 5.4 Beregning af transmissionskoefficienter for energiberegning i Be18..... | 18 |
| 5.4.1 U-værdi for ydervæg .....                                             | 18 |
| 5.4.2 U-værdi for terrændæk med gulvvarme .....                             | 20 |
| 5.4.3 U-værdi for terrændæk uden gulvvarme.....                             | 21 |
| 5.4.4 U-værdi for tag/loftskonstruktion .....                               | 21 |
| 5.4.5 U-værdi for vinduer og døre .....                                     | 22 |
| 5.5 Bestemmelse af linjetab for case ejendommen.....                        | 23 |
| 5.6 Boligens samlede energibehov inden renovering.....                      | 24 |
| 5.7 Handelsvurdering af ejendommen under nuværende forhold.....             | 27 |
| 6 Boligens indeklima .....                                                  | 27 |
| 6.1 Træk.....                                                               | 27 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.2 Vinduer og døre.....                                                     | 31 |
| 6.3 Lysforhold .....                                                         | 34 |
| 6.4 Delkonklusion indeklime .....                                            | 35 |
| 7 Beskrivelse og beregninger af renoveringsforslag .....                     | 36 |
| 7.1 De frivillige renoveringsklasser .....                                   | 37 |
| 7.1.1 Renoveringsklasse 2 .....                                              | 37 |
| 7.1.2 Renoveringsklasse 1 .....                                              | 37 |
| 7.2 Renoveringsforslag 1 .....                                               | 38 |
| 7.2.1 Konvertering til anden opvarmningsform.....                            | 41 |
| 7.2.1.1 Konvertering til en væske til vand varmepumpe (jordvarme).....       | 41 |
| 7.2.1.2 Konvertering til fjernvarme .....                                    | 44 |
| 7.2.2 Etablering af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding..... | 47 |
| 7.2.3 Udskiftning af vinduer og døre.....                                    | 50 |
| 7.2.4 Efterisolering af tagkonstruktion .....                                | 53 |
| 7.2.5 Etablering af solceller .....                                          | 59 |
| 7.3 Tilskudsordninger .....                                                  | 62 |
| 7.4 Diskussion af renoveringsforslag 1.....                                  | 65 |
| 7.5 Renoveringsforslag 2 .....                                               | 66 |
| 7.5.1 Installationer .....                                                   | 68 |
| 7.5.2 Terrændæk.....                                                         | 69 |
| 7.5.3 Udskiftning til større og flere vinduer for bedre dagslysforhold ..... | 71 |
| 7.5.4 Efterisolering af tagkonstruktion og etablering af nye lofter.....     | 72 |
| 7.5.5 Ydervægge og samlingsdetaljer ved vinduer og døre .....                | 73 |
| 7.5.6 Arkitektur og planløsning ved en totalrenovering .....                 | 77 |
| 9 Diskussion.....                                                            | 80 |
| 10 Konklusion .....                                                          | 84 |
| 12 Bibliografi .....                                                         | 85 |
| 13 Bilag .....                                                               | 87 |
| 13.1 Bilagsliste.....                                                        | 87 |

## Resumé

I dette projekt tages der udgangspunkt i en specifik ejendom der er opført i 1986-87 efter bygningsreglement BR85-S. Rapportens målgruppe er således ejendommens ejer samt boligejer af samme type ejendom.

Det vil gennem beregninger i Be18 blive belyst hvilke tiltag der skal foretages for at overholde henholdsvis renoveringsklasse 1 og 2, og hvilke tiltag der skal til for at overholde kravet til energirammen for nybyggeri for BR18.

Indeklimaet for den nuværende bolig gennemgås og holdes op imod de oplevelser boligejer har af indeklimaet i dagligdagen.

Gennem simuleringer i WUFI vil de fugttekniske forhold der gør sig gældende ved en efterisolering af loftkonstruktion blive anskueliggjort. Tilsvarende er der udført HEAT2 beregninger af samlingsdetalje i vinduesfals for at vurdere betydningen af ændret kuldebrosafbrydelse.

Det vil blive belyst, hvilke omkostninger de forskellige tiltag er forbundet med, og der diskuteres fordele samt eventuelle ulemper, der må forventes ved gennemførelse af de udvalgte tiltag.

Der er søgt at anvende realistiske priser for de udvalgte renoveringstiltag via tilbud fra håndværksvirksomheder. Omkostninger til energirenovering sammenholdes med den værditilvækst, der af lokal ejendomsmægler, vurderes for området at være realistisk. Der diskuteres afslutningsvist, om nybyggeri kan være mere attraktivt for boligejer.

Beregninger igennem projektet viser, at renoveringsklasse 2 og efterfølgende renoveringsklasse 1, kan overholdes ved gennemførelse af forholdsvis få tiltag, men at det ikke er rentabelt i forhold til ejendommens værditilvækst.

Ved gennemførelse af en omfattende totalrenovering, er det muligt at overholde energirammekravet for nybyggeri i BR18. En omfattende totalrenovering vil dog på samme måde ikke være rentabelt for boligejer.

## Abstract

For this project the starting point is a specific property erected in 1986-87 following building regulations BR 85-S. Thus the focus of this report is the owner of the property and homeowners of the same type of house.

Through calculations in Be18 it will be clarified which measures needs to be taken to comply with respectively renovation class 1 and 2 and which measures needs to be taken to comply with the demands of the energy frame for construction of new buildings. The indoor climate of the existing residence will be analysed and compared with the homeowners experiences of the indoor climate in the day to day situation. Through simulations in WUFI the conditions present after re-insulation of the attic construction will be made clear.

Similarly, HEAT2 calculations of assembly detail between window and masonry have been carried out in order to assess the significance of alterations in the thermal bridge break.

The costs associated with the various measures will be illuminated, and advantages and any disadvantages that may be expected when implementing the selected measures will be discussed.

An attempt has been made to apply realistic prices for the selected renovation measures via offers from construction companies. The costs for energy renovation are compared with the added value of the property estimated by a local real estate broker, which is considered realistic for the area. Finally, it is discussed whether building a completely new house might be more attractive to the homeowners.

Calculations through out the project have shown that renovation class 2 and subsequently renovation class 1 can be achieved when carrying out relatively few measures, but that it is not profitable in relation to the value added to the property. When carrying out a comprehensive total renovation, it is possible to comply with the energy framework requirement for new construction in BR18. However, a comprehensive complete renovation of the property will not be profitable for the homeowners in the same way.

## 1 Indledning

Denne projektrapport er udarbejdet som et afgangsprøve i forbindelse med uddannelsen Master i Bygningsfysik ved Aalborg Universitet København. Uddannelsen er en 2-årig masteruddannelse der har været afviklet i perioden fra efteråret 2017 til foråret 2019.

Projektet omhandler energirenovering af et enfamiliehus opført i perioden 1986 til 1987. Ejendommen er beliggende i Frederikshavn Kommune i Nordjylland.

Formålet med rapporten er at undersøge, hvilke muligheder der er for at løfte ejendommen til at opnå de frivillige renoveringsklasser, som fremgår af Bygningsreglementet 2018, eller om muligt, overholdelse af energirammen for BR18 byggeri samt alternativt at finde niveauet for rentabel energirenovering.

En større og ambitiøs energirenovering af ejendommen vil være forbundet med høje omkostninger, hvorfor det i rapporten undersøges, hvorvidt en realistisk renovering af ejendommen vil være en økonomisk attraktiv løsning for boligejeren, eller en nedrivning og genopførsel af et nyt parcelhus på grunden om muligt er en bedre løsning.

Et tungtvejende argument for at påbegynde en større energirenovering er, spørgsmålet om rentabilitet. Bygningsreglementet 2018 kræver, at ved ombygninger skal energibesparelser gennemføres i det omfang, de er rentable og ikke medfører fugtskader samt, at der ved total udskiftning af bygningsdele, skal overholdes specifikke mindstekrav til klimaskærmen uanset om der kan opnås rentabilitet (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Ifølge Bygningsreglementet 2018 ses der udelukkende på forholdet mellem årlig besparelse, levetiden af et tiltag og investeringens omfang, når det afgøres om et energibesparende tiltag kan anses som værende økonomisk rentabel (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

For den enkelte boligejer tages der således ikke hensyn til ejendommens landsdelsmæssige placering og dennes reelle handelsværdi samt mulighed for finansiering, hvilket for boligejere naturligvis er af særdeles væsentlig betydning, når det afgøres, hvorvidt man ønsker at give sig i kast med en omfattende energirenovering.

I projektet er det søgt at finde den reelle rentabilitet af en energirenovering, når der tages højde for case ejendommens placering i landet og aktuelle priser samt tilskud til renoveringen.

Opgaven starter med et undersøgelsesarbejde, hvis formål er at fastlægge case ejendommens nuværende handelsværdi inden en eventuelt forestående energirenovering. Efterfølgende undersøges relevante renoveringstiltag, som kan reducere boligens varmetab på en fugtteknisk forsvarlig måde.

Til fastsættelse af en realistisk værdi af ejendommen er der igennem projektet samarbejdet med lokale ejendomsmæglere, for både at finde den nuværende værdi af ejendommen og



hvilken betydning energirenovering vil have på case ejendommens handelsværdi og dermed rentabiliteten af renoveringen.

Rapporten er opdelt således, at den første del omhandler den teoretiske del med lovgivning og baggrund for projektet. Den anden del af rapporten omhandler case ejendommen før og efter energirenovering. I den sidste del af rapporten diskuteres de undersøgte renoveringsløsninger på et overordnet niveau.

Rapportens primære målgruppe er case ejendommens ejer, men sekundær også andre boligejere af samme type ejendom.

## 2 Afgrænsning

Projektet er afgrænset til at behandle et specifikt parcelhus fra 1987. Konstruktioner, hvis tilstand ikke direkte beskrives i rapporten, antages at være i god stand, hvilket blandt andet er valgt efter en fysisk gennemgang af ejendommen. Ejendommen fremstår i god vedligeholdsmæssig stand, hvor eksempelvis fuger i facademur kan betegnes som værende gode. Ejendommen bærer i sin helhed heller ikke præg af synlig ”byggesjusk” eller andet som naturligt skulle udbedres inden en eventuel energirenovering, hvorfor dette emne ikke behandles.

Grundet ejendommens alder og tilstand, er der valgt at se bort fra mulig forekomst af forurenede byggematerialer og håndtering af samme, da det ikke vurderes som sandsynligt at der skulle være forekomst af disse.

Projektet behandler ikke eventuelle lokale servitutter der kunne være til hindring for de foreslåede renoveringsløsninger eller alternativt nybyggeri, da dette naturligt vil have indflydelse på de valgte løsninger.

## 3 Baggrund, teori og lovgivning

I dette afsnit vil vi gennemgå den historisk baggrund og lovgivning fra 1960’erne til i dag for at belyse de energimæssige kravændringer der skete i slutningen af 1970’erne og starten af 1980’erne. Ligeledes vil vi belyse de typiske konstruktionsmæssige forhold der gjorde sig gældende i 1980’ernes parcelhusbyggeri.

### 3.1 Historisk baggrund

I 60’erne og 70’erne var Danmark i kraftig vækst, hvilket betød meget gunstige vilkår for parcelhusbyggeriet. Men lige så eksplosivt som det var startet, lige så hurtig faldt antallet af nybyggeri i 80’erne og 90’erne. Fra 1980 til 2000 købte mere end 90 % af alle nye husejere brugte huse, hvilket resulterede i, at der i den periode kun blev opført ca. 5.000 nye huse om året, hvor der i midten af 70’erne blev opført ca. 27.000 huse om året. De ændrede økonomiske forhold, betød også ændringer i arkitekturen (Bolijs, 2004).



Grunden til at der ikke blev bygget så mange huse, skyldtes blandt andet en meget lille inflationen, desuden var renterne på realkreditlånene meget høje, og så steg ejendomsskatterne betydeligt. Til gengæld kom der øget fokus på det individuelle parcelhus. Parcelhusejerne ville ikke længere have et standardiseret hus. Danskerne ville selv sætte deres personlige præg på huset og dets indretning. Dog måtte det ikke blive dyre en et almindelig typehus. Husene fra starten af 1980'erne blev typisk bygget enten i områder, hvor der var udstykket tidligere, altså blandt ældre huse, eller i mindre typehuskvarterer (SparEnergi.dk, 2018).

### 3.1.1 Det arkitektoniske udtryk

Parcelhuset fra 1980'erne er normalt omkring 135-180 m<sup>2</sup>. Hovedparten af dem er i et plan med en lille taghældning (25°), stort udhæng, som får huset til at syne større, end det egentlig er. Desuden blev det almindelig at integrere carporten under samme tag som bolig, hvilket også bevirkede at huset så større ud. Det var blevet meget populært med valmede tage, belagt med tegl- eller betontagsten. Husene er for det meste aflange, men kan som i denne rapports case ejendom, også have en eller to vinkler på. Vægge med skråt afskårne hjørner både ud- og indvendig vandt frem, og som stadig findes i stort set alle nyere typehuse. Ydervæggene er typisk udført med formur af røde- rødbrune eller gule teglsten. Parcelhusene fra 1980'erne har ofte små værelser, og vinduer er ligeledes små, som sammen med det store udhæng giver et begrænset lysindfald (SparEnergi.dk, 2018).

*Den postmoderne arkitektur havde ikke fokus på ægte materialer og synlige konstruktioner – tværtimod. Materialerne måtte gerne "ligne" ægte materialer, uden at være det. Murede vægge og gipsvægge blev behandlet, så de så ens ud, mens konstruktioner blev gemt af vejen bag gips og puds* (SparEnergi.dk, 2018).

### 3.1.2 De typiske konstruktionsmæssige forhold

#### Fundament

Fundamentet i parcelhusene fra 1980'erne, er typisk opført på randfundament af armeret beton eller fundaments blokke til frostfri dybde, og øverst 2 lag letklinkerblokke. Imellem terrændækket og fundamentet er der en kuldebrosafbrydelse af polystyren eller mineraluldsbatts (Erhvervsstyrelsen, 2015).

#### Terrændæk/gulve

Gulvene er oftest en støbt betonplade med trægulv på strøer, hvor der kan være udlagt mineraluld mellem strøerne, eller der kan være klinker der er udlagt direkte på betonpladen. Betonpladen er støbt på et isoleringslag af hårde mineraluldsbatts, letklinker eller polystyrenplader. Hvis der er anvendt mineraluldsbatts, vil der under isoleringen være et kapillarbrydende lag, af groft grus eller løse letklinker for at forhindre fugt i at trænge op i isolering og betonplade. Isoleringen som f.eks. polystyren eller letklinker er i sig selv

kapillarbrydende. Det er ikke så ofte, at der er kælder under ejendommene fra 1980'erne som det er i 1930-1950'erne husene. De enkelte huse der har kælder, er kælderydervæggen udført med isolerede støbte betonvægge eller med isolerede vægge muret op af letklinkerblokke (Erhvervsstyrelsen, 2015).

### Yder- og indervæg

Ydervæggene er udført med en bærende bagmur, oftest af pore- eller letbeton. Enkelte er udført med murede bagvægge af tegl. Udvendigt er der skalmur af tegl med isolering mellem for- og bagmur. Indvendige vægge er opbygget som træskeletvægge med beklædning af gipsplader eller de kan være udført med pore- eller letbeton (Erhvervsstyrelsen, 2015).

### Tagkonstruktion

Tagkonstruktionen er udført af gitterspær oftest med 25-30° hældning. Gavlene er valmede, hvilket er med til at sikre stabiliteten i tagkonstruktionen. Tagbelægningen kan være eternitplader, eller være tegl- eller betontagsten med undertag af banevare. Tagrummet ventileres langs spærfod igennem udhængene. Loftet er isoleret med mineraluld (typisk med 200 mm). Øverst 100 mm i husets længderetning, og nederst 100 mm mellem spærene på forskallingsbrædder og dampspærre. Loftterne er ofte af profilbrædder (Erhvervsstyrelsen, 2015).

#### 3.1.3 Installationer i 80'erne husene

Typehuset fra 1980'erne er typisk "født" med eget fyr til gas, eller er tilsluttet det lokale fjernvarmeværk. Huse som ligger uden for forsyningsområder med gas eller fjernvarme, opvarmes med oliefyr, biobrændselsfyr eller ved brug af el-panel radiatorer. Centralvarme, leverer varmen til radiatorerne og gulvvarme i de enkelte rum. Typisk er der kun gulvvarme i badeværelser, men jo senere huset er opført i denne periode, jo mere almindeligt er det med gulvvarme i hele huset. Afhængigt af hvilket fjernvarmeværk huset er tilsluttet, vil fjernvarmen enten være direkte eller indirekte (med varmeveksler).

Husene er naturligt ventileret, dvs. med frisk luft ind gennem vinduerne og/eller friskluftventiler i facaderne i opholdsrummene. Den forurenede indeluft ventileres ud gennem aftræk i toilet, bad, og bryggers. I enkelte huse blev der etableret mekanisk ventilation.

1980'erne var også indtoget for flere elektroniske apparater i de danske hjem, hvilket også afspejlede sig i, at der blev en del stikkontakter end tidligere (SparEnergi.dk, 2018).

#### 3.1.4 De energimæssige krav

*De første myndighedskrav til bygningsdeles varmeisoleringsevne (U-værdi) blev indført med det første landsdækkende danske bygningsreglement, der udkom i 1961. (Boligministeriet, 1961). Varmeisoleringskravene var til at begynde med beskedne, men de blev med de efterfølgende bygningsreglementer skærpet betydeligt (Møller E. B., SBI-anvisning 239, 2012).*

I tabel 1 ses den historiske udviklingen af kravet til varmeisolering (U-værdier [ $W/m^2K$ ]) på de enkelte konstruktionsdele i bygningsreglementet fra 1961 hvor det første bygningsreglement kom, og frem til i dag.

Tabel 1 U-værdi krav til de enkelte bygningsdele i bygningsreglement 1961 – 2018

|                                                            | BR<br>61 | BR<br>66 | BR<br>72 | BR<br>77 | BR<br>82 | BR<br>85 | BR<br>98 | BR<br>08 | BR<br>10 | BR<br>15 | BR<br>18 |
|------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ydervægge, > 100<br>kg/m <sup>2</sup>                      | 0,85     | 0,85     | 1,00     | 0,40     | 0,40     | 0,35     | 0,40     | 0,40     | 0,30     | 0,30     | 0,30     |
| Ydervægge, < 100<br>kg/m <sup>2</sup>                      | 0,50     | 0,50     | 0,60     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,40     | 0,30     | 0,30     | 0,30     |
| Skillevægge mod<br>uopvarmede rum                          | 1,70     | 1,70     | 2,00     | 0,50     | 0,50     | 0,50     | 0,60     | 0,50     | 0,40     | 0,40     | 0,40     |
| Kælderydervægge                                            | -        | -        | -        | -        | -        | 0,40     | 0,40     | 0,40     | 0,30     | 0,30     | 0,30     |
| Terrændæk                                                  | 0,40     | 0,40     | 0,45     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,20     | 0,20     | 0,20     |
| Terrændæk med<br>gulvvarme                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 0,30     | 0,30     | 0,20     | 0,20     | 0,20     |
| Etageadskillelse over<br>det fri                           | 0,40     | 0,40     | 0,45     | 0,20     | 0,20     | -        | 0,30     | 0,30     | 0,40     | 0,20     | 0,20     |
| Gulve over<br>krybekælder<br>(ventileret)                  | -        | 0,50     | 0,60     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,30     | 0,20     | 0,20     | 0,20     |
| Etageadskillelse mod<br>uopvarmede rum                     | 0,50     | 0,50     | 0,60     | 0,40     | 0,40     | 0,50     | 0,60     | 0,40     | 0,40     | 0,40     | 0,40     |
| Etageadskillelse mod<br>opvarmede/delvist<br>opvarmede rum | 0,70     | 0,70     | 0,80     | 0,60     | 0,60     | -        | 0,60     | 0,70     | 0,50     | 0,50     | 0,50     |
| Tagkonstruktioner                                          | 0,40     | 0,40     | 0,45     | 0,20     | 0,20     | 0,20     | 0,25     | 0,20     | 0,20     | 0,20     | 0,20     |
| Vinduer                                                    | -        | 3,00     | 3,60     | 2,90     | 2,90     | 2,90     | 2,90     | 2,00     | -        | -        | -        |
| Yderdøre uden glas                                         | -        | 3,00     | 3,60     | 2,00     | 2,00     | 2,00     | 2,90     | 2,00     | 1,80     | 1,40     | 1,40     |
| Yderdøre med glas                                          | -        | -        | -        | -        | 2,90     | 2,90     | 2,90     | 2,00     | 1,80     | 1,50     | 1,50     |
| Ovenlyskupler                                              | -        | -        | -        | -        | -        | 2,90     | 2,90     | 2,00     | 1,80     | 1,40     | 1,40     |

### U-værdi, lambda-værdi og linjetab

En U-værdi angiver, hvor meget varme der transmitteres ud igennem  $1 \text{ m}^2$  af en konstruktion ved en temperaturdifference på  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  mellem den udvendige og indvendige overflade af konstruktionen.

Enheden for en U-værdi benævnes  $\text{W/m}^2\text{K}$ . Da temperaturdifference angives i Kelvin i stedet for grader Celsius, anvendes bogstavet K (Energitjenesten, u.d.).

Desto lavere U-værdi, desto bedre isolerer konstruktionen eller jo dårligere ledes varmen igennem konstruktionen. F.eks. er U-værdi kravet til tagkonstruktion ved ombygninger af rapportens caseejendom jf. BR18 § 279  $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ , som svarer til ca. 300 mm isolering. Hvis der anvendes et isoleringsprodukt med en bedre isoleringsevne (lambdaværdi) eller isoleringstykkelsen øges til ca. 400 mm, falder U-værdien til ca.  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Energitjenesten, u.d.).

Lambda-værdi ( $\lambda$ ) er en benævnelse for et materiales varmeledningsevne målt i  $\text{W/mK}$ . F.eks. har messing en lambda-værdi på 100, hvor isoleringsprodukter ligger imellem 0,022 til  $0,042 \text{ W/mK}$  (Energitjenesten, u.d.).

Den lineære transmissionskoefficient, også kaldet linjetabet, er betegnelsen for det varmetab som opstår i f.eks. samlingen imellem ydervæg og vindue i klimaskærmen. Linjetab angives med det græske bogstav  $\Psi$  med enheden  $\text{W/mK}$ . Det er et udtryk for, hvor mange Watt, der transmitteres pr. meter ved en temperaturdifference på  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  mellem den udvendige og indvendige side.

Ved f.eks.  $32^\circ$  temperaturforskel ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$  indenfor og  $-12^\circ \text{C}$  udenfor) ganges transmissionskoefficient (fx  $0,1 \text{ W/mK}$ ) med 32, for at finde hvor mange Watt, der tabes pr. meter. Kravet til linjetab kom først i forbindelse med BR98 (Energitjenesten, u.d.).

## 4 Metoder og materialer

Undersøgelsen starter med en fysisk gennemgang af case-ejendommens parcelhus, med det formål, at finde frem til de konstruktioner og materialer der er anvendt i huset, yderligere fastlægges transmissionsarealer, transmissionskoefficienter samt linjetab jf. DS 418, således husets energibehov kan beregnes. Det beregnede energibehov vil danne grundlag for energibesparelspotentialet ved forskellige renoveringsforslag.

Indeklimaet i parcelhuset undersøges hovedsagligt ved hjælp af interview af ejendommens ejer samt lufthastighedsmåling og temperaturmåling udvalgte steder i huset, hvorefter disse sammenholdes med anerkendt teori på området. Datablad for det anvendte måleinstrument fremgår af bilag 1. Fremgangsmetode for målinger beskrives i afsnit 8.1.

Udvalgte bygningsdele, samt energiforsyningsformer, vil blive undersøgt med henblik på at reducere husets energibehov og forbedre indeklimaet således, at det er muligt at opnå

renoveringsklasse 1 og 2, samt reducere husets energibehov til et niveau tilsvarende nybyggeri jf. BR18.

Resultaterne af de udvalgte tiltag og deres kombination diskuteres, hvor der overvejes fordele og ulemper ved de forskellige tiltag. Udgifter til energirenovering vil sammenholdes med den reelle forøgelse af husets handelsværdi. Til bestemmelse af renoveringsomkostninger indhentes tilbud fra lokale håndværksvirksomheder i det omfang det er muligt, øvrige udgifter fastsættes erfaringsmæssigt. Til fastsættelse af ejendommens værdi før renovering samt betydning af renoveringsforslagene på samme, anvendes lokal og uvildig ejendomsmægler.

Udgifter til energi/indeklimarenovering diskuteres i forhold til udgifter ved nedrivning og genopførelse af et nyt hus på grunden.

#### 4.1 Beregning i Be18

Til bestemmelse af om parcelhuset overholder bygningsreglementets energibestemmelser til de omtalte renoveringsklasser og alternativt energirammekravet til nybyggeri jf. BR18 samt til bestemmelse af husets energibehov, anvendes beregningsprogrammet Be18.

Oplysninger om parcelhuset, herunder temperaturfaktorer, interne belastninger, skyggeforhold osv. indtastes i programmet i henhold til SBI-anvisning 213. Oplysninger og beregninger omhandlende husets klimaskærm i form af linjetab, linjetabslængder samt transmissionskoefficienter til indtastning i Be18 for den eksisterende konstruktion fremgår af afsnit 7.

#### 4.2 Fugtberegning i WUFI

For at undersøge betydningen af en efterisolering af parcelhusets tagkonstruktion, vil der blive foretaget simulering af fugtforholdene i beregningsprogrammet WUFI. Programmet muliggør beregning, hvor der tages højde for konvektion, diffusion, kappilarsugning samt dynamiske randbetingelser.

Formålet med undersøgelsen, er en kontrol af fugtrisikoen ved efterisolering på loftet, hvor tætheden af den eksisterende dampspærre ikke er kendt.

Ved beregning i WUFI sættes udeklimaet til Lund, Sverige da dette er det tætteste der kan vælges i forhold til det danske klima.

Indeklimaet sættes til fugtbelastningsklasse 2, iht. DS/EN 13788, hvilket er tilsvarende fugtbelastning i boliger med normal beboelsestæthed og ventilation (Brandt, 2013).

Simuleringsperioden er fastsat til 3 år for at opnå stabilitet for fugtforholdene i konstruktionen.

#### 4.3 Beregning af kuldebro i HEAT2

Ved udskiftning af vinduer og døre vil det være muligt at etablere forbedret kuldebrosafbrydelse i fals. Til beregning af linjetabet ved samplingsdetaljen mellem ydervæg

og vinduer/døre før og efter forbedret kuldebrosafbrydelse anvendes beregningsprogrammet HEAT2. Ved Indtastning i HEAT2 anvendes materiale specifikke værdier for konstruktionen og overgangsisolanser fastsættes jf. DS418. Indtastede værdier og beregnet linjetab fremgår af afsnit 7.5.5.

For at anskueliggøre betydningen af forøgelse af kuldebrosafbrydelsen, er de to forskellige konstruktioner moduleret op i beregningsprogrammet HEAT2, hvilket er et 2D numerisk beregnings program.

Den geometrisk model af området omkring vinduesfalsen er defineret iht. DS418 Anneks C.1 og materiale-egenskaberne er bestemt ud fra tegningsmaterialet fra case ejendommen.

## 5 Beskrivelse og beregninger for case ejendom inden renovering

I dette afsnit beskrives case ejendommen, dennes konstruktioner og geografiske placering. Konstruktionernes transmissionstab beregnes med henblik på at bestemme ejendommens energimæssige performance. Energiberegningerne danner grundlag for en egentlig energimærkning af case ejendommen, således ejendomsmægler kan vurdere en valid handelsværdi af boligen.

### 5.1 Beliggenhed

Case ejendommen er beliggende på en 2491 m<sup>2</sup> stor grund i Sæby under Frederikshavn Kommune i Region Nordjylland. Sæby er en havneby med 8.874 indbyggere (2018). Sæby er et yndet turistmål og blev grundlagt ca. 1000-tallet. (Wikipedia, 2019).

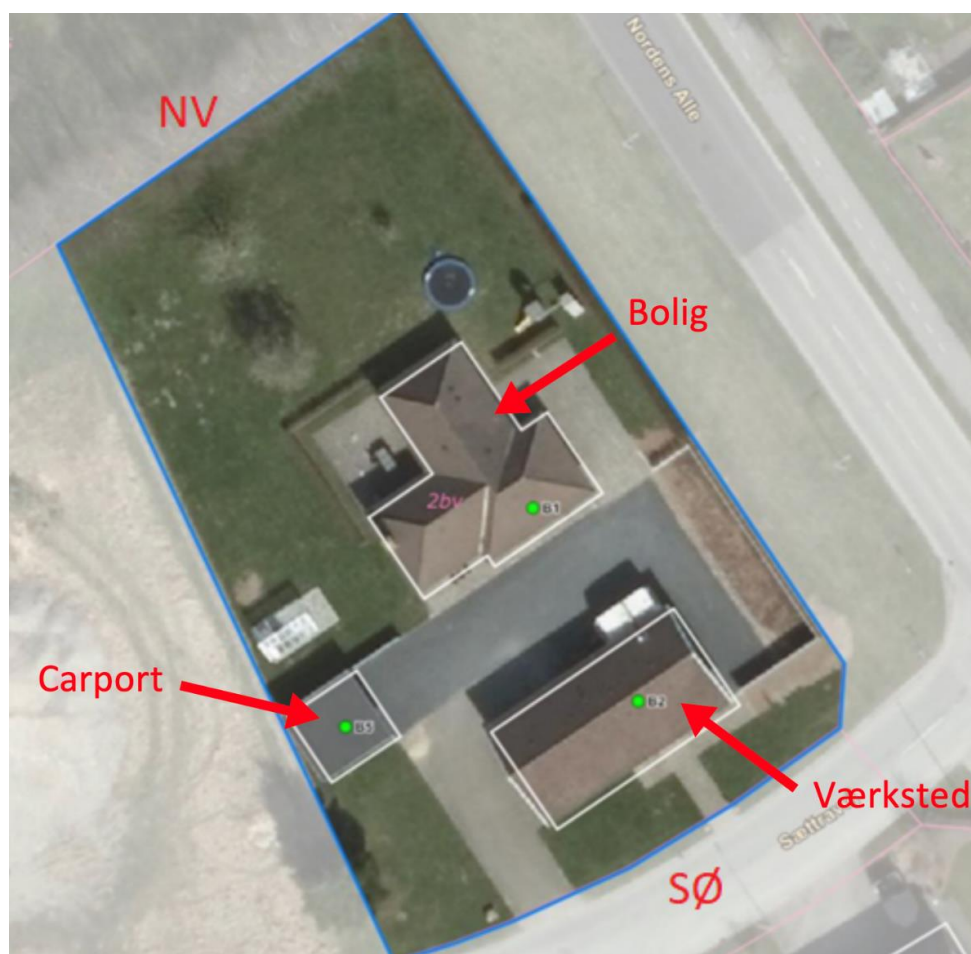
### 5.2 Beskrivelse af case ejendommen

Case ejendommen er en tidligere erhvervsejendom, med fritliggende parcelhus på 140 m<sup>2</sup> og tilhørende værkstedsbygning på 132 m<sup>2</sup>. Ejendommen er bygget i 1987, hvor parcelhuset er opført med ydremure i røde blødstrøgne teglsten med hulmur og indvendige vægge i porebeton. Tagkonstruktionen er opbygget med ventileret tagrum og afvalmet tagflade med betonteglsten. Parcelhuset er yderligere opført med terrændæk.

Den tilhørende værkstedsbygning er opført med samme facadesten som parcelhuset, dog er vægopbygningen her udført som en fuldmuret konstruktion. Tagkonstruktionen er også her med ventileret tagrum, men uden afvalmet tagflade. Værkstedsbygningen er ligeledes opført med terrændæk.

Yderligere er der på ejendommen en ny opført carport på 38 m<sup>2</sup> fra 2016.

På figur 1 ses et overbliksbillede af case ejendommen og dennes placering på grunden.



Figur 1 Oversigtsfoto af case ejendom

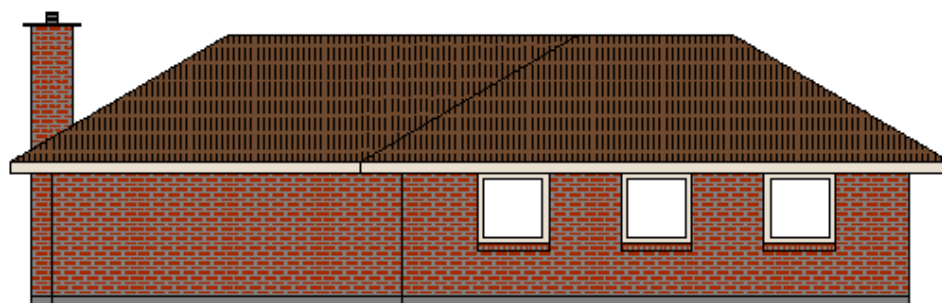
Da case ejendommen er forholdsvis unik i kraft af, at det er en tidligere erhvervsejendom placeret i et villakvarter, er der i samråd med ejendomsmægler Mette Dal & Jens Houbak Jensen fra Nybolig Sæby valgt i projektet, at se bort fra værkstedsbygningen. Dette er valgt for at øge sammenligningsgrundlaget med tilsvarende boliger i nærområdet, og dermed skabe grundlag for så realistisk en handelsvurdering af boligen som overhovedet muligt. Værkstedsbygningen vil ifølge ejendomsmæglerne påvirke handelsværdien meget og derigennem indsnævre køber gruppen. Værkstedsbygningen vil derfor efterfølgende ikke indgå i projektet.

### 5.3 Beskrivelse af parcelhuset

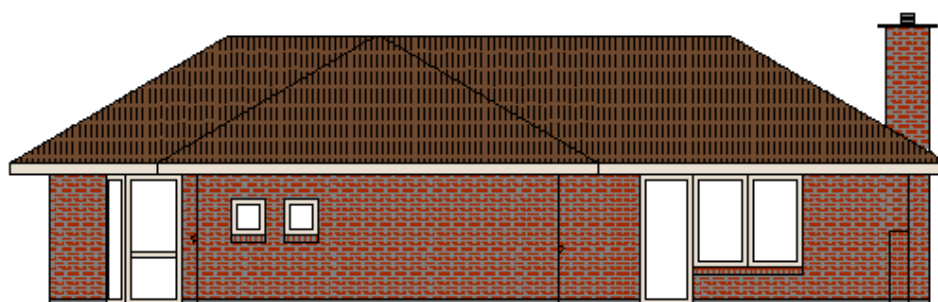
Parcelhuset er som tidligere omtalt udført som en hulmurskonstruktion med terrændæk og ventileret tagkonstruktion.

Boligens facadeudtryk og planløsning samt konstruktionsopbygning fremgår af figur 2, figur 3 og figur 4

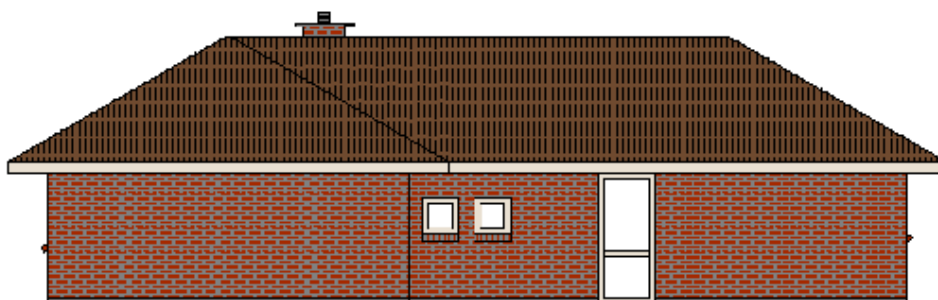




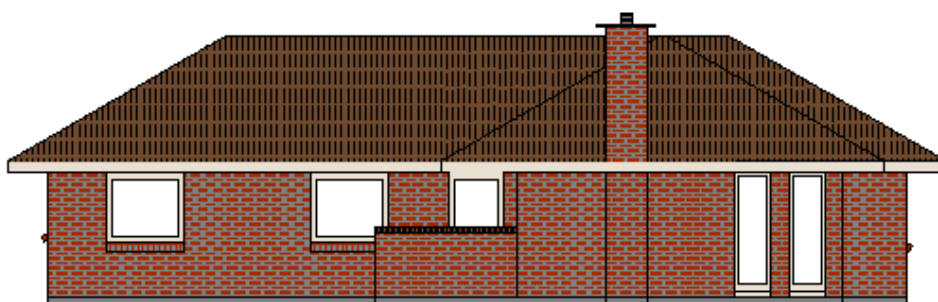
Facade mod Sydøst



Facade mod Nordvest

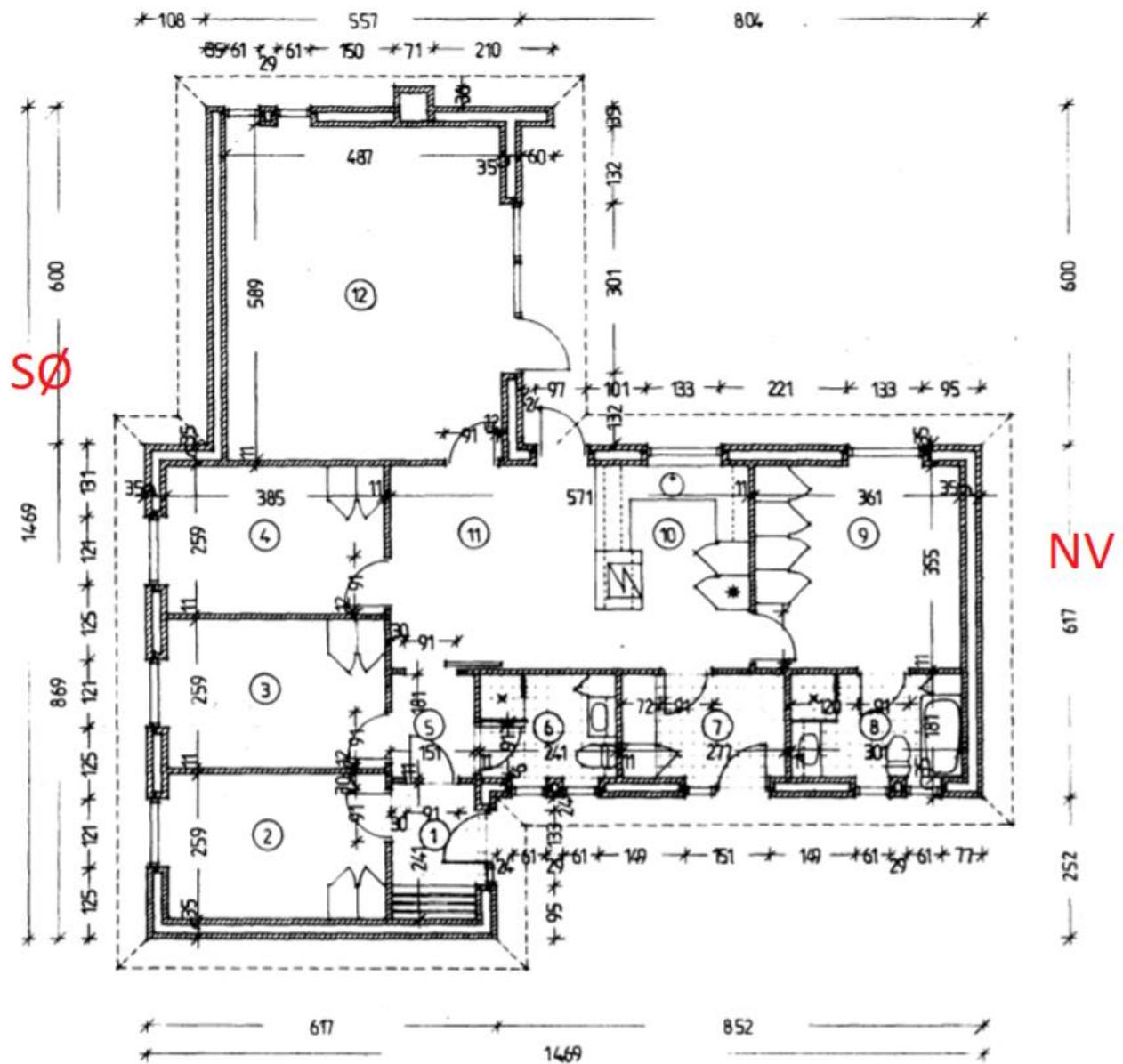


Facade mod Nordøst

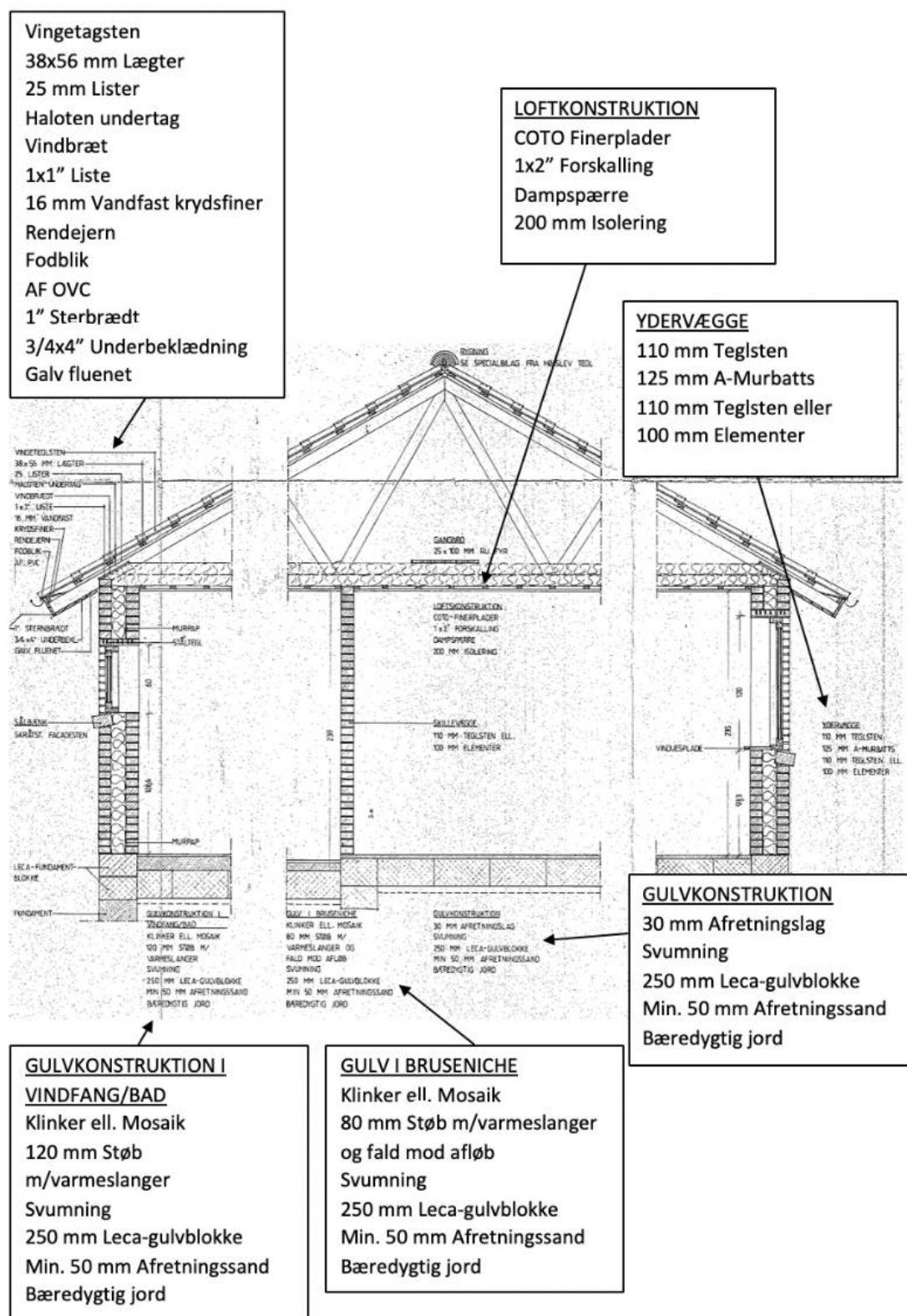


Facade mod Sydvest

*Figur 2 Illustration af eksisterende facade på case ejendommen.*



Figur 3 Plantegning af case ejendom med rumbetegnelser: 1-Entré, 2-Værelse, 3-Værelse, 4-Værelse, 5-Mellemgang, 6-Badeværelse, 7-Baggang, 8-Badeværelse, 9-Soveværelse, 10-Køkken, 11-Alrum, 12-Stue



Figur 4 Snittegning af case ejendom

Ved gennemgang og fysisk opmåling af boligen, kunne der konstateres følgende afvigelser fra det på figur 4 angivet:

- Ydervægskonstruktionen er opbygget med 100 mm mineraluld og ikke 125 mm
- Ydervægskonstruktionen er opbygget med 70 mm porebeton og ikke 100 mm

Isoleringsmængden i loft er tilsvarende det på figur 4 viste, og ejendommens ejer oplyser, at gulvkonstruktionen er tilsvarende tegningsmaterialet, dog er der ikke brugt Leca-gulvblokke, men i stedet 250 mm Leca-beton.

#### 5.4 Beregning af transmissionskoefficienter for energiberegning i Be18

I dette afsnit beregnes og bestemmes linjetabskoefficienter samt transmissionskoefficienter for boligen til brug for energiberegning i Be18.

##### 5.4.1 U-værdi for ydervæg

I det følgende beregnes den samlede U-værdi for ydervæggene. Beregning herfor bestemmes iht. DS418 afsnit 6.7

Tabel 2 Beregnet U-værdi for ydervæg, fuld isoleret del

| Ydervæg - 300 mm<br>Fuld isoleret del.<br>Udgør 123,75 m <sup>2</sup> | Tykkelse<br>d<br>m | Varmeledningsevne<br>$\lambda$<br>W/mK | Isolans<br>R<br>m <sup>2</sup> K/W | Henvisning                    |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Udv. overgang</b>                                                  | -                  | -                                      | 0,04                               | DS418, afsnit 6.2             |
| <b>Teglsten</b>                                                       | 0,108              | 0,730                                  | 0,148                              | DS418, figur F1, kurve B      |
| <b>Hulrum</b>                                                         | 0,022              | -                                      | 0,177                              | DS418, tabel 6.4.1            |
| <b>Mineraluld</b>                                                     | 0,100              | 0,037                                  | 2,70                               | A-batts                       |
| <b>Gasbeton</b>                                                       | 0,070              | 0,170                                  | 0,41                               | DS418, figur F2, kurve A      |
| <b>Indv. overgang</b>                                                 | -                  | -                                      | 0,13                               | DS418, afsnit 6.2             |
| <b>Samlet isolans</b>                                                 |                    |                                        | 3,605                              |                               |
| <b>Omregnet til U'-værdi</b>                                          |                    |                                        |                                    | <b>0,277 W/m<sup>2</sup>K</b> |

Tabel 3 Beregnet U-værdi for ydervæg, udmuring ved vinduer

| Ydervæg - 300 mm<br>Udmuring ved<br>vinduer ud for<br>gasbeton<br>Udgør 4,22 m <sup>2</sup> | Tykkelse<br>d<br>m | Varmeledningsevne<br>$\lambda$<br>W/mK | Isolans<br>R<br>m <sup>2</sup> K/W | Henvisning                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Udv. overgang</b>                                                                        | -                  | -                                      | 0,04                               | DS418, afsnit 6.2             |
| <b>Teglsten</b>                                                                             | 0,108              | 0,730                                  | 0,148                              | DS418, figur F1, kurve B      |
| <b>Polystyren</b>                                                                           | 0,010              | 0,038                                  | 0,263                              |                               |
| <b>Gasbeton</b>                                                                             | 0,182              | 0,170                                  | 1,07                               | DS418, figur F2, kurve A      |
| <b>Indv. overgang</b>                                                                       | -                  | -                                      | 0,13                               | DS418, afsnit 6.2             |
| <b>Samlet isolans</b>                                                                       |                    |                                        | 1,651                              |                               |
| <b>Omregnet til U'-<br/>værdi</b>                                                           |                    |                                        |                                    | <b>0,606 W/m<sup>2</sup>K</b> |

Linjetabet ved isoleringsspringet mellem fals og ydervæg ved vinduer og døre aflæses til 0,01 W/mk iht. DS418 tabel 6.7.1 idet der er benyttet en kuldebrosafbrydelse på 10 mm ved isoleringsspringet. Jf. DS418 kan der normalt ses bort fra linjetab og punkttab mindre end 0,02 W/mk.

Den samlede ikke korrigerede transmissionskoefficient beregnes iht. DS418 som:

$$U' = \frac{A_i \cdot U_i + l_k \cdot \Psi_k + \chi_j}{A}$$

Hvor

$A_i$  = Areal af delområde i m<sup>2</sup>

$U_i$  = Transmissionskoefficienten for delområdet i W/m<sup>2</sup>K.

$l_k$  = Længde af den enkelte lineære kuldebro i m

$\Psi_k$  = Linjetabet for den enkelte lineære kuldebro i W/mK.

$\chi_j$  = Punkttab for den enkelte kuldebro W/K

$A$  = Konstruktionens samlede transmissionsareal i m<sup>2</sup>

$$U' = \frac{(123,75 \cdot 0,277 + 4,22 \cdot 0,606)}{123,75 + 4,22}$$

$$U' = 0,270$$

Den korrigerede transmissionskoefficient jf. DS418 som:

$$U = U' + \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

Hvor:

$\Delta U_g$ , er korrektion for luftspalter i isoleringen. Der korrigeres ikke for luftspalter, idet der er tale om blød isolering i hul væg, fastklemt mod plan vægflade på den varme side, svarende til Niveau 0 iht. DS418 tabel A2.3.

$\Delta U_f$ , er korrektion for trådbindere. Idet konstruktionen anses som værende udført med 6 til 8 stk. 3 mm rustfastebindere pr. m<sup>2</sup>, aflæses korrektionen, jf. DS418 tabel A2, til 0,004 W/m<sup>2</sup>K. Da der kun medregnes værdier over 0,005 W/m<sup>2</sup>K, kan der ses bort for dette.

$\Delta U_r$ , er korrektion for nedbør på omvendte tage og har ingen relevans for case ejendommen.

Der udføres således ingen korrektion af transmissionskoefficienten for vægkonstruktionen, den resulterende U-værdi fastsættes herefter til **0,27 W/m<sup>2</sup>K**.

#### 5.4.2 U-værdi for terrændæk med gulvvarme

I det følgende beregnes transmissionskoefficienten for terrændækket med gulvvarme, jf. DS418 beregnes den samlede isolans fra varmekildens plan, hvilket betyder, at de isolanser der ligger over gulvarens plan ikke skal medregnes. Da der i case ejendommen er el gulvvarme, er gulvarmeplanet placeret ca. 20 mm under gulv.

Da der i terrændækket under Leca-beton, ikke er brugt et kapillarbrydende stenlag over 75 mm, regnes de nederste 75 mm af Leca-beton som værende "mod Jord" og designvarmeledningsevnen øges med 20 % jf. DS418 7.22 & 7.2.3

Tabel 4 Beregnet U-værdi for terrændæk med gulvvarme

| Terrændæk med el gulvvarme.<br>Udgør 30,1 m <sup>2</sup> | Tykkelse<br>d<br>m | Varmeledningsevne<br>$\lambda$<br>W/mK | Isolans<br>R<br>m <sup>2</sup> K/W | Henvisning                               |
|----------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| Indv. overgang                                           | -                  | -                                      | (N/A)                              | DS418, afsnit 6.2                        |
| Klinker                                                  | 0,010              | -                                      | (N/A)                              |                                          |
| Beton over gulvvarme                                     | 0,020              | -                                      | (N/A)                              |                                          |
| Beton under gulvvarme                                    | 0,010              | 1,700                                  | 0,006                              | DS418, figur F4, kurve A                 |
| Leca-beton-tør                                           | 0,175              | 0,130                                  | 1,346                              | Weber.dk                                 |
| Leca-beton-våd                                           | 0,075              | 1,2 * 0,130                            | 0,481                              | Weber.dk & DS418 afsnit 7.7.2 samt 7.7.3 |
| Afretningssand                                           | 0,050              | 2,000                                  | 0,025                              | DS418 tabel F2                           |
| Jord inkl. overgangsisolans                              | -                  | -                                      | 1,500                              | DS418, tabel 6.9.1                       |
| Samlet isolans                                           |                    |                                        | 3,358                              |                                          |
| Omregnet til U'-værdi                                    |                    |                                        |                                    | <b>0,298 W/m<sup>2</sup>K</b>            |



Den beregnede U-værdi skal jf. DS418 korrigeres for luftspalter i isoleringen, da der er anvendt Leca-beton som isolering, må det antages, at der ikke er luftspalter over 5 mm. Jf DS418 A2.3 Niveau 0, korrigeres der derfor ikke for luftspalter.

Der korrigeres ikke for bindere eller nedbør på omvendte tage, da dette ikke er af relevans i terrændækket.

Den resulterende U-værdi for terrændækket med gulvarme fastsættes herefter til **0,30 W/m<sup>2</sup>K**

#### 5.4.3 U-værdi for terrændæk uden gulvarme

I det følgende beregnes transmissionskoefficienten for terrændækket uden gulvarme.

Tabel 5 Beregnet U-værdi for terrændæk uden gulvvarme

| Terrændæk uden gulvvarme.<br>Udgør 92,24 m <sup>2</sup> | Tykkelse<br>d<br>m | Varmeledningsevne<br>$\lambda$<br>W/mK | Isolans<br>R<br>m <sup>2</sup> K/W | Henvisning                                  |
|---------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| Indv. overgang                                          | -                  | -                                      | 0,170                              | DS418, afsnit 6.2                           |
| Gulvbekægning-træ                                       | 0,010              | 0,160                                  | 0,0625                             |                                             |
| Afretningsbeton                                         | 0,030              | 1,700                                  | 0,0176                             | DS418, figur F4, kurve A                    |
| Leca-beton-tør                                          | 0,175              | 0,130                                  | 1,346                              | Weber.dk                                    |
| Leca-beton-våd                                          | 0,075              | 1,2 * 0,130                            | 0,481                              | Weber.dk & DS418<br>afsnit 7.7.2 samt 7.7.3 |
| Afretningssand                                          | 0,050              | 2,000                                  | 0,025                              | DS418 tabel F2                              |
| Jord inkl. overgangsiso                                 | -                  | -                                      | 1,500                              | DS418, tabel 6.9.1                          |
| Samlet isolans                                          |                    |                                        | 3,602                              |                                             |
| Omregnet til U'-værdi                                   |                    |                                        |                                    | <b>0,277 W/m<sup>2</sup>K</b>               |

Da opbygningen af terrændækket uden gulvarme, er tilsvarende terrændækket med gulvarme, korrigeres den resulterende transmissionskoefficient ikke yderligere.

Den resulterende U-værdi for terrændækket med gulvarme fastsættes herefter til **0,28 W/m<sup>2</sup>K**

#### 5.4.4 U-værdi for tag/loftskonstruktion

I det efterfølgende beregnes transmissionskoefficienten for tag/loftskonstruktionen i henhold til DS418 afsnit 6.6.

Idet konstruktionen indeholder inhomogene lag, beregnes en middelværdi for varmeledningsevnen for det inhomogene lag.



Tabel 6 Beregnet U-værdi for tag/loftkonstruktion

| Tag/loftkonstruktion<br>Udgør 139,6 m <sup>2</sup> | Tykkelse<br>d<br>m | Varmeledningsevne<br>$\lambda$<br>W/mK | Isolans<br>R<br>m <sup>2</sup> K/W | Henvisning                          |
|----------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Udv. overgang                                      | -                  | -                                      | 0,040                              | DS418, afsnit 6.2                   |
| Tag + loftrum                                      | -                  | -                                      | 0,300                              | DS418, tabel 6.5.1                  |
| Mineraluld                                         | 0,100              | 0,037                                  | 2,703                              | Rockwool.dk                         |
| Mineraluld + spærfod                               | 0,100              | 0,041                                  | 2,439                              | Rockwool.dk samt<br>DS418, table F2 |
| Forskalling + hulrum                               | 0,025              | -                                      | 0,160                              | DS418, tabel 6.4.1                  |
| Plastfolie                                         | 0,0002             | -                                      | -                                  | -                                   |
| Træloft                                            | 0,016              | 0,12                                   | 0,133                              | DS418, table F2                     |
| Indv. overgang                                     | -                  | -                                      | 0,100                              | DS418, afsnit 6.2                   |
| Samlet isolans                                     |                    |                                        | 5,875                              |                                     |
| Omregnet til U'-værdi                              |                    |                                        |                                    | <b>0,170 W/m<sup>2</sup>K</b>       |

Varmeledningsevne for det inhomogene lag af isolering og spærfod:

$$\lambda'_{\text{træ+iso}} = \frac{A_{\text{træ}} \cdot \lambda_{\text{træ}} + A_{\text{iso}} \cdot \lambda_{\text{iso}}}{A_{\text{træ}} + A_{\text{iso}}} = \frac{0,045 \cdot 0,12 + 0,955 \cdot 0,037}{0,045 + 0,955} = 0,041 \text{ W/mK}$$

Isolansen af spredt forskalling, der i princippet også kan betragtes som et inhomogent lag, beregnes ikke, men fastsættes jf. DS418 afsnit 6.6 til 0,16 m<sup>2</sup>K/W.

Der medregnes ingen lineære kuldebroer eller punkttab i konstruktionen.

Den beregnede U-værdi skal jf. DS418 korrigeres for luftspalter i isoleringen. Korrektionen for luftspalter aflæses til 0,00 W/m<sup>2</sup>K, svarende til niveau 0 jf. DS418 tabel A.1, idet der er anvendt tagisolering i to lag med forskudte samlinger.

Der korrigeres ikke for bindere eller anden mekanisk fastgørelse. Korrektion for nedbør på omvendte tage har ingen relevans for case ejendommen.

Den resulterende U-værdi for tag/loftkonstruktionen fastsættes herefter til **0,17 W/m<sup>2</sup>K**

#### 5.4.5 U-værdi for vinduer og døre

Ejendommen er opført med trævinduer med 2-lags termoruder med luftfyldning. Alle vinduer er fra ejendommens byggeår og mærket med årstallet 1986. U-værdien af vinduerne kan

fastsættes til **2,8 W/m<sup>2</sup>K**. (Håndbog for energikonsulenter, 2016). De fleste af ejendommens vinduer er desuden mærket af tidens tand og står overfor snarlig udskiftning.

Af figur 5 fremgår værdier for vinduer, som anvendes til beregning af parcelhusets energiforbrug i Be18.

### Vinduer med én fast eller én oplukkelig ramme og uden poster og sprosser

Typiske eksempler:



|                                 | Energiklasse | LT <sub>g</sub> | g <sub>w</sub> | g <sub>g</sub> | F <sub>f</sub> | U-værdi | E <sub>ref</sub> kWh/m <sup>2</sup> |
|---------------------------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-------------------------------------|
| 1 lag glas                      | F            | 0,87            | 0,60           | 0,85           | 0,7            | 4,7     | -308                                |
| 1+1 lag glas                    | F            | 0,81            | 0,53           | 0,75           | 0,7            | 2,4     | -114                                |
| 2-lags termorude kold kant      | F            | 0,78            | 0,53           | 0,75           | 0,7            | 2,8     | -150                                |
| 3-lags termorude kold kant      | F            | 0,74            | 0,46           | 0,65           | 0,7            | 2,2     | -109                                |
| 1 lag glas + 1 energiglas       | F            | 0,74            | 0,46           | 0,65           | 0,7            | 1,8     | -73                                 |
| 2-lags energirude med kold kant | D            | 0,74            | 0,46           | 0,65           | 0,7            | 1,42    | -39                                 |

Figur 5 Værdier for eksisterende vinduer, brugt i Be18 beregninger. Kilde: Håndbog for energikonsulenter, 2016

### 5.5 Bestemmelse af linjetab for case ejendommen

I det følgende bestemmes linjetabskoefficienter i henhold til DS418 ved anvendelse af tabelopslag. Hvor det ikke har været muligt at fastsætte det præcise linjetab ved anvendelse af skitser og tabelværdier fra DS418, er der interpoleret. I tvivlstilfælde er der valgt værdier således, at der regnes på den sikre side. Dette vurderes ikke at have væsentlig betydning for projektets formål.

Tabel 7 Linjetabskoefficienter brugt i Be18 beregninger

| Placering                                     | Linjetabskoefficient<br>$\psi$<br>W/mK | Henvisning                                                 |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Gennem fundament under ydervæg med gulvvarme  | 0,30                                   | DS418, tabel 6.13.2a, skitse b                             |
| Gennem fundament under ydervæg uden gulvvarme | 0,29                                   | DS418, tabel 6.13.2a, skitse b                             |
| Gennem fundament under vindue/dør             | 0,7                                    | DS418, tabel 6.13.6a, skitse 1 vurderet mest repræsentativ |
| Samling fundament - vindue/dør                | 0,06                                   | DS418, tabel 6.13.6b – bundkarm af træ, 0 mm iso           |
| Samling ydervæg - vindue/dør                  | 0,05                                   | DS418, tabel 6.12.1a – 10 mm iso                           |
| Samling ydervæg - tag                         | -0,074                                 | DS418 Figur M5(interpoleret)                               |

Tabel 8 Linjetabslængder for brug i Be18 beregninger

| Linjelængder                                                   | m     |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| Fundament under ydervæg – uden gulvvarme                       | 43,76 |
| Fundament under ydervæg – med gulvvarme                        | 10,51 |
| Samling fundament – vindue/dør med gulvvarme                   | 0,97  |
| Samling fundament – vindue/dør uden gulvvarme                  | 3,52  |
| Samling ydervæg – vindue/dør – målt som hulmål i facade - bund | 58,25 |
| Samling ydervæg – tag – målt udvendig langs facade             | 58,76 |

Ifølge DS418 afsnit 6.14, kan det fravælges at medregne linjetab fra hjørnesamlinger, hvis der regnes på den sikre side. Linjetab fra hjørnesamlinger medregnes derfor ikke for case ejendommen.

## 5.6 Boligens samlede energibehov inden renovering

I dette afsnit beregnes boligens samlede energibehov i beregningsprogrammet Be18 ud fra de beregnede transmissionskoefficienter og fundne linjetabskoefficienter. Øvrige inddata, ud over de før nævnte koefficienter for Be18, er beregnet og fastsat i henhold til SBI-anvisning 213. Beregningen skal først og fremmest danne udgangspunkt for kommende renoveringsforslag og ikke mindst som grundlag for en egentlig energimærkning af ejendommen.

Som tidligere omtalt er der i samarbejde med de lokale ejendomsmæglere fra Nybolig i Sæby, Mette Dal & Jens Houbak Jensen, søgt at fastsætte en realistisk og valid handelsvurdering af ejendommen i sin nuværende stand. For at kunne give en realistisk vurdering af ejendommen,

er der ifølge Nybolig væsentligt at kende boligens energimærke, da denne i dag er af stor betydning for vurderingen.

*Adskillige analyser viser, at du ved energirenovering opnår et bedre energimærke, som kan have en betydning for salgsprisen af dit hus. Den gennemsnitlige stigning på salgsprisen ligger på omkring 500 kr. pr. kvadratmeter, for hvert bogstav et energimærke forbedres (Nenadovic, 2018).*

Det beregnede energibehov for boligen andrager 214,6 kWh/m<sup>2</sup> pr. år, hvilket fremgår af figur 6.

| Nøgletal, kWh/m <sup>2</sup> år |                                |                    |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| Renoveringsklasse 2             |                                |                    |
| Uden tillæg                     | Tillæg for særlige betingelser | Samlet energiramme |
| 85,8                            | 0,0                            | 85,8               |
| Samlet energibehov              |                                | 214,6              |
| Renoveringsklasse 1             |                                |                    |
| Uden tillæg                     | Tillæg for særlige betingelser | Samlet energiramme |
| 64,3                            | 0,0                            | 64,3               |
| Samlet energibehov              |                                | 214,6              |
| Energiramme BR 2018             |                                |                    |
| Uden tillæg                     | Tillæg for særlige betingelser | Samlet energiramme |
| 37,2                            | 0,0                            | 37,2               |
| Samlet energibehov              |                                | 214,6              |
| Energiramme lavenergi           |                                |                    |
| Uden tillæg                     | Tillæg for særlige betingelser | Samlet energiramme |
| 27,0                            | 0,0                            | 27,0               |
| Samlet energibehov              |                                | 214,6              |

Figur 6 Nøgletal fra Be18 beregninger med oplysninger om samlet energibehov for eksisterende forhold i case ejendommen

Jf. BR18 §252 skal der ved beregning af samlet tilført energibehov til bygningen ske en vægtning af de enkelte forsyningsformer. Da boligen er el opvarmet anvendes der en primærenergifaktor på 1,9. Primærenergifaktoren på 1,9 indikerer, at der i gennemsnit bruges 1,9 kWh energi til produktion af 1 kWh el hos forbrugeren (Trafik, 2018). Energifaktorerne er baseret på energistyrelsens energistatistik og basisfremskrivning (Trafik, 2018).

Energifaktoren for el bevirker, at boligen får et forholdsvist højt energibehov, hvilket igen får stor indflydelse på boligens energimærke.

Formålet med at energimærke boliger er at anskueliggøre boligens energiforbrug, og hvor energieffektiv boligen er. Et energimærke gør det også muligt for boligejer eller en evt. køber

af en bolig, at få et godt indblik i, hvor energiøkonomisk boligen er, og hvad det energimæssigt vil koste i at bo i huset.

Ud fra det beregnede energibehov på 214,6 kWh/m<sup>2</sup> pr. år, vil boligen få energimærke E, se figur 7.



Figur 7 Energimærket for case ejendom baseret på de eksisterende forhold. (Energimærket er fiktivt)

### 5.7 Handelsvurdering af ejendommen under nuværende forhold

På baggrund af det fastsatte energimærke og gennemgang af boligen vurderer Nybolig Sæby, at den realistiske handelsværdi af ejendommen, under de oplyste omstændigheder, hvor der ses bort fra værkstedsbygningen andrager Kr. 1.250.000,00 (se bilag 2) Handelsværdien er fastsat ud fra andre lignende ejendomme solgt af Nybolig i nærområdet.

## 6 Boligens indeklima

I dette afsnit beskrives boligens indeklima. Indeklimaet beskrives ud fra de observationer ejendommens ejer oplever til dagligt i boligen med hensyn til trækgener, temperatur-asymmetri, kondensproblemer samt lysforhold og øvrige indeklimarelaterede forhold i den nuværende bolig.

### 6.1 Træk

Da boligen er el opvarmet med el paneler og el gulvarme, har boligejer i en årrække haft, efter eget udsagn, uholdbare store udgifter til bygningsopvarmning og varmt-brugsvand, hvilket har medført en ikke hensigtsmæssig brugeradfærd, relateret til indeklimaet, af boligen. Parcelhuset opvarmes på nuværende tidspunkt blandt andet hovedsagligt af en træpillebrændeovn i stuen, hvilket især i kolde perioder i kombination med kuldenedfald fra vinduer, har medført store trækgener. De største trækgener opleves i køkkenet, hvor der tydeligt føles kold træk omkring ankelhøjde og en trykkende varm luft omkring hovedhøjde. Problemet virker meget udpræget omkring boligens spisebord, se figur 8, hvilket samtidig er boligens centrum.



Figur 8 Plantegning af case ejendommen, egen tegning

For at danne et billede af de oplevede trækgener, er der i køkkenet omkring spisebordet ved ankelhøjde, hvor trækgenerne er mest udpræget, foretaget en række lufthastighedsmålinger, med det formål at vurdere trækrisikoen.

Alle målingerne er foretaget inden for en periode af 1 time, for at opnå ens forhold for målingerne. På den pågældende morgen i februar var der målt en udetemperatur på ca. -5 °C og de udendørs vindforhold var at betragte som vindstille.

Til lufthastighedsmålingerne blev der benyttet et Testo 400 Multi parameter instrument, målingerne er foretaget ved brug af varmetrådsanometer, med et måleområde fra 0,05 til 20 m/s. Der er foretaget i alt 10 målinger alle med en varighed på 10 sekunder.

De målte lufthastigheder med brændeovn i drift fremgår af Tabel 9.



Tabel 9 Målte lufthastigheder ved spisebord

| Måling | Observation<br>m/s | Temperatur<br>°C |
|--------|--------------------|------------------|
| 1      | 0,12               | 18               |
| 2      | 0,35               | 17               |
| 3      | 0,23               | 18               |
| 4      | 0,12               | 18               |
| 5      | 0,26               | 18               |
| 6      | 0,23               | 17               |
| 7      | 0,18               | 19               |
| 8      | 0,38               | 18               |
| 9      | 0,39               | 17               |
| 10     | 0,19               | 18               |
| Middel | 0,245              | 17,8             |

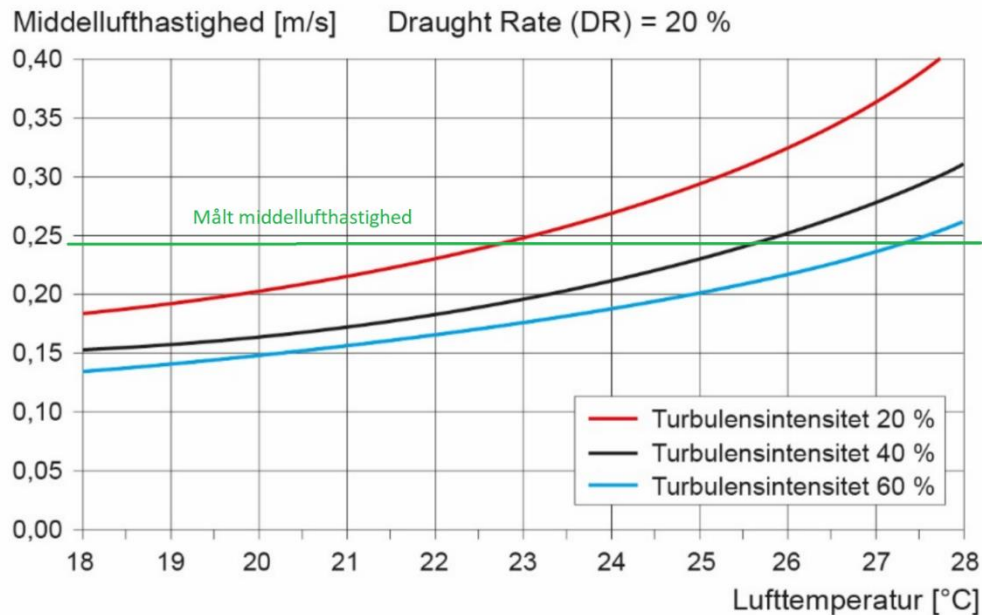
Træk defineres som uønsket lokal afkøling af kroppen hidrørende fra luftbevægelse. Oplevelsen af træk er sammenhængende med forholdet imellem lufttemperaturen, lufthastigheden og turbulensintensitet. Turbulensintensitet udtrykkes i % og er forholdet mellem standardafvigelsen på lufthastigheden og middellufthastigheden (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Draught Rate (DR), er et udtryk for trækrisiko og er den procentdel af personer der kan forventes at være generet af træk. Ifølge BR18 er en eftervisning af, at DR ikke overstiger 20 % i opholdszonen i lokaler med stillesiddende aktivitet, en måde at dokumentere, at der ikke opstår træk (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Af figur 9 fremgår den beregnede turbulensintensitet for lufthastighedsmålingerne foretaget ved spisebordet.

| Måling      | Observation m/s | Standardafvigelse (SD)                            | 0,09457801 |
|-------------|-----------------|---------------------------------------------------|------------|
| 1           | 0,12            |                                                   |            |
| 2           | 0,35            |                                                   |            |
| 3           | 0,23            | Turbulensintensitet (TU) = $\frac{SD}{V_m} * 100$ | 39%        |
| 4           | 0,12            |                                                   |            |
| 5           | 0,26            |                                                   |            |
| 6           | 0,23            |                                                   |            |
| 7           | 0,18            |                                                   |            |
| 8           | 0,38            |                                                   |            |
| 9           | 0,39            |                                                   |            |
| 10          | 0,19            |                                                   |            |
|             |                 |                                                   |            |
|             |                 |                                                   |            |
| Middel (Vm) | 0,245           |                                                   |            |

Figur 9 Beregning af turbulensintensitet



Figur 10 Sammenhæng mellem lufttemperatur og maksimal middelluftshastighed ved DR = 20 %. Kilde: SBI-anvisning 272

Figur 10 viser sammenhæng mellem lufttemperatur og maksimal middelluftshastighed ved forskellige turbulensintensiteter ved en trækrisiko på 20 %.

Ved den beregnede turbulensintensitet på 39 % ses, at den maksimale middelluftshastighed ikke bør være mere end ca. 0,16 m/s ved en temperatur på 18 grader, hvilket er en del under den målte middelværdi af lufthastigheden. De oplevede trækgener understøttes således af de faktiske lufthastighedsmålinger og det må konstateres, at DR må være væsentligt større end 20 %.

Jf. DS/EN ISO 7730, kan trækrisikoen ved stillesiddende aktivitet beregnes ud fra følgende model:

$$DR = (34 - t_{a,l}) \cdot (v_{a,l} - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_{a,l} \cdot TU + 3,14)$$

Hvor :

$t_{a,l}$  = lufttemperatur fra 20 til 26°C

$v_{a,l}$  = Middelluftshastighed under 0,5 m/s

TU = Turbulensintensitet i % (10% til 60%)

Da den målte gennemsnitstemperatur på 17,8 °C ligger under det i modellen angivne område indsættes 20 °C i stedet, da dette kun kan påvirke resultatet positivt, men samtidig give en indikation af, hvor stor trækrisikoen er.

$$DR = (34 - 20) \cdot (0,245 - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot 0,245 \cdot 39 + 3,14) = 33,9\%$$

## 6.2 Vinduer og døre

Da alle vinduer og døre i parcelhuset, er fra ejendommens opførsel i 1986-87 og som tidligere beskrevet, er mærket af tidens tand, oplever ejer ofte træk og kuldestråling/-nedfald fra utilstrækkelig tætning mellem karm og ramme samt kolde glasoverflader. Ved gennemgang af vinduer og døre kunne der tydeligt konstateres manglende tætlukning flere steder. Eksempler på manglende tætning fremgår af figur 11.

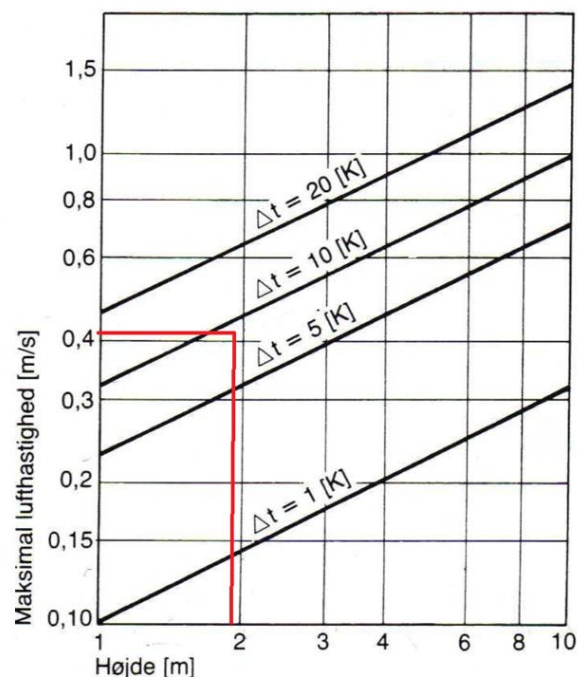


Figur 11 Manglende tætning ved værelsesvindue (tv) og tilsvarende ved bund af terrassedør i køkken (th), eget foto

Ved udskiftning af defekte tætningslister vil der kunne opnås både forbedret energiforhold og komfort i boligen (Møller E. B., SBI-anvisning 239, 2012). Træk fra vinduer og yderdøre kan både skyldes de konstaterede utætheder og dårlig varmeisolerende ruder, fordi kuldestråling ofte opfattes som regulær træk (Møller E. B., SBI-anvisning 239, 2012).

Den traditionelle 2-lags termorude, som der er anvendt i alle ejendommens vinduer, er oprindelig udviklet med henblik på at modvirke kondensproblemer og ikke specielt med henblik på at opnå bedre isoleringsegenskaber. Den ringe varmeisolering bevirker kolde indvendige glasoverflader (Pasternak, Bolighus, 2017). Den kolde glasoverflade bevirker en stor temperaturdifferens mellem glasoverfladen og indeluften, hvilket medfører kuldenedfald. Lufthastigheden i kuldenedfaldet er en funktion af den kolde flades højde og temperaturdifferensen mellem indeluften og den kolde flade (Ludvigsen, 2001). Af figur 12 fremgår temperaturdifferens mellem indeluften og indvendig overflade af vinduer/døre samt lufthastighed i kuldenedfald.

| Vindues- eller vægelement               | Udetemperatur [°C] |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                         | -15                | -10 | -5  | 0   | +5  | +10 |
| Glas, 1 lag                             | 25                 | 21  | 18  | 14  | 11  | 7   |
| Glas, 2 lag                             | 13                 | 11  | 9   | 7   | 6   | 4   |
| Glas, 3 lag                             | 9                  | 8   | 7   | 6   | 5   | 3   |
| Ydervæg uisoleret hulmur                | 7                  | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   |
| Ydervæg                                 | 5                  | 4   | 4   | 3   | 2   | 1,6 |
| Ydervæg, isoleret med 100 mm mineraluld | 3                  | 2   | 2   | 1,6 | 1,2 | 0,8 |
| Ydervæg, isoleret med 150 mm mineraluld | 1,4                | 1,2 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |



Figur 12 Sammenhæng mellem udetemperatur og temperaturdifferens mellem rumluft og indvendig vægoverflade (tv) og maksimal lufthastighed i kuldene-faldet som funktion af den kolde flades højde og undertemperaturen af kold flade i forhold til rumluften (th). Kilde: Ventilation Ståbi

Som det kan ses af figur 12, kan der ved en udetemperatur på -5 °C, forventes en lufthastighed i kuldene-faldet på ca. 0,4 m/s, ved en højde på glasoverfladen på ca. 1,8 m, hvilket er tilsvarende terrassedørene i boligen. Følgelig er der derfor stor sandsynlighed for, at den ringe tilstand af tætningslister og termorudernes begrænsede isoleringsevne bidrager væsentligt til de oplevede trækgener i kolde perioder.

Ud over kuldene-fald opleves der i boligen, trods fokus på jævnlig og effektiv udluftning, dagligt problemer med kraftig kondens på glasoverflader i vinterhalvåret. Problemet opleves hovedsagligt i soveværelse og børneværelser. Den kraftige kondensdannelse har i soveværelset ført til, hvad der antageligt er, begyndende skimmeldannelse på vinduets nederste træramme, se figur 13.



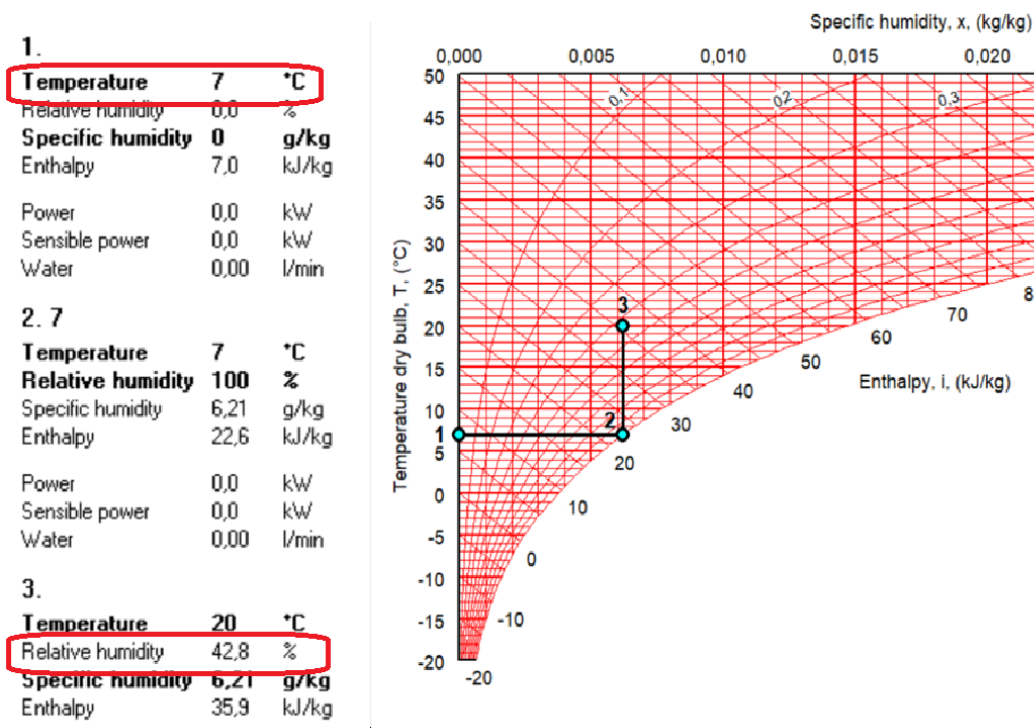
Figur 13 Kondens på vindue i soveværelse, eget foto

Ved gennemgang af vinduerne i februar måned var der målt en udetemperatur på ca.  $-5^{\circ}\text{C}$ . Som det tydeligt fremgår på figur 13, var der kraftig kondensdannelse langs vinduets glaskanter og i mindre grad midt på ruden. Den kraftige kondens langs kanter skyldes vinduets aluminiums afstandslister, der virker som en effektiv kuldebro. Under gennemgangen blev der målt en indvendige overfladetemperatur langs afstandslisten på blot ca.  $7^{\circ}\text{C}$ .

Den relative fugtighed bør i vinterhalvåret være under 40 – 45 % (Schmeichel, 2018), for at undgå fugtrelaterede problemer i boligen. Ved en indvendig overfladetemperatur på blot  $7^{\circ}\text{C}$ , vil der allerede ved en rumtemperatur på  $20^{\circ}\text{C}$  og en relativ fugtighed på ca. 43 % kunne opstå kondensdannelse, se figur 14. Det vil således med de nuværende vinduer være meget svært



at undgå kondensdannelse langs rudekanterne i kolde perioder, selvom der udluftes effektivt de anbefalede 3 gange i døgnet, hvilket er tilsvarende boligejers faktiske oplevelser.



Figur 14 Eksempel på dugpunkt af rumluft ved den målte temperatur på glasoverflade ved aluliste. Kilde: Mollier Sketcher

### 6.3 Lysforhold

Parcelhuset er, som det var typisk for byggeperioden, plaget af manglende lysindfald (SparEnergi.dk, 2018). Boligejer oplever især problemer med manglende dagslys i køkkenet omkring spisebordet, se figur 8, der samtidig er boligens mest benyttet opholdsrum. Boligejer beskriver, at det i praksis stort set ikke er muligt at læse eller foretage anden form for koncentrationskrævende aktiviteter uden brug af kunstig belysning, selv ved gunstige udendørs lysforhold.

I køkkenet er der mulighed for lysindfald fra et sydvestvendt vindue og fra en terrassedør med samme orientering, se evt. figur 3 samt facade tegning figur 2. Lysindfaldet fra vinduet er begrænset af husets udhæng og vinkelbygningen, men giver i henhold til boligejer et tilfredsstillende lysindfald. Lysindfald igennem terrassedøren er yderst begrænset, da denne er placeret under det brede udhæng fra vinkelbygningen, der giver en markant skyggepåvirkning det meste af dagen. Kun fra de sene eftermiddagstimer er der et betragteligt lysindfald gennem terrassedøren.

Ved en gennemgang af boligen d. 08-04 kl. ca. 15.00 kunne det begrænsede lysindfald gennem terrassedøren hurtigt konstateres. Den pågældende dag var der høj sol fra en skyfri himmel.

Det begrænsede lysindfald fra terrassedøren anskueliggøres på billedet figur 15, der er taget fra spisebordets placering i køkkenet.



*Figur 15 Foto ud gennem terrassedør ved spisebord, eget foto*

#### 6.4 Delkonklusion indeklima

Efter gennemgang af case ejendommens og samtaler med boligejer kunne det konstateres, at der i boligen er en række indeklimarelaterede problemstillinger.

Boligejer oplever ofte trækgener i kolde perioder. Trækgenerne er udpræget i køkkenet omkring ankelhøjde især ved spisebordets placering. Målinger af lufthastigheder bekræfter boligejers oplevelse af træk.

Efter gennemgang af vinduer og døre kan det konstateres, at disse er mærket af tidens tand. Flere af vinduerne har manglende tætlukning, hvilket også er gældende for terrassedøre.



Vinduernes og dørenes begrænsede varmeisolering bevirker kolde indvendige glasoverflader, der skaber kuldenedfald og øger trækgenerne i huset.

I soveværelse og børneværelser er der problemer med kraftig kondensdannelse langs vindueskanter i kolde perioder på trods af jævnlig udluftning. Undersøgelse viser, at kondensdannelse allerede vil opstå ved en forholdsvis lav relativ fugtighed.

Boligen er præget af manglende lysindfald især i det primære opholdsområde, hovedsagligt grundet skyggende forhold og uhensigtsmæssigt placering af terrassedør under udhæng.

## 7 Beskrivelse og beregninger af renoveringsforslag

I dette afsnit gennemgås forskellige renoveringsforslag, deres betydning for energibehovet samt indflydelse på indeklimaet i boligen. Renoveringsforslagene diskuteres løbende, hvor fordele og eventuelle ulemper belyses.

Undersøgelser af forskellige renoveringsforslag skal danne grundlag for en egentlig energirenovering, der kan bringe boligens energibehov så langt ned, at de frivillige renoveringsklasser i BR18 kan overholdes, alternativt overholdelse af energirammen for BR18 nybyggeri.

Der er søgt at anvende realistiske renoveringstiltag og i det omfang de ville kunne anvendes på boligen uden åbenlyst at være forbundet med så høje omkostninger, at nybyggeri vil være en selvfølge.

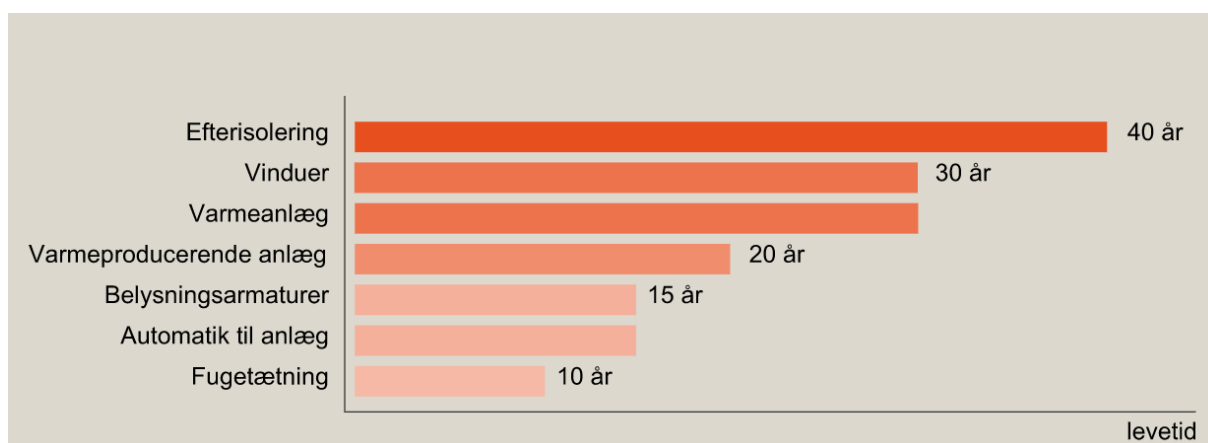
Ved renovering er der ifølge §274 i BR18 krav om, at gennemføre energibesparende tiltag i forbindelse med ombygning og forandringer af eksisterende bygninger til det niveau, hvor investeringen vil være rentabel. Ved decideret udskiftning skal bygningsdele i alle tilfælde overholde mindstekrav til klimaskærmen jf. BR18. Rentabiliteten er altså uden betydning ved direkte udskiftning af en bygningsdel, her kan som eksempel nævnes udskiftning af vinduer og døre, hvor mindstekravet således skal overholdes uden hensyntagen til rentabilitet.

Ifølge BR18 er en foranstaltning rentabel, hvis den er tilbagebetalt indenfor 75 % af dennes levetid. Såfremt foranstaltningen ikke er rentabel, skal det undersøges om et mindre tiltag eventuelt kan være rentabel.

Jf. BR18 beregnes rentabiliteten ved energirenovering ud fra følgende formel:

$$\frac{\text{Levetid} \cdot \text{Besparelse}}{\text{Investering}} \geq 1,33$$

Levetiden af bygningsdelen ved et tiltag, kan fastlægges ud fra bygningsreglementets vejledning om energiforbrug, hvilket fremgår af figur 16



Figur 16 Levetider ved beregning af rentabilitet. Kilde: Bygningsreglementets vejledning om energiforbrug

Investeringssummen skal kun omfatte prisen for selve det energibesparende tiltag, herunder vareforbrug og arbejds løn da det ofte vil være billigere at udføre tiltaget, når man alligevel er i gang med andet renoveringsarbejde. Et eksempel kan være udskiftning af tagbeklædning, hvor der alligevel er monteret stillads og let adgang for efterisolering.

### 7.1 De frivillige renoveringsklasser

De frivillige renoveringsklasser 1 og 2, blev indført i bygningsreglementet 2015 og er videreført i bygningsreglementet 2018. Renoveringsklasserne er indført for at give større metodefrihed ved renovering af eksisterende bygninger (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Energikravene ved renovering kan enten overholdes ved at efterleve mindstekravene til klimaskærmen ved ombygning og andre forandringer i bygningen, eller ved at følge de frivillige renoveringsklasser.

Fælles for renoveringsklasserne er, at der skal være en andel af energiforsyningen fra vedvarende energikilder samt, at behovet for tilført energi mindst skal reduceres med 30 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. Overholdelse af renoveringsklasserne skal eftervises ved beregning i henhold til SBI-anvisning 213 (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

#### 7.1.1 Renoveringsklasse 2

For at boliger, kollegier, hoteller og tilsvarende kan opnå klassificering i henhold til renoveringsklasse 2, må det samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal ikke overstige 70 kWh/m<sup>2</sup> pr. år hertil tillagt et areal bestemt tillæg på 2200 kWh divideret med det opvarmede etageareal (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018). For boligen i case ejendommen på 139,6 m<sup>2</sup>, vil dette betyde, at energibehovet ikke må overstige 85,8 kWh/m<sup>2</sup> pr. år for overholdelse af renoveringsklasse 2.

#### 7.1.2 Renoveringsklasse 1

For at boliger, kollegier, hoteller og tilsvarende kan opnå klassificering i henhold til renoveringsklasse 1, må det samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling

og varmt brugsvand pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal ikke overstige 52,5 kWh/m<sup>2</sup> pr. år hertil tillagt et areal bestemt tillæg på 1650 kWh divideret med det opvarmede etageareal. For boligen i case ejendommen, vil dette betyde, at energibehovet ikke må overstige 64,3 kWh/m<sup>2</sup> pr. år. For overholdelse af renoveringsklasse 1, hvilket svarer til energimærke A2010.

Renoveringsklasse 1 er tiltænkt som et ambitiøst niveau for omfattende renovering, der udover at bringe bygningen ned på et lavt energibehov, samtidig medfører et godt indeklima. Renoveringsklasse 1 stiller således en række indeklimarelaterede krav, der som supplement til energikravet samtidig sikrer et forbedret indeklima. Der stilles blandt andet krav til belysningsanlægget og funktionsafprøvning af samme jf. BR18 §382-384. Der stilles yderligere krav til det termiske indeklima jf. §386 samt ventilation jf. §443-449.

## 7.2 Renoveringsforslag 1

Der er som tidligere nævnt, valgt at se på realistiske og åbenlyse tiltag, med dette menes, at et renoveringstiltag og dets indflydelse på boligens energibehov, er undersøgt i den rækkefølge det erfaringsmæssigt vil kunne forventes at have den største effekt på energibehovet og boligens indeklima, for den omkostning tiltaget måtte medføre.

Der vil i en energirenovering af case ejendommens bolig, være utallige muligheder for at forbedre boligens energiprformance. Boligen er blandt andet ikke begrænset af at være bevaringsværdigt eller beliggende i et område, hvor der er krav til specielle arkitektoniske facadeudtryk.

Parcelhuset har yderligere en forholdsvis simpel form og uudnyttet tagetage, hvor der er god plads til eventuelt at efterisolere, eller at installere mekanisk ventilation.

Ligesom der i området ikke er krav til boligens udtryk, er der heller ikke direkte krav fra myndigheder om valg af forsyningsform. Der er således stor frihed til energirenovering af ejendommen, hvor de eneste reelle begrænsninger for renoveringstiltag, er økonomiske betragtninger set i lyset af ejendommens værdi efter udførelsen.

Efter gennemgang af boligen, er der en række tiltag som først og fremmest findes naturlige at undersøge. Et åbenlyst tiltag der vil kunne sænke boligens energibehov markant, vil være udskiftning af forsyningsform fra el opvarmning til anden forsyningsform. Da boligen er el opvarmet med el paneler, vil et skifte til f.eks. fjernvarme bevirke, at energifaktoren for el på 1,9 ændres til 0,85 for fjernvarme. Alene dette tiltag vil således betyde mere end en halvering af boligens primære energibehov og flytte boligen fra energimærke E til energimærke C. Hertil kommer, at prisen for en kWh el til opvarmning er markant dyrere, trods reduktion af elprisen for elvarme, end prisen for en kWh fjernvarme indeholdt fast afgift.

Det vil dog samtidig være vigtig at understrege, at eksemplet med ændring af forsyningsform ingen indflydelse har på boligens varmetab og før omtalte indeklimarelaterede udfordringer,

som træk, fugtproblemer osv. ud over, at der grundet en billigere opvarmningsform muligvis kan forventes en tendens til en generel højere og ensartet temperatur i alle rum.

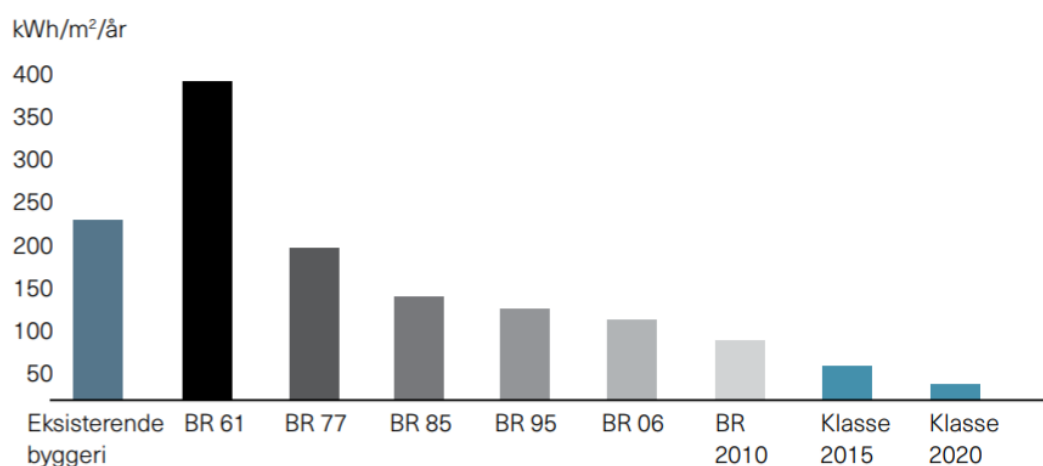
Energirenovering drives ofte af andet og mere end blot et ønske om at spare på varmeregningen. Faktorer som nedslidte bygningsdele, dårligt indeklima og ønske om et eventuelt salg af ejendommen, er også afgørende elementer, der kan medføre egentlig energirenovering. I case ejendommen er det hovedsagligt ejers oplevelser af indeklimaet, mere end varmeregningen, der er afgørende for om boligen skal energirenoveres og spørgsmålet om, hvorvidt det er mere attraktivt at opføre et tilsvarende nyt parcelhus.

Efter gennemgang af de eksisterende indeklimaforhold sammenholdt med boligejers oplevelser af indeklimaet, vil et andet naturligt tiltag at undersøge være, at konvertere boligens naturlige ventilation til mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding. Ud over et forbedret indeklima i form af bedre fugtstyring, vil dette også kunne bidrage til en nedbringelse af boligens energibehov.

Vinduerne og dørenes forholdsvis ringe forfatning, gør også disse til åbenlyse og naturlige områder at undersøge. En udskiftning af de oprindelige vinduer og døre fra 1986 til tidsvarende vinduer med energiruder, vil ud over en langt bedre varmeisolering, også have stor betydning for klimaskærmens tæthed og oplevelsen af træk fra kuldenedfald.

Udgangspunktet for energirenovering i dette tilfælde er et "forholdsvis" nyere hus bygget efter et bygningsreglement, hvor der var kommet fokus på betydning af varmeisolering.

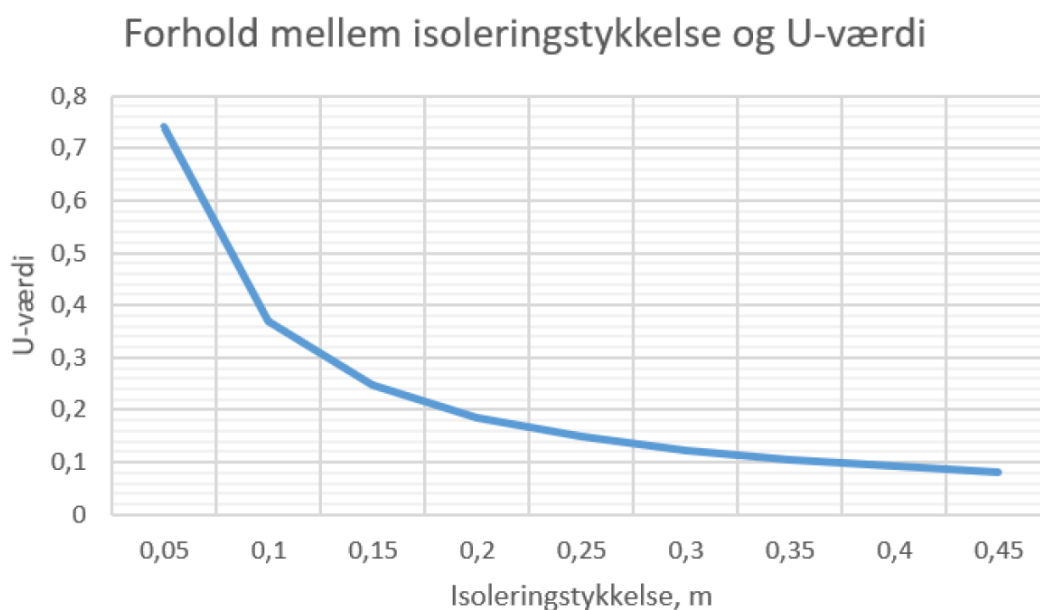
*5.1.1 Enfamilieshuse skal isoleres og være tætte i sådan en grad, at unødvendig energiforbrug undgås samtidig med, at der opnås tilfredsstillende sundhedsmæssige forhold. (Byggestyrelsen, 1985)*



Figur 17 Udvikling i energikrav i perioden 1961 - 2020. Kilde: ELFORSK

Dette betyder, at boligen ikke som sådan kan betragtes som værende dårligt isoleret, hvilket tillige fremgår af de beregnede transmissionskoefficienter for boligen. Betydningen af en efterisolering, vil derfor ikke have så markant en effekt, som i tilfælde, hvor udgangspunktet havde været af ældre dato, se figur 17.

Betydningen af efterisolering er kraftig dalende med stigende isoleringstykkelse, hvilket er søgt anskueliggjort i figur 18.



Figur 18 Sammenhæng mellem isoleringstykkelse (kl.37) og U-værdi. Kilde: Energirenovering af parcelhuse fra 1960'erne og 70'erne.

Af denne årsag, har direkte efterisolering af boligens klimaskærm ikke været et naturligt førstevalg i rækken af energirenoveringstiltag, da boligens udgangspunkt er begrænsende for effekten sammenholdt med udgiften til efterisolering og deraf rentabiliteten. Dog vil efterisolering af boligens tagkonstruktion være et muligt tiltag, da dette vil være af begrænset kompleksitet og heraf overkommelige omkostninger.

Ved brug af de frivillige renoveringsklasser stilles der, som før omtalt, krav om, at en del af energiforsyningen skal være fra vedvarende energikilder. Dette krav kan i princippet efterkommes alene ved at ændre forsyningen fra elvarme til fjernvarme (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018). Det vil dog for case ejendommen være interessant, at se på andre vedvarende energikilder som f.eks. solceller, da energiproduktionen herfra ville kunne modregnes ejendommens energibehov, hvilket igen kan have stor betydning for overholdelse af renoveringsklassernes energirammer. Yderligere vil dette være af betydning for det endelige energimærke af boligen, og heraf rentabiliteten ved den samlede energirenovering.

### 7.2.1 Konvertering til anden opvarmningsform

Som nævnt indledningsvist i dette afsnit, undersøges mulighederne for at konvertere til en anden opvarmningsform end elvarme, da energifaktoren for elvarme er den højeste faktor. I det efterfølgende belyses fordele og ulemper samt indflydelse på energibehovet af henholdsvis varmepumpe (jordvarme) og fjernvarme. Eftersom case ejendommen er el opvarmet, er der naturligt nok ikke et varmefordelingsanlæg, hvorfor der som udgangspunkt skal etableres et, uanset hvad der konverteres til.

Angående varmefordelingsanlægget, er der taget udgangspunkt i en rørpanel løsning, hvor varmerør føres skjult i paneler langs fodlister, da denne løsning er den mest rentable. Omkostningerne til levering og montering af rørpaneler er medregnet i begge konverterings-løsninger.

#### 7.2.1.1 Konvertering til en væske til vand varmepumpe (jordvarme)

I de senere år er antallet af ejendomme der får installeret en varmepumpe til rumopvarmning og produktion af varmt brugsvand, når det gamle olie- eller gasfyr skal udskiftes, steget (Sode, 2018). Også i ejendomme der som i denne rapports case ejendom er opvarmet med el panelradiatorer, kan det være en fordel at etablere en varmepumpe. Enten som en luft til vand eller som en væske til vand varmepumpe. Begge løsninger er gode alternativer, når der skal konverteres. Dog kan det i meget kolde perioder, hvor udetemperaturen er under  $-10^{\circ}\text{C}$ , eller hvis der bruges meget varmt vand fra flere tappesteder samtidig, knibe med at holde temperaturen oppe, og derfor skal varmtvandsbeholderen have en el patron monteret til at sikre tilstrækkelig varmt brugsvand i disse perioder (Sode, 2018).

Da case ejendommen er beliggende på en  $2.491\text{ m}^2$  stor grund, er der rig mulighed for at etablere jordvarmeslanger på grunden, og konvertere til et jordvarmeanlæg. Selvom energifaktoren ved etablering af et jordvarmeanlæg (væske til vand varmepumpe), er det samme som ved elvarme, er COP værdien af en afgørende betydning. COP som står for Coefficient Of Performance, eller hvad man på godt dansk kalder virkningsgraden. Denne viser, hvor effektiv varmepumpen er ved en bestemt temperatur. På nogle nyere modeller angives værdien SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) som ikke må sammenlignes med COP, da SCOP-værdien er virkningsgraden over temperaturer der er fordelt over et helt år. Den i beregningen valgte varmepumpe har en COP-værdi på ca. 4, hvilket betyder, at hver gang der tilføres 1000 W elektricitet giver den 4000 W tilbage i varme (GREENMATCH, 2015).

Ud over at virkningsgraden er bedre på en varmepumpe end på el panelradiatorer, så er varmepumpesystemet også det der kategoriseres som vedvarende energi, hvilket som nævnt er et af kravene for at overholde renoverings-klasserne.

## Økonomi

Hvad koster det så at konvertere til et jordvarmeanlæg? Der findes nogle tilgængelige overslags priser på internettet, men for at få renoveringsomkostningerne så realistiske som muligt, er der til projektet indhentet tilbud fra lokal vvs installatør, Lars Mortensen. Lars Mortensen er fremkommet med et tilbud på kr. 132.250,00 inkl. moms for udlægning af 400 m jordvarmeslange og installation af varmepumpe. (se bilag 3). Jf. bolius.dk er den økonomiske fordel ved væske til vand varmepumpe en smule bedre end luft til vand varmepumpe (Bolius, u.d.). Der er desuden også mulighed for at søge tilskud (se afsnit 7.3).

### Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

Fordelene ved at etablere et jordvarmeanlæg i case ejendommen er, at det er billigere varme, det er miljøvenligt og det er nærmest vedligeholdelsesfrit, når det først er installeret. Samtidig fremtidssikres boligen.

Ulemperne ved et jordvarmeanlæg er, at det er dyrere og mere besværligt at installere end en luft til vand varmepumpe. Det kræver ca. dobbelt så stort et tilgængeligt areal som boligarealet (Sode, 2018). Herudover kræver det, at haven delvis skal graves op (Baltzer, 2019).

De bygningsfysiske udfordringer ligger bl.a. i, at huset skal være velisoleret for at få fuld udnytte af jordvarmeanlægget og for, at det kan opvarme huset. F.eks. kan et hus på 130 m<sup>2</sup> med et varmeforbrug under 14.000 kWh, 1.950 liter olie eller 1.770 m<sup>3</sup> naturgas om året, betegnes som velisoleret (Hansen, 2017). I case ejendomme har det dog ikke nogen betydning, da ejendommen alligevel skal energirenoveres og efterisoleres.

En anden udfordring som gør sig gældende uanset hvilken opvarmningsfor der konverteres til er, at der skal etableres et varmefordelingsanlæg og monteres radiatorer i hele boligen. Netop her kan det være en udfordring, da en varmepumpe er mest effektiv ved en så lav fremløbstemperatur som mulig, hvilket fungerer bedst, hvis boligen har gulvvarme frem for radiatorer. Gulvvarme behøver kun en fremløbstemperatur på ca. 35-40 °C da gulvvarmen har en stor overflade, hvor en radiator har en noget mindre overflade, og dermed kræver en højere fremløbstemperatur, på ca. 45-55 °C. Det afspejler sig naturligvis i energiforbruget. For hver grad fremløbstemperaturen stiger, stiger energiforbruget med 1-3 %, hvilket vil sige, at forskellen mellem gulvvarme og radiator i ejendommen kan blive mellem 15 og 60 %. Hvis huse som i case ejendommen skal opvarmes med radiator af en varmepumpe, kræver det ekstra store og effektive radiatorer (Hansen, 2017). Hvis boligen ligger inden for et forsyningsområde, hvor der leveres fjernvarme, vil der oftest være tilslutningspligt til fjernvarme. Det er dog ikke tilfældet med Sæby Fjernvarmeværk og case ejendommen. Dette belyses i afsnit 7.2.1.2.

Som indledningsvist beskrevet i dette kapitel, skal der ved konvertering til anden varmekilde, etableres et varmefordelingsanlæg, og at der til projektet er regnet med rørpaneler.



Fordelingen føres langs gulvet fra rum til rum langs fodlisten ved ydervægge, og ved døre monteres den i et specielt fodtrin. Ifølge VVS installatør Lars Mortensen, vil prisen for etablering af et passende varmfordelingsanlæg beløbe sig til ca. kr. 5000 ekskl. moms. pr. radiator ved en panel løsning og yderligere ca. kr. 10.000 ekskl. moms til vejrkompensering. Den samlede pris for etablering af panelløsningen vil i case ejendommen beløbe sig til kr. 81.250,00 inkl. moms jf. tilbud bilag 4. Lars Mortensen understreger dog yderligere, at en panelløsningen med radiatoropvarmning, ikke er en optimal løsning ved brug af varmepumpe.



Figur 19 Foto af installation med rørpanelløsning fra Gabotherm. Kilde: (<https://www.kierulff.dk>)

Ved etablering af væske til vand varmepumpesystemet i case ejendommen, reduceres boligens samlede energibehov fra 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år til 136,0 kWh/m<sup>2</sup> år, altså en reduktion på 78,6 kWh/m<sup>2</sup> år svarende til 36,62 %. Hvilket svarer til energimærke D

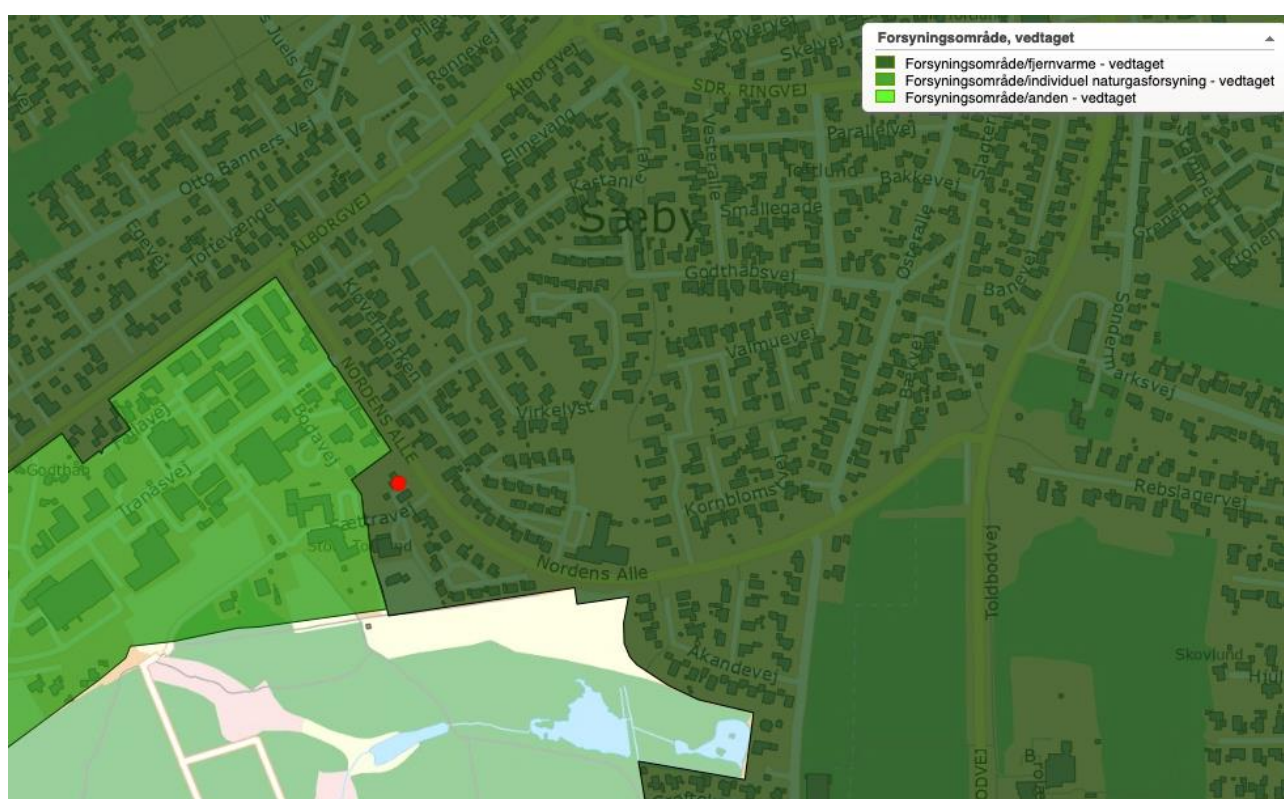
| Fakta boks                                            | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>                           | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Konvertering til varmepumpe (jordvarme)</b>        | 136,0 kWh/m <sup>2</sup> år | 78,6 kWh/m <sup>2</sup> år 36,6 %            | 213.500,00Kr.<br>0,37 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>D</b>    |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b> | 136,0 kWh/m <sup>2</sup> år | 78,6 kWh/m <sup>2</sup> år 36,6 %            | 213.500,00Kr.<br>0,37 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>D</b>    |

### 7.2.1.2 Konvertering til fjernvarme

Fjernvarmen dækker i dag over halvdelen af Danmarks samlede varmebehov. Opgørelsen fra fjernvarmeværkernes årsberetning viser, at der i 2017 var 1.713.499 husstande der var tilkoblet fjernvarmenettet. Det svarer til 64 % af alle husstande i Danmark. De resterende dækkes individuel af naturgas, oliefyr, biomasse samt en lille del på elvarme (Fjernvarmeinfo, u.d.).

En konvertering til fjernvarme kræver som udgangspunkt, at boligen er beliggende i et område, hvor der er etableret fjernvarmeforsyning.

Såfremt man ikke er bekendt med, om der er forsyningsmuligheder i lokalområdet, kan man via plandata søge på adressen og se, hvad der er af varmeforsyning i lokalområdet, se figur 20.



Figur 20 Kortudsnit over den sydlige del af Sæby, hvor case ejendommen (den røde prik), er beliggende i et område med fjernvarmeleverance. Kilde: (<http://kort.plandata.dk>)

## Økonomi

Hvad koster det så at konvertere til fjernvarme? Prisen for tilslutning til fjernvarme kan variere. Der kan være store lokale forskelle eller aktuelle kampagner, der kan have indflydelse på prisen.

Udgifterne er i korte træk:

- Stikledning, der fører varmen fra hovedledningen i vejen frem til ejendommen
- Tilslutning
- Gravearbejde og oprydning
- Vvs-arbejde i boligen
- Fjernvarmeunit

I case ejendommen kommer der, ligesom ved konvertering til varmepumpe, en udgift til radiatorer og fordelingsanlæg i boligen. Det kan dog alligevel oftest betale sig at skifte til fjernvarme, fordi elvarmen er mere end dobbelt så dyr i drift.

Det er den lokale fjernvarmeforsyning, der fastsætter varmeprisen i lokalområdet. I de fleste tilfælde er fjernvarmen billigere end elvarme, også når det tages i betragtning at der skal etableres nye rør og radiatorer i hele boligen (Fjernvarmeinfo, u.d.).

Ifølge en beregning fra GoEnergi koster det på et standardhus ca. 75.000,00 kr. at skifte fra elvarme til fjernvarme med nyt varmesystem og nye radiatorer. Men med den årlige besparelse på varmeregningen, vil det kun i gennemsnit tage knap 7 år at tjene ind (Jensen, 2012).

Der er efterfølgende taget kontakt til Sæby Fjernvarmeværk, for at indhente tilbud på tilslutning til fjernvarmeværket. Tilbuddet indeholder udelukkende etablering med dertilhørende jordarbejde af stikledning og tilslutning til hovedledningen, og lyder på Kr. 44.750,00 inkl. moms. (se bilag 5)

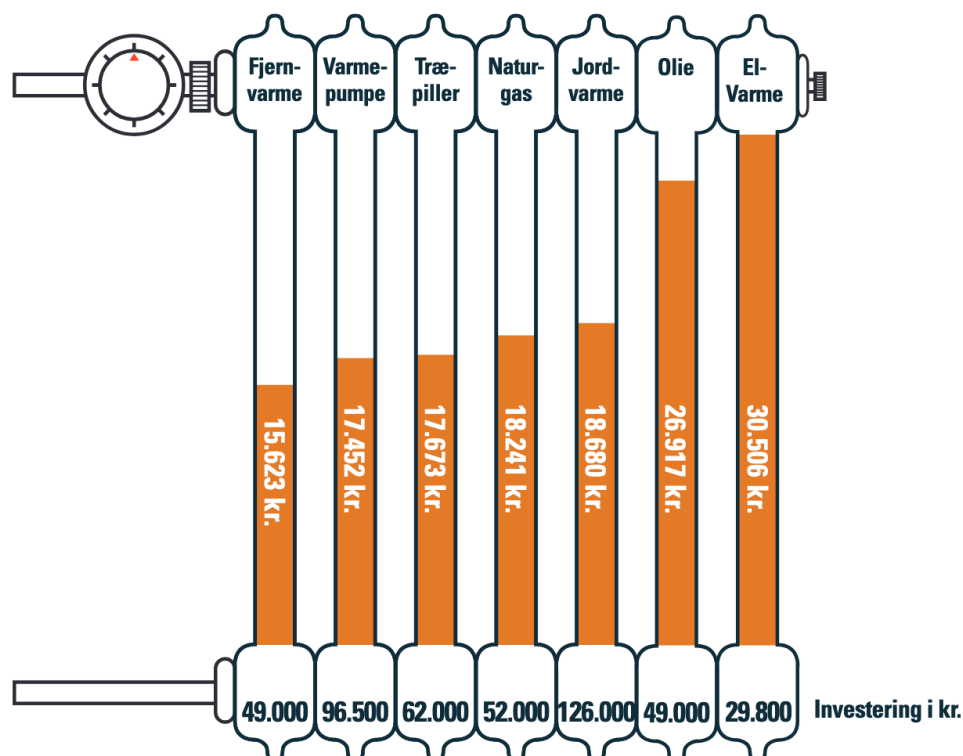
Derudover skal der tillægges omkostninger til installation af varmefordelingsanlægget og opsætning af væghængte radiatorer i alle rum. Prisen herfor udgør kr. 81.250,00 inkl. moms jf. overslag fra VVS installatør Lars Mortensen. (se bilag 4). Ved konvertering til fjernvarme er der ligeledes mulighed for at søge tilskud (se afsnit 7.3).

### **Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger**

Fordelene ved at konvertere til fjernvarme i case ejendommen er, at det er billigere varme da fjernvarmeselskaberne ikke må tjene penge, hvilket gør, at prisen for fjernvarme afspejler den reelle pris. Det er nemt og vedligeholdelsesfrit og miljøvenligt. Yderligere regnes fjernvarme for vedvarende energi i forhold til BR18 krav (Baltzer, 2019).

Ulemper ved konvertering til fjernvarme i boligen er reelt kun, at der mangler levering og montering af fordelingsanlæg samt udgiften hertil da ejendommen er el opvarmet.

På figur 21 ses det, at investeringen til et jordvarme/varmepumpeanlæg betydeligt overstiger investeringen i et fjernvarmeanlæg (dog uden etablering af nye rør og radiatorer), hvorimod den årlige varmeudgift er næsten ens. Det vil derfor være det mest naturlige valg at konvertere til fjernvarme i case ejendommen.



■ **Årlige driftsomkostninger**  
Det koster **opvarmningen** af et hus i gennemsnit over 10 år.  
Priserne er inkl. investering af nyt anlæg, afgifter og moms, rente på 4%.

Figur 21 Oversigt over investering og driftsomkostninger ved forskellige opvarmningsformer. Kilde: (<http://fjernvarmeinfo.dk>)

Ved konverteringen til fjernvarme, ændre det samlede energibehov fra 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år til 101,1 kWh/m<sup>2</sup> år, hvilket svarer til en reduktion på 52,9 %, hvilket er betydeligt bedre end ved jordvarmeanlægget, dermed vil det give case ejendommen et energimærke C.

Det kan på baggrund af ovenstående dermed konkluderes, at det mest fordelagtige vil være at konvertere til fjernvarme, hvilket der fremadrettet er kalkuleret med.

| Fakta boks                                            | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>                           | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Konvertering til fjernvarme</b>                    | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år 52,9 %           | 126.000,00Kr.<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b> | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år 52,9 %           | 126.000,00Kr.<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |

### 7.2.2 Etablering af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding

Fokus på ventilation er nødvendigt, når en bygning renoveres, og dermed tættes. Enten skal der luftes ud noget oftere, eller der kan installeres et ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ventilation i boliger er nødvendigt for at få et tilfredsstillende indeklima såvel termisk som atmosfærisk (Videncenter for energibesparelse i bygninger, u.d.).

Den er endvidere afgørende for at fjerne den daglige fugttilførsel fra personer, tøjvask, badning, madlavning m.v.

Fugtproduktionen i enfamiliehuse er i gennemsnit ca. 10 kg pr. døgn (Brandt, 2013). Hvis ikke fugten i luften fjernes, er der en øget risiko for, at den vil kondensere på de kolde overflader, hvilket kan medføre vækst af skimmelsvamp i løbet af kort tid, såfremt der er organisk materiale tilstede (Videncenter for energibesparelse i bygninger, u.d.).

*For at fjerne fugt effektivt bør et ventilationssystem altid sikre en luftbevægelse fra beboelsesrum som fx værelser og stuer mod de mest fugtbelastede rum som badeværelse, toilet, køkken og bryggers, hvorfra luften fjernes direkte. Ved renovering af enfamiliehuse, som fx udskiftning af vinduer og døre, vil huset ofte blive mere tæt. Herved nedsættes ventilationen. Dette kan medføre, at fugtniveauet i huset stiger. Dermed øges også risikoen for, at kolde overflader angribes af skimmelsvamp. I forbindelse med renovering skal man derfor altid sikre sig, at ventilationen ikke forringes. (Videncenter for energibesparelse i bygninger, u.d.).*

Jf. §420-452 i BR18 er kravet til udsugning 20 l/s i køkkenet (emhætte), 15 l/s i bade- og wc-rum og særskilte rum som wc-rum, bryggers og kælder på 10 l/s (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Bygningsreglementets krav til ventilation af enfamiliehuse opfyldes ved en udelufttilførsel på mindst 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal (udvendige mål). En udelufttilførsel på 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> etageareal svarer til et luftskifte på 0,5 gange pr. time i rum med en normal rumhøjde på 2,5 meter. Hvis loft-højden er højere end 2,5 meter, vil kravet på 0,3 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal medføre et luft-skifte, som er lidt mindre end 0,5 gang pr. time (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Ved renovering og ombygning stilles der også krav. Ventilationskravene i bygningsreglementet gælder også ved større renoveringsarbejder eller ved anvendelsesændring af eksisterende bygninger, der indrettes til bolig (fx ændring af en garage til bolig). Ved renoveringsopgaver, som eksempelvis udskiftning af vinduer og døre, skal det samtidigt sikres, at bygningens ventilationsevne på opførelsestidspunktet opretholdes. I forbindelse med udskiftning af vinduer i enfamiliehuse kan dette krav normalt opfyldes ved brug af vinduer med indbyggede udeluftventiler eller ved etablering af udeluftventiler i ydervæggen (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

Dette betyder, at der rent lovmæssig ikke er noget til hindring for, at der "kun" etableres naturlig ventilation som f.eks. friskluftventiler i vinduerne. Ved etablering af balanceret mekanisk ventilation med varme-genindvinding, bidrager anlægget også til at nedbringe det samlede energiforbrug.

### **Økonomi**

Der er til brug for case ejendommen indhentet tilbud på et Dantherm ventilationsanlæg fra Nordisk Villa Ventilation, hvor de samlede omkostninger på ventilationsaggregat, ventilationsrør, fittings og montering udgør Kr. 68.750,00 inkl. moms (se bilag 6). Også her er der mulighed for at søge tilskud (se afsnit 7.3).

### **Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger**

Fordelene ved at etablere balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, er at varmekonsumet reduceres. Der er mindre risiko for trækgener, og da udeluften bliver opvarmet inden den indblæses i boligen, er ventilationen ikke afhængig af udeklimaet. Det giver et bedre indeklima, yderligere er mulighed for filtrering af udeluften, f.eks. for pollen.

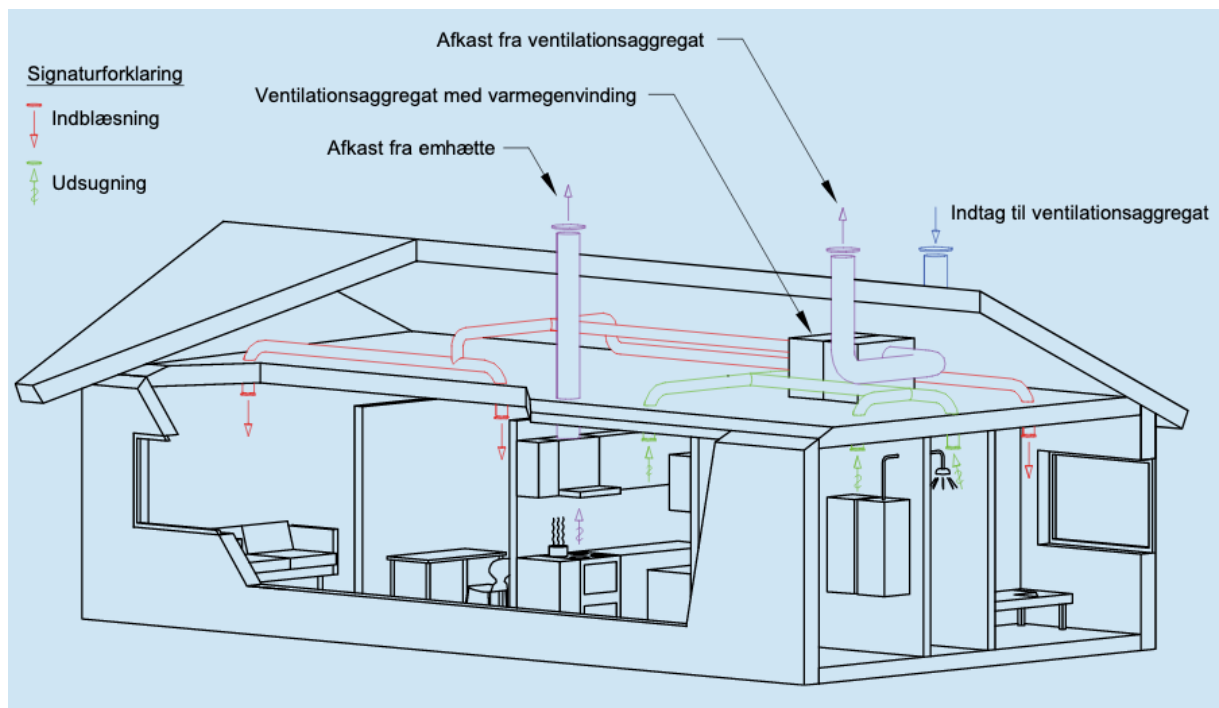
Ulemperne ved den mekaniske ventilation, er et øget elforbrug til drift og automatik. Anlægget kræver regelmæssig service til filterskift (ca. 3-4 gange årlig). Risiko for støjgener fra anlægget, lydoverførsler imellem de enkelte rum via kanalsystemet. Der kan også i nogle tilfælde være ulemper ved installation, da et ventilationsanlæg kræver plads til selve aggregatet og kanalføring, samt tilslutning til afløb fra kondensudskiller, men i case



ejendommen er dette ikke et problem, da der er et uudnyttet tagrum. Tæthed af bygningens klimaskærm er specielt vigtig for optimal ydeevne af et mekaniske ventilationsanlæg med varmegenvinding (Videncenter for energibesparelse i bygninger, u.d.).

Ved installation af selve rørføringen i tagrummet, er det vigtigt at rørene bliver isoleret grundigt samt, at der ikke gøres skade på den eksisterende isolering i tagrummet. Ved montering af indblæsning og udsugning føres rør igennem dampspærren, her er det yderst vigtigt, at det gøres korrekt, således man er omhyggelig med at få tætnet gennemføringerne.

Tætte gennemføringer sikre imod utilsigtet overførsel af varm fugtig indeluft der siver op i tagkonstruktionen, hvilket kan give råd og svampeskader. Der er i dette renoveringsforslag taget udgangspunkt i, at der er en tæt dampspærre over loftbeklædningen. Men for at undgå eller minimere risikoen for, at der trænger varm fugtig luft op i tagkonstruktionen, kan ventilationsanlægget indreguleres så der skabes et lille undertryk i boligen. Ulempen ved dette er dog, at den udeluft der så vil indfiltre, ikke passerer varmegenvindingen.



Figur 22 Illustration over mekanisk ventilationsanlæg med indblæsning i stue og værelser og udsugning fra køkken, badeværelser/toilet og bryggers. Kilde: (<https://byggeriogenergi.dk>)

Efter installation af ballanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding i case ejendommen, sammen med konvertering til fjernvarme ændres det samlede energibehov til 90,8 kWh/m<sup>2</sup> år, hvilket svarer til en reduktion på 57,7 % i forhold til de oprindelige 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år. Reduktionen ved at etablere mekanisk ventilation, ændrer dog ikke på energimærket, som fortsat vil blive et C.



| Fakta boks                                                                | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>                                               | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Konvertering til fjernvarme</b>                                        | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>52,9 %        | 126.000,00Kr.<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |
| <b>Etablering af ballanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding</b> | 192,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 22,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>10,5 %         | 68.750,00 Kr.<br>0,33 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b>                     | 90,8 kWh/m <sup>2</sup> år  | 123,8 kWh/m <sup>2</sup> år<br>57,7 %        | 194.750,00Kr.<br>0,64 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |

### 7.2.3 Udskiftning af vinduer og døre

I et typisk dansk hus slipper der cirka 33 % varme ud gennem utætte vinduer. Oftest er det enten gamle termovinduer som ikke isolerer særlig godt eller også er det utætte tætningslister, som slipper en masse varme ud og kulde ind (Kjerumgaard, 2018).

Efter år 2000 og strengere energikrav, kom der øget fokus på vinduernes isoleringsevner og de traditionelle to-lags termoruder med kold kant, blev udfaset til fordel for energiruderne (Pasternak, 2016).

Det vil som udgangspunkt være en god idé at udskifte ruder, hvis det er to-lags termoruder eller, hvis vinduet er angrebet af råd og svamp og dermed nedbrudt. Ligeledes skriver Bolius.dk, at det som udgangspunkt en god idé at udskifte ruderne eller hele vinduet, hvis de er mere end 15 år (Kjerumgaard, 2018).

Som beskrevet i afsnit 8.2 er case ejendommens vinduer og døre fra 1986/87, da huset blev opført. Dermed er de over 30 år og mærket af tidens tand, desuden oplever ejer ofte træk fra vinduerne, da de ikke lukker helt tæt. Dette sammenholdt med boligen skal energirenoveres,

vil det derfor være oplagt at udskifte alle vinduer og døre til nye, med energiruder der overholder kravene i BR18. Det er ikke ligegyldigt, hvilke vinduer man vælger, de generelle mindstekrav til vinduer, ovenlysvinduer og glastage i BR18 §258 er:

*Vinduer, glasydervægge, ovenlysvinduer og glastage skal overholde følgende krav til energimæssig ydeevne:*

- 1. For vinduer og glasydervægge må energibalancen for referencevinduet ikke være mindre end  $-17,0 \text{ kWh/m}^2$  pr. år. Energibalancen beregnes som  $E_{ref} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$ .*
- 2. For ovenlysvinduer og glastage må energibalancen for referencevinduet ikke være mindre end  $0,0 \text{ kWh/m}^2$  pr. år. Energibalancen beregnes som  $E_{ref} = 345 \times g_w - 90,36 \times U_w$ .*
- 3. Lydglas og andre funktionsglas kan anvendes, hvis referencevinduet opfylder kravet til energibalancen. Der kan dog vælges glas med en lavere solvarmetransmittans (g-værdi), hvis der kan påvises en energibesparelse ved det.*

*Stk. 2. Referencestørrelsen for vinduer, glasydervægge, ovenlysvinduer og glastage er  $1,23 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}$ . For glasydervægge og glastage beregnes energibalancen fra profilsystemets centerlinjer (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).*

## Økonomi

Der er til brug for case ejendommen indhentet tilbud på udskiftning fra 2-lags termoruder med kold kant til 2-lags energiruder med varm kant (B certificeret). Prisen for vinduer udgør kr. 54.832,00 inkl. moms jf. bilag 7. Hertil lægges montage på Kr. 19.194,00 inkl. moms jf. bilag 8. Den samlede udgift til udskiftninger af vinduer og døre udgør Kr. 74.026,00 inkl. moms. Ligeledes her er der mulighed for at søge tilskud (se afsnit 7.3).

## Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

Ud over den åbenlyse fordel ved reduceret energiforbrug, er der en række andre fordele ved at udskifte vinduerne. Nyere vinduer er, eller kan bestilles med større støjreduktion. Nye vinduer og døre har også bedre lukketøj, som besværliggør indbrud. Der vil kunne opnås mindre trækgener og mindre kuldenedfald fra glaspartierne.

En af de få ulemper ved udskiftning er prisen, da det erfaringsmæssig ikke er økonomisk rentabelt, hvis udgiften til udskiftning af vinduerne alene skal forrentes ved den besparelse der opnås.

For at overholde kravene i BR18, skal vinduerne som minimum være 2-lags, B certificeret, hvilket der er valgt til renovering af case ejendommen. En af grundene til, at der er valgt 2-lags frem for 3-lags er økonomien, da 2-lags er noget billigere end 3-lags. En anden og nok så

væsentlig faktor er, at der jf. undersøgelser fra Elforsk, er et markant højere dagslysintensitet igennem 2-lags jernfattede energiruder frem for 3-lags standard energiruder (Carlo Volf et al., u.d). Da der som tidligere beskrevet, er et begrænset lysindfald i case ejendommen, vægtes det højere end den yderlige reduktion i energibehovet.

Efter montering af nye 2-lags energiruder med varm kant i case ejendommen, sammen med konvertering til fjernvarme og etablering af ventilationsanlægget, ændres det samlede energibehov til 71,9 kWh/m<sup>2</sup> år, hvilket svarer til en reduktion på i alt 66,5 % i forhold til de oprindelige 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år. Reduktionen betyder dermed at case ejendommen vil få et energimærke B, og det betyder samtidig, at kravene til renoveringsklasse 2 kan overholdes.

| Fakta boks                                                                | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>                                               | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Konvertering til fjernvarme</b>                                        | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>52,9 %        | 126.000,00Kr.<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |
| <b>Etablering af ballanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding</b> | 192,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 22,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>10,5 %         | 68.750,00Kr.<br>0,33 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Udskiftning af vinduer og døre til nye med 2 lags energiruder</b>      | 173,4 kWh/m <sup>2</sup> år | 41,2 kWh/m <sup>2</sup> år<br>19,2 %         | 74.026,00Kr.<br>0,56 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A                    | <b>D</b>    |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b>                     | 71,9 kWh/m <sup>2</sup> år  | 142,7 kWh/m <sup>2</sup> år<br>66,5 %        | 268.776,00Kr.<br>0,53 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | 2                      | <b>B</b>    |

#### 7.2.4 Efterisolering af tagkonstruktion

Tagkonstruktionen/loftet udgør en stor del af klimaskærmens samlede areal, og er i case ejendommen let tilgængelig, hvorfor det kunne være et oplagt sted at energirenovere ved at efterisolere. Efterisolering af loftet vil i mange tilfælde give forholdsvis stor energibesparelse i forhold til omkostninger (Tjenesten, u.d.).

I case ejendommen er der, jf. det udleverede tegningsmateriale 200 mm mineraluld udlagt i tagrummet, og i følge boligejer er der ikke foretaget efterisolering af tagrummet. Der vil derfor være en mulighed for energibesparelse ved at efterisolere yderlig, eksempelvis med 200 mm. Den samlede isoleringstykkelse bliver således 400 mm. Som tidligere nævnt, vil effekten af efterisolering af ejendommen ikke være så markant, grundet det forholdsvis gode udgangspunkt.

#### Økonomi

Selv om efterisolering af et tagrum er et af de renoveringstiltag som de fleste gør-det-selv, selv ønsker at udføre, er der til dette projekt indhentet tilbud på levering og udførelsen af opgaven. Prisen for efterisolering beløber sig til kr. 24.987,00 inkl. moms jf. tilbud bilag 8. Ligeledes her er der mulighed for at søge tilskud (se afsnit 7.3).

Da der er tale om efterisolering af klimaskærmen, er der jf. BR18 krav om, at der skal isoleres således, at mindstekravet til U-værdi for loft og tagkonstruktioner på 0,12 W/m<sup>2</sup>K overholdes såfremt dette er rentabelt og samtidigt fugtteknisk forsvarligt. Den beregnede U-værdi efter efterisoleringen er 0,09 W/m<sup>2</sup>K og overholder således mindstekravet.

Rentabiliteten vil i henhold til BR18 være:

$$\frac{\text{Levetid} \cdot \text{Besparelse}}{\text{Investerings}} \geq 1,33 \Rightarrow \frac{40\text{år} \cdot 10,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot 0,37 \frac{\text{kr}}{\text{kWh}} \cdot 140\text{m}^2}{24.987\text{kr}} = 0,85$$

Beregningen viser, at efterisoleringen ikke er rentabel og, at det derfor ikke er et krav, at der efterisoleres med 200 mm.

Prisen for efterisolering på Kr. 24.987,00 er opdelt således, at materialeprisen alene udgør Kr. 9.425,00 og arbejds løn udgør Kr. 15.562,00.

Beregnes rentabiliteten igen med investeringen svarende til det beløb arbejds lønnen alene udgør fås en rentabilitet på 1,37, hvilket indikerer, at efterisolering i dette tilfælde aldrig kan blive rentabel jf. BR18, med mindre det udføres som gør-det-selv arbejde. Det må følgelig antages, at udgifterne til arbejds løn ikke er væsentlig reduceret ved efterisolering med mindre isoleringstykkelse.

## Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

Selvom der i BR 85 S kapitel 4.1.2 står: *Konstruktion skal udføres på en sådan måde at regn og sne samt overfladevand, grundvand, jordfugt og luftfugtighed ikke medfører fugtskader og fugtgener* (Byggestyrelsen, 1985), er det ikke ensbetydende med at dampspærren blev lavet tæt. Der er brugt træ og /eller træbaserede materialer i tagkonstruktionen, hvilket gør den specielt sårbar over for fugtbelastningen fra indeluften. Desuden vil de naturlige trykforhold omkring en tagkonstruktion gøre, at selv en meget lille utæthed kan resultere i stor fugttransport fra beboelsen og op i tagkonstruktionen (Videncenter for energibesparelse i bygninger, u.d.).

Derfor er det også yderst vigtigt at undersøge og sørge for at dampspærren er tæt inden der efterisoleres. Hvis man ikke er sikker på den eksisterende dampspærre er tæt, skal den så fjernes før man etablerer en ny tæt dampspærre? Der har været en udbredt opfattelse i byggebranchen af at to eller flere dampspærre altid er et fugtteknisk problem, som vil føre til fugtskader i konstruktionerne. Hvilket skal forhindres ved at fjerne eller perforere den eksisterende dampspærre.

I fugtbelastningsklasse 2 (boliger med normal beboelsestæthed) er det ikke nødvendigt at fjerne eller perforere den eksisterende dampspærre, når der etableres ny tæt dampspærre. Såfremt begge dampspærre er placeret, højst  $\frac{1}{2}$  inde i isoleringen. Dog anbefales det, at der i vådrum ikke anbringes fugtfølsomme materialer mellem vandtæt beklædning/vandtæt overfladebehandling og dampspærre (herunder også to dampspærre). Ved tvivlstilfælde kan der foretages en fugtteknisk beregning, f.eks med Glasermetoden for at eftervise, at den relative fugtighed højst er 75 % på den eksisterende dampspærre. I mere komplekse tilfælde kan det være hensigtsmæssigt at benytte dynamiske fugt- og temperatursimuleringer (BYG-ERFA, 2018).

I case ejendommen der er opført i 1986/1987, er dampspærre og loftbeklædning fra byggeåret og dermed mere end 30 år gammel. Siden opførelsen har naturlig brug, samt begrænset viden, med stor sandsynlighed medført perforering i større eller mindre grad af dampspærren. Desuden må det forventes, at der i byggeåret, ikke var et tilsvarende fokus på klimaskærmens tæthed og dermed udførelsens omhyggelighed og kvalitet.

For at undersøge effekten af en utæt dampspærre i tag/loftkonstruktionen er der valgt at udføre simulering i beregningsprogrammet WUFI, hvor der tages udgangspunkt i en korrekt og tæt udført dampspærre samt en perforeret dampspærre.

Fugttransporten fra indeluften til tagkonstruktionen igennem dampspærren vil foregå ved diffusion og ved fugtkonvektion. Ved fugtkonvektion bliver fugt transporteret med en luftstrøm igennem utætheder i dampspærren. Fugtkonvektion drives af trykforskelle i konstruktionen, som er påvirket af blandt andet vindpåvirkning, skorstenseffekt og ventilationsanlæg, såfremt et sådanne er installeret. Under normale omstændigheder med

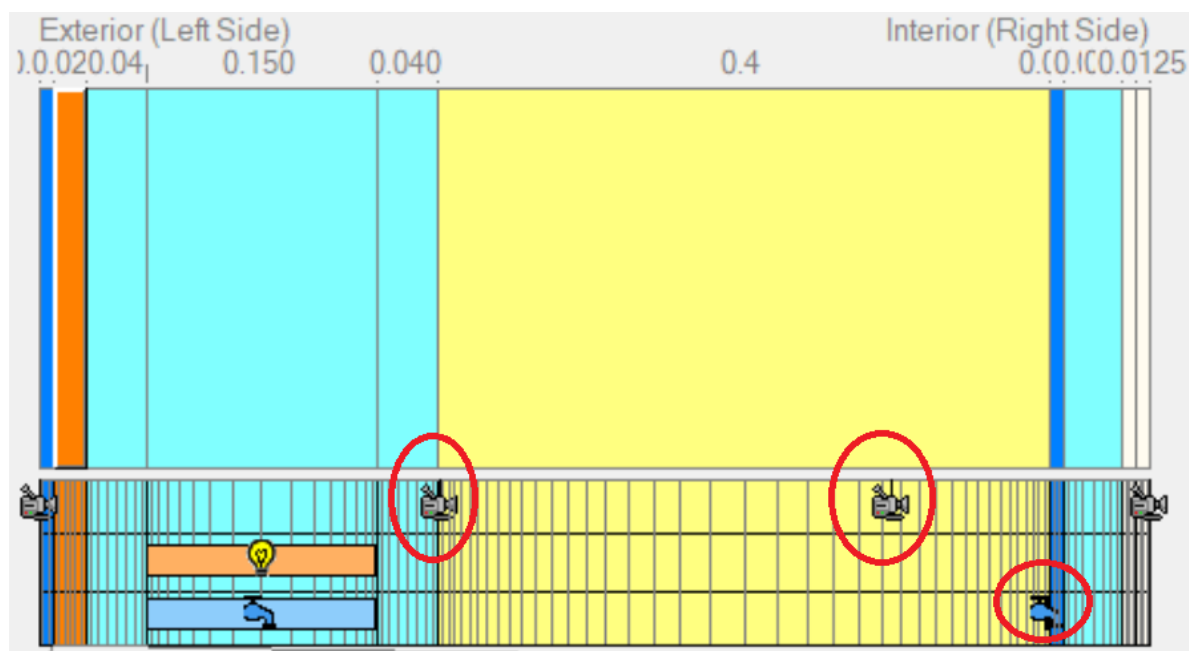
samme tryk og temperaturforhold, kan der transporteres væsentligt større mængder fugt ved konvektion end diffusion (Brandt, 2013).

WUFI er begrænset til kun at kunne beregne fugttransport ved væsketransport og i damform ved diffusion. Der regnes således ikke med fugtkonvektion, hvilket som omtalt, kan flytte store mængder fugt under de rette omstændigheder.

For at imødegå dette, er der under simulering indsat en fiktiv fugtkilde på overside af dampspærren som i vinterhalvåret, skal illustrere fugttilskud via konvektion. Der regnes ikke i sommerhalvåret med forøget fugttilskud, da der antageligt vil være langt større naturlig ventilation i bygningen. Konstruktionsopbygningen fremgår af figur 23.

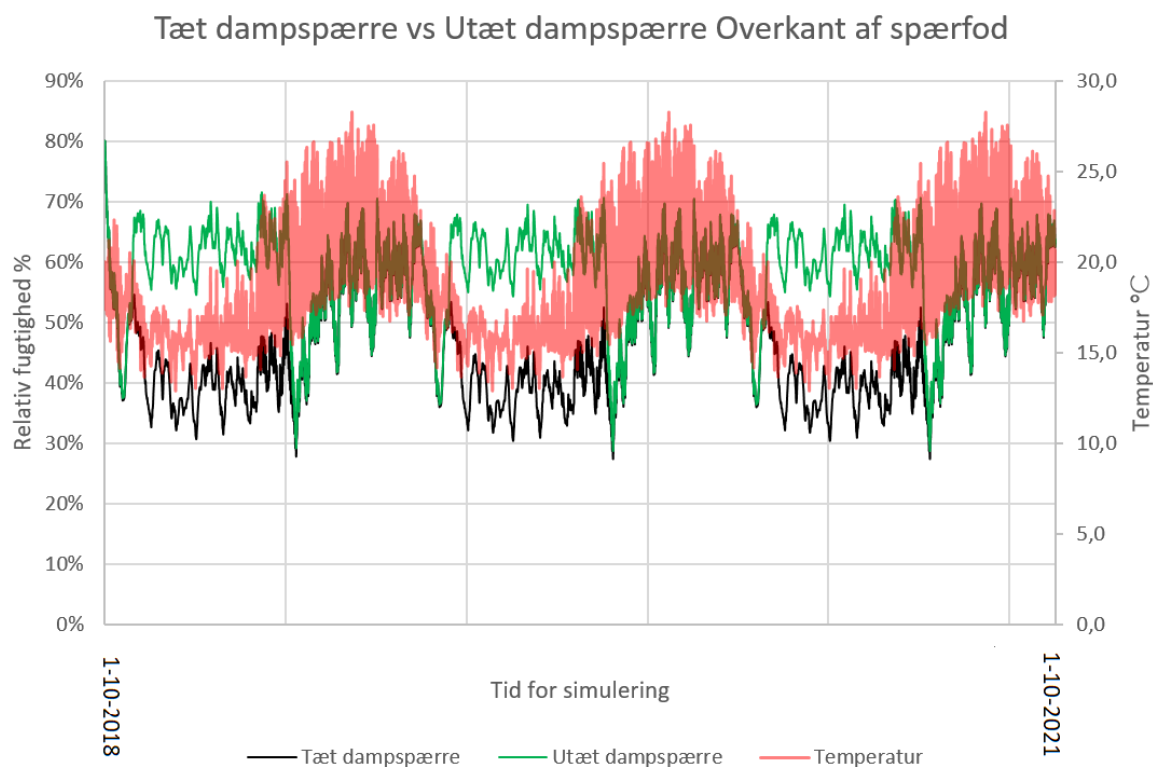
Ved den perforerede dampspærre er fugttilskuddet defineret til  $3200 \text{ g/år m}^2$ . For den tætte og korrekt monterede dampspærre, er der valgt at definere et fugttilskud på  $250 \text{ g/år m}^2$  på samme sted. Dette er valgt for på den måde at tage højde for, at der trods omhyggelig montage, sandsynligvis vil være konvektion gennem enkelte samlinger og lignende. Under begge simuleringer er der defineret et luftskifte i tagkonstruktionen på  $9 \text{ h}^{-1}$ .

Der er under simuleringen fokuseret på fugtforholdene ved overside af isoleringen og i isoleringen ved overkant af spærfod, begge markeret med rød på figur 23, for her at kunne vurdere betydning af dampspærrens tilstand.



Figur 23 Konstruktionsopbygning af loft/tagrum for simulering i Wufi

Fugtforholdene i isoleringen ved overkant af spærfod fremgår af figur 24.

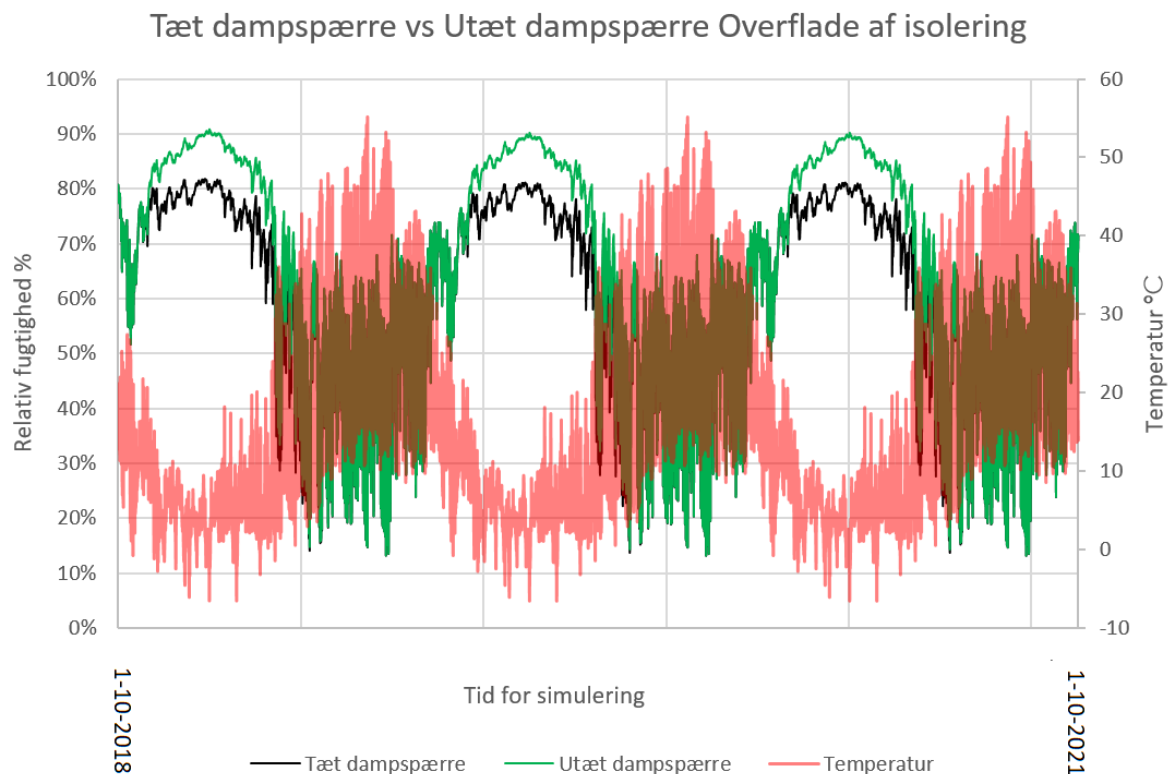


Figur 24 Sammenligning af relativ fugtighed med tæt og utæt dampspærre ved overkant af spærfod, eget diagram

Det ses tydeligt af grafer på figur 24, at der ved spærfoden i vinterhalvåret er et betydeligt forhøjet fugtniveau, idet den relative fugtighed gennemsnitlig her ligger på ca. 65 % ved den perforerede dampspærre. For den tætte dampspærre er den relative fugtighed gennemsnitlig på et betydelig lavere niveau på ca. 42 %. Der vil dog ikke, for begge tilfælde under de simulerede forhold, være fugtkritiske forhold, der vil kunne medføre skimmelvækst eller råd angreb.

Forholdene ved overflade af isoleringslaget i tagrummet fremgår af figur 25.





Figur 25 Sammenligning af relativ fugtighed med tæt og utæt dampspærre ved overflade af isoleringslag i tagrum, eget diagram

Der ses tilsvarende tydelig forskel på fugtforholdene ved overfladen af isoleringslaget, hvor den relative fugtighed for konstruktionen med utæt dampspærre i vinterhalvåret gennemsnitlig ligger 10 % over niveauet for den tætte dampspærre. I begge tilfælde overstiger fugtniveauet i vinterhalvåret den kritiske relative fugtighed på 75 % - 80 % for træ og træbaserede materialer (Brandt, 2013).

Det er dog ikke givet, at der vil opstå skimmelvækst i tagkonstruktionen, idet de højeste forekomster af relativ fugtighed er sammenfaldende med de laveste temperaturer. Der vil normalt ikke være skimmelvækst ved temperaturer under ca. 0 °C. Den kritiske relative fugtighed for træ og træbaserede materialer ( $RF_{krit}$ ), kan tilnærmet findes som (Brandt, 2013):

$$RF_{krit} = 0,02 \cdot temp.^2 - 1,18 \cdot temp. + 95,2$$

Tages der som eksempel udgangspunkt i en temperatur på 15 °C, vil den kritiske fugtighed ifølge modellen være:

$$RF_{krit(15^\circ C)} = 0,02 \cdot 15^2 - 1,18 \cdot 15 + 95,2 = 82\%$$

Ud fra modellen, kan de ses, at der med stor sandsynlighed ikke vil opstå skimmel i konstruktionen med tæt dampspærre, da den maksimale fugtighed aflæses til ca. 82 % og

dette sammenhængende med betydelige lavere temperaturer. Ved en temperatur på 25 °C, vil den beregnede  $RF_{krit}$  være 78,2 %, hvor der ved aflæsning på simuleret kurve aflæses en relativ fugtighed på ca. 73 – 75 %.

Det ser dog ganske anderledes ud for konstruktionen med den perforerede dampspærre, hvor der ved 15 °C aflæses en fugtighed meget tæt på den beregnede  $RF_{krit}$ . Generelt ligger kurven for relativ fugtighed med perforeret dampspærre gennem hele vinterperioden meget tæt op af de beregnede værdier for  $RF_{krit}$  og der vil med stor sandsynlighed kunne opstå problemer med skimmelsvamp i tagkonstruktionen.

Simuleringerne indikerer vigtigheden af en tætsluttende og intakt dampspærre og må anses for at være et fokusområde.

Når der efterisoleres i tagrummet, skal man ligeledes sørge for ikke at isolere helt ud mod tagfladen/undertaget, så der lukkes af for ventilationen i tagrummet. Der er dog i dette renoveringsforslag taget udgangspunkt i at dampspærren er tæt, da der ikke ændres eller udskiftes loftbeklædning.

Ved efterisolering med 200 mm mineraluld kl. 34, bliver den samlede isoleringstykkelse 400 mm. Sammen med de øvrige tiltag, ændres det samlede energibehov til 61,1 kWh/m<sup>2</sup> år, hvilket svarer til en samlet reduktion på i alt 68,7 % i forhold til de oprindelige 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år. Reduktionen betyder dog ikke at case ejendommen vil få et bedre energimærke, og er derfor fortsat B. Ligeledes forbliver den i renoveringsklasse 2.

| Fakta boks                                | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke |
|-------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>               | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Konvertering til fjernvarme</b>        | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>52,9 %        | 126.000,00Kr.<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |
| <b>Etablering af ballanceret mekanisk</b> | 192,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 22,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>10,5 %         | 68.750,00 Kr.<br>0,33 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>E</b>    |

|                                                                      |                             |                                    |                                                      |     |          |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|----------|
| <b>ventilation med varmegenvinding</b>                               |                             |                                    |                                                      |     |          |
| <b>Udskiftning af vinduer og døre til nye med 2 lags energiruder</b> | 173,4 kWh/m <sup>2</sup> år | 41,2 kWh/m <sup>2</sup> år 19,2 %  | 74.026,00Kr.<br>0,56 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A | <b>D</b> |
| <b>Efterisolering af loftkonstruktion til samlet 400mm</b>           | 204,3 kWh/m <sup>2</sup> år | 10,3kWh/m <sup>2</sup> år 4,8 %    | 24.987,00Kr.<br>0,41 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A | <b>E</b> |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b>                | 67,1 kWh/m <sup>2</sup> år  | 147,5 kWh/m <sup>2</sup> år 68,7 % | 293.763,00Kr.<br>0,50 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | 2   | <b>B</b> |

#### 7.2.5 Etablering af solceller

Årligt modtager jorden cirka 120.000 terawatt solstråler, hvilket rundt regnet svare til 20.000 gange mere end hele verdens samlede energiforbrug (Bolius, u.d.). Desværre er udnyttelsen ikke fuldt ud på dette område endnu, men erfaringsmæssig er en af de mest brugte løsninger til at nedbringe energiforbruget (og gøre et energimærke bedre), at etablere et solcelleanlæg på ejendommen.

#### Økonomi

Hvad koster det at etablere 14m<sup>2</sup> solcellepaneler og inverter på case ejendommen? For at få renoveringsomkostningerne så realistiske som mulig, er der også her indhentet tilbud fra el-installatør Kenney Fuhlendorff. Prisen for levering og montering af 14m<sup>2</sup> solcellepaneler, vil beløbe sig til kr. 78.000,00 inkl. moms. Jf. tilbud bilag 9.

#### Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

Fordelene ved et solcelleanlæg er bl.a. ingen støj, de forurener ikke, det er miljøvenlig og CO<sub>2</sub> reducerende energi (10m<sup>2</sup> solceller sparer ca. ½ ton CO<sub>2</sub> om året). Solcellepanelerne har lang levetid, og de kræver et minimum af vedligeholdelse. Der er yderligere mulighed for at sælge overskydende strøm med et solcelleanlæg (Lindegaard D. , 2017).

Ulemperne er, at de har en høj anskaffelsessum og, at der kan være udfordring ved montage, (ovenlysvinduer, kviste orientering osv.). Solceller leverer kun strøm i dagtimer, hvor mange solcelleejer ikke er i huset og derfor ikke bruger strøm. De kræver frit "udsyn" dvs. ingen skyggeområder. Ved eftermontering kan der være æstetiske forhold der gør det vanskelig at montere dem. Yderligere kan der være statisk støj fra invertere (Lindegaard D. , 2017).

Hvis man vælger at montere solceller på sin ejendom, er der dog en del forhold som man skal være opmærksom på inden man går i gang. For det første er det vigtigt at finde ud af om taget overhovedet kan bære solcellepanelerne. Hvad står der i lokalplanen? Er det overhovedet lovligt at installere solceller på huset? Er ejendommen fredet eller bevaringsværdig? Er der plads i højden i forhold til bygningsreglementets højdegrænseplan (i skel mod nabo)? Dernæst er det, som det fremgår af figur 26, heller ikke ligegyldig i hvilken retning og hældning solcellerne bliver placeret i. Det er ydermere vigtigt, at der ikke er mærkbar skygge på solcellerne i sommerhalvåret ca. fra kl. 9-17 (SparEnergi, u.d.).

|              |    | Orientering [°] |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |      |  TEKNOLOGISK<br>INSTITUT |  |
|--------------|----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|              |    | Øst             |     | SØ  |     |     | Syd |     |    | SV |    |    | Vest |                                                                                                             |  |
|              |    | -90             | -75 | -60 | -45 | -30 | -15 | 0   | 15 | 30 | 45 | 60 | 75   | 90                                                                                                          |  |
| Hældning [°] | 0  | 85              | 85  | 85  | 85  | 85  | 85  | 85  | 85 | 85 | 85 | 85 | 85   | 85                                                                                                          |  |
|              | 5  | 85              | 86  | 87  | 88  | 88  | 88  | 89  | 88 | 88 | 87 | 87 | 86   | 84                                                                                                          |  |
|              | 10 | 84              | 87  | 89  | 90  | 91  | 92  | 92  | 91 | 91 | 90 | 88 | 86   | 84                                                                                                          |  |
|              | 15 | 84              | 87  | 90  | 92  | 93  | 94  | 94  | 94 | 93 | 91 | 89 | 86   | 83                                                                                                          |  |
|              | 20 | 83              | 87  | 91  | 93  | 95  | 96  | 97  | 96 | 95 | 93 | 90 | 87   | 82                                                                                                          |  |
|              | 25 | 82              | 87  | 91  | 94  | 97  | 98  | 98  | 98 | 96 | 94 | 91 | 86   | 81                                                                                                          |  |
|              | 30 | 81              | 87  | 92  | 95  | 97  | 99  | 99  | 99 | 97 | 94 | 91 | 86   | 80                                                                                                          |  |
|              | 35 | 80              | 86  | 91  | 95  | 98  | 99  | 100 | 99 | 97 | 94 | 90 | 85   | 79                                                                                                          |  |
|              | 40 | 79              | 85  | 91  | 95  | 98  | 99  | 100 | 99 | 97 | 94 | 90 | 84   | 77                                                                                                          |  |
|              | 45 | 77              | 84  | 90  | 94  | 97  | 99  | 99  | 99 | 97 | 93 | 89 | 83   | 76                                                                                                          |  |
|              | 50 | 76              | 83  | 89  | 93  | 96  | 98  | 99  | 98 | 96 | 92 | 87 | 81   | 74                                                                                                          |  |
|              | 55 | 74              | 81  | 87  | 91  | 95  | 96  | 97  | 96 | 94 | 90 | 86 | 79   | 72                                                                                                          |  |
|              | 60 | 72              | 79  | 85  | 89  | 93  | 94  | 95  | 94 | 92 | 88 | 83 | 77   | 70                                                                                                          |  |
|              | 65 | 69              | 76  | 82  | 87  | 90  | 92  | 92  | 92 | 89 | 86 | 81 | 75   | 67                                                                                                          |  |
|              | 65 | 69              | 76  | 82  | 87  | 90  | 92  | 92  | 92 | 89 | 86 | 81 | 75   | 67                                                                                                          |  |
|              | 70 | 67              | 74  | 80  | 84  | 87  | 89  | 89  | 88 | 86 | 83 | 78 | 72   | 65                                                                                                          |  |
| 75           | 64 | 71              | 76  | 81  | 84  | 85  | 86  | 85  | 83 | 80 | 75 | 69 | 62   |                                                                                                             |  |
| 80           | 61 | 68              | 73  | 77  | 80  | 81  | 82  | 81  | 79 | 76 | 72 | 66 | 59   |                                                                                                             |  |
| 85           | 58 | 64              | 69  | 72  | 75  | 76  | 77  | 76  | 74 | 72 | 68 | 63 | 56   |                                                                                                             |  |
| 90           | 55 | 60              | 65  | 68  | 70  | 71  | 72  | 71  | 69 | 67 | 63 | 59 | 53   |                                                                                                             |  |

Figuren viser solcellernes %-vise årlige energiproduktion ved forskellig hældning og orientering, angivet i forhold til den ideelle placering: stik syd og hældning ca. 37°, som er 100%.

Figur 26 Overblik over hvor meget et solcelleanlæg producerer i % afhængig af hældning og orientering. Kilde: (<https://sparenergi.dk>)

Sidst men ikke mindst er der også hensyn at tage til naboer og husets arkitektoniske udtryk. Solceller giver procentvis mindre genskin end et ovenlysvindue, men nogle naboer kan alligevel blive generet af genskinnet. Dog er det muligt at få solceller med en antirefleks behandling eller med en ru overflade, der giver mindre refleksioner (SparEnergi, u.d.).

Alternativt er der på case ejendommen mulighed for at montere solceller i et stativ der står på jorden, da grunden har den fornødne størrelse, og plads hertil.

I Be18 beregningerne er der taget udgangspunkt i et solcellepanel på kun 14 m<sup>2</sup>, som leverer 25 kWh/m<sup>2</sup> år. Det skyldes at de 25 kWh/m<sup>2</sup> år svarer til den maksimale grænse for reduktion af behovet for tilført energi, som må indregnes i energirammen, (Aggerholm, 2018) og etablering af et større solcelleanlæg vil derfor ikke give mening, med hensyn til reduktion af ejendommens energibehov.

Ved montering af solceller, efterisolering af loft, udskiftning af vindurer og døre, etablering af ventilationsanlæg samt konvertering til fjernvarme, ender det samlede energibehov på 42,1 kWh/m<sup>2</sup> år, hvilket er en reduktion på i alt 80,4 % i forhold til det oprindelige udgangspunkt på 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år. Reduktionen betyder også at case ejendommen vil få energimærke A2010 og, at den vil overholde kravet til renoveringsklasse 1.

| Fakta boks                                                                | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>                                               | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    |    |
| <b>Konvertering til fjernvarme</b>                                        | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>52,9 %        | 126.000,00Kr.<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    |    |
| <b>Etablering af ballanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding</b> | 192,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 22,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>10,5 %         | 68.750,00 Kr.<br>0,33 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    |    |
| <b>Udskiftning af vinduer og døre til nye med 2 lags energiruder</b>      | 173,4 kWh/m <sup>2</sup> år | 41,2 kWh/m <sup>2</sup> år<br>19,2 %         | 74.026,00Kr.<br>0,56 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A                    |  |
| <b>Efterisolering af loftkonstruktion til samlet 400mm</b>                | 204,3 kWh/m <sup>2</sup> år | 10,3kWh/m <sup>2</sup> år<br>4,8 %           | 24.987,00Kr.<br>0,41 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A                    |  |
| <b>Etablering af 14m<sup>2</sup> solceller på SV tagfladen</b>            | 189,6 kWh/m <sup>2</sup> år | 25,0 kWh/m <sup>2</sup> år<br>11,6 %         | 78.000,00Kr.<br>0,32 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00. | N/A                    |  |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b>                     | 42,1 kWh/m <sup>2</sup> år  | 172,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>80,4 %        | 371.763,00Kr.<br>0,46 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | 1                      |  |

### 7.3 Tilskudsordninger

Der er flere muligheder for at få tilskud og/eller fradrag, når en bolig skal energirenoveres. En del energiselskaber giver økonomisk støtte til energibesparelser af boligen. Hvor meget der støttes med kommer an på, hvor meget energi der spares. Der kan søges om tilskud/støtte til

udskiftning af varmekilde til en mere miljøvenlig varmeform, efterisolering af ydervægge og tag, samt udskiftning af vinduer og døre. Det er dog vigtigt at søge inden projektet sættes i gang (SparEnergi.dk, SparEnergi.dk, u.d.).

Derudover er der det såkaldte håndværkerfradrag. Jf. skat.dk kan der i 2019 opnås et servicefradrag til vedligeholdelse og reparation af en eksisterende helårsbolig, på kr. 12.200,00 pr. person over 18 år, som har bopæl på adressen. Dog er det et krav at man skal bo der mens arbejdet bliver udført.

Vedr. fjernvarme kan der være forskellige priser på tilslutning og gravearbejde, hvis der er flere der får det udført samtidig. Dette kan undersøges ved det lokale fjernvarmeværk (ENERGITILSKUD, u.d.).

For case ejendommen kan der, jf. tilbud, ifølge Sæby Varmeværk opnås et særskilt tilskud på kr. 4.332,00 ved konvertering fra el varme til fjernvarme, såfremt energibesparelsen ved tilslutning til fjernvarme sælges til Sæby varmeværk.

For de øvrige renoveringstiltag, vil der som omtalt, også kunne opnås tilskud. Omfanget af tilskud, der kan forventes ved de valgte renoveringstiltag, fremgår af tabel 10. Ved beregning af energitilskud for de valgte renoveringstiltag, er der brugt værdier fra Standardværdikatalog for energibesparelse (Energistyrelsen, 2016).

På hjemmesiden Energihjem.dk (AB Gruppen A/S, 2019), er der udarbejdet en liste over energiselskaber, der giver energitilskud til energirenovering. Tilskuddet til energibesparende tiltag ligger for de forskellige selskaber fra 24 øre til 35 øre pr sparet kWh (AB Gruppen A/S, 2019).

Ifølge Standardværdikatalog for energibesparelse, vil konvertering fra el varme til fjernvarme betyde en besparelse på 13.220 kWh, sammenholdes det med tilskuddet fra Sæby varmeværk, betyder dette et tilskud på 32,8 øre pr sparet kWh, hvilket danner grundlag for beregning af tilskud til øvrige renoveringstiltag.

Etablering af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, vil jf. Standardværdikataloget, medføre en energibesparelse på 3.750 kWh, hvilket vil udløse et tilskud til etableringen på kr. 1.230,00.

Til efterisolering af tagkonstruktionen, vil der som før omtalt, også kunne søges om tilskud. Tilskuddet til efterisolering af tagkonstruktioner er ifølge Standardværdikataloget afhængig af den eksisterende isoleringsmængde, hvilket betyder, at en dårligt isoleret konstruktion vil opnå et større tilskud end en i forvejen fornuftig isoleret konstruktion. Da case ejendommens tagkonstruktion allerede er isoleret med 200 mm, placeres den i laveste kategori. Der vil for ejendommen derfor kun kunne opnås en energibesparelse på 12 kWh/m<sup>2</sup>, hvilket udløser et forholdsvist begrænset tilskud på kr. 551,00.



Ved udskiftning af de eksisterende vinduer, vil der jf. Standardværdikataloget opnås en energibesparelse på 170 kWh/m<sup>2</sup> vindue. I ejendommen er der ca. 19 m<sup>2</sup> vinduer, hvilket samlet set giver en energibesparelse på 3.230 kWh, og vil medføre et tilskud på kr. 1.059,00.

Til udskiftning af massive trædøre eller trædøre med 1- eller 2-lags ruder uanset rudens størrelse, til isoleret pladedør med rude af samme størrelse med 2-lags lavenergirude, kan der regnes med en energibesparelse på 150 kWh/m<sup>2</sup>. Ved udskiftning af parcelhusets fordør og bagdør, kan der opnås et tilskud på kr. 202,00.

Af tabel 10, fremgår det samlede tilskud der kan opnås, ved de valgte renoveringstiltag.

*Tabel 10 Samlet oversigt over energitilskud der kan forventes ved gennemførelse af de valgte energibesparende tiltag*

| Energi-<br>besparendetiltag                                    | Samlet<br>reduktion | Tilskud                 |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| Konvertering til<br>fjernvarme                                 | 13.220 kWh          | Kr. 4.332               |
| Etablering af<br>mekanisk<br>ventilation                       | 3.750 kWh           | Kr. 1.230               |
| Udskiftning af<br>vinduer til nye<br>med 2 lags<br>energiruder | 3.230 kWh           | Kr. 1.059               |
| Efterisolering af<br>loftkonstruktion<br>til samlet 400mm      | 1.680 kWh           | Kr. 551                 |
| Udskiftning af<br>døre til nye med<br>2 lags<br>energiruder    | 615 kWh             | Kr. 202                 |
| <b>Samlet energi<br/>besparelse &amp;<br/>tilskud</b>          | <b>22.495 kWh</b>   | <b><u>Kr. 7.374</u></b> |

#### 7.4 Diskussion af renoveringsforslag 1

Som det indledningsvist nævnes, er det hovedsageligt et ønske om at forbedre indeklimaet i case ejendomme, der mere end noget andet er den egentlige motivationsfaktor for at gennemføre de gennemgåede renoveringstiltag. Det vil dog samtidig være afgørende, hvorledes der er en fornuftig sammenhæng imellem de omtalte tiltag og de omkostninger, de naturligvis er forbundet med.

De samlede omkostninger for gennemførelsen af alle renoveringstiltagene er ca. Kr. 365.000,00 fratrukket det forholdsvis begrænset beløb, der kan opnås i tilskud. Et beløb af denne størrelsesorden vil for de flestes vedkommende være forbundet med finansiering. I den henseende, vil ejendommens merværdi efter renoveringen være langt vigtigere end boligejers ønske om forbedret indeklima, som reelt ikke direkte kan prissættes. Det skal med andre ord kunne "betale" sig at gennemføre renoveringstiltagene.

Værditilvæksten af ejendommen efter en energirenovering er stærkt sammenhængende med dens kvartermæssige placering, der efter Nybolig Sæby, vil være begrænsende for, hvor meget ejendommens handelsværdi kan forøges, selvom energimærket forbedres markant. Yderligere er det også afgørende, at boligen reelt set ikke moderniseres, men bevare det nuværende udtryk. Mette Dal og Jens Houbak Jensen fra Nybolig Sæby vurderer, at ejendommen maksimalt vil kunne sælges for Kr. 1.500.000,00 (Se bilag 2) efter gennemførelse af de gennemgåede renoveringstiltag.

En handelsværdi på Kr. 1.500.000,00, vil reelt betyde, at værditilvæksten af ejendommen er begrænset til Kr. 250.000,00 sammenlignet med det oprindelige udgangspunkt på Kr. 1.250.000,00. Sammenholdes ejendommens værditilvækst med omkostningerne til gennemførelse af renoveringen på Kr. 365.000,00 vil det betyde, at det ikke vil være økonomisk rentabelt at gennemføre renoveringen.

Hvorvidt de foreslåede renoveringstiltag, eller dele af dem, alligevel kan udføres, er således et spørgsmål om ejendommens ejer og dennes økonomiske formåen, samt velvilje til om muligt at investere mere målrettet i et forbedret indeklima, der som omtalt, kun vanskeligt lader sig prissætte. Herudover vil der naturligvis være en årlig gevinst i form af et mindre varmeforbrug.

Da ejendommens ejer i denne situation ikke ønsker at sælge, men samtidig har et ønske om at boligen skal konverteres til fjernvarme, vil installation af solcelleanlæg i dette tilfælde heller ikke være attraktivt i samme omfang. Indflydelsen på energimærket er reelt uden betydning, såfremt ejendommen ikke ønskes solgt. Da ejer har et forventeligt normalforbrug til el i husholdningen, vil investering i solcelleanlæg erfaringsmæssigt ikke kunne svare sig.

Set med boligejers briller vil denne renovering, ud over forbedret indeklima, næppe være særlig attraktiv. Ejendommen står efterfølgende med oprindelige installationer, herunder køkken og bad fra 1987. En stor del af boligens gulve er klinkegulve med el varme, der ikke lader sig opvarme med fjernvarmen. Det vil således give anledning til manglende komfort,

såfremt el varmen i gulvet ikke fortsat benyttes, denne komfort kan efterfølgende være dyrt købt, da der efter konvertering til fjernvarme ikke mere kan opnås reduktion i el afgiften til opvarmning.

Herudover er rørføring i paneler og opsætning af radiatorer i hele bygningen næppe arkitektonisk at foretrække for ejendommens ejer.

Hvorvidt det vil være mere attraktivt at gennemføre en mere harmonisk og gennemgribende renovering af ejendommen, vil være et af de åbenlyse spørgsmål ejer bør stille sig selv.

### 7.5 Renoveringsforslag 2

Da renoveringsforslag 2 tilsigtes at kunne sammenlignes med et nybygget hus, bør der som minimum være et sammenlignelig energibehov. Det vil sige, at det samlede energibehov, jf. BR18 krav, skal ned under 37,2 kWh/m<sup>2</sup> år.

Som det fremgik af renoveringsforslag 1 i afsnit 7.2, var de mest oplagte renoveringsløsninger ikke tilstrækkelig til at nedbringe det samlede energibehov i case ejendommen til BR18 niveau.

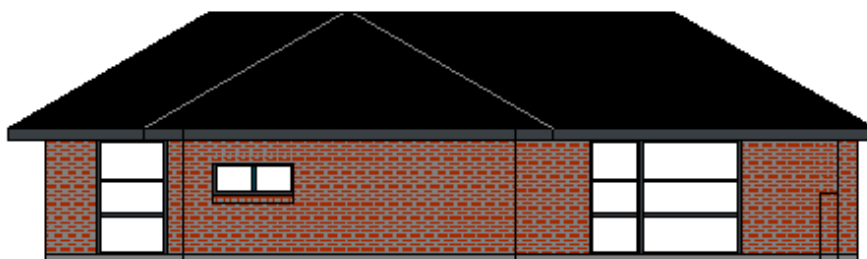
Derfor vil der i det efterfølgende blive belyst, hvilke yderlige tiltag der skal til, ud over de allerede valgte tiltag, for at nedbringe energibehovet så det overholder BR18 kravet.

Derudover vil der være fokus på tæthedsplanet, herunder dampspærre, radonsikring, kuldebro, dagslysforholdene og støjreduktion i klimaskærmen samt det arkitektoniske udtryk og planløsningen. Det planlagte fremtidige facadeudtryk der fremgår af figur 28, er forsøgt tilpasset, så det svarer til nutidig byggeskik.

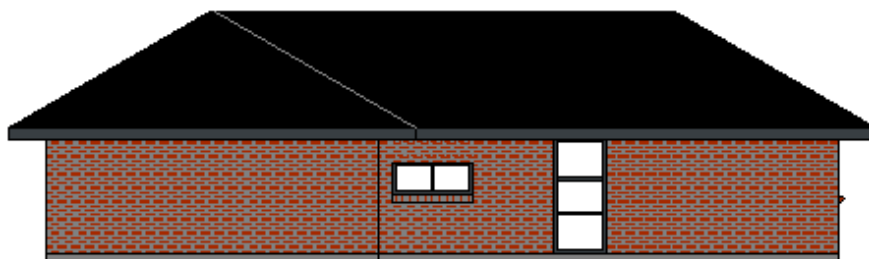
Denne totalrenovering vil være forbundet med en større økonomiske omkostning, men vil samtidigt være mere sammenlignelig med et nybygget hus.



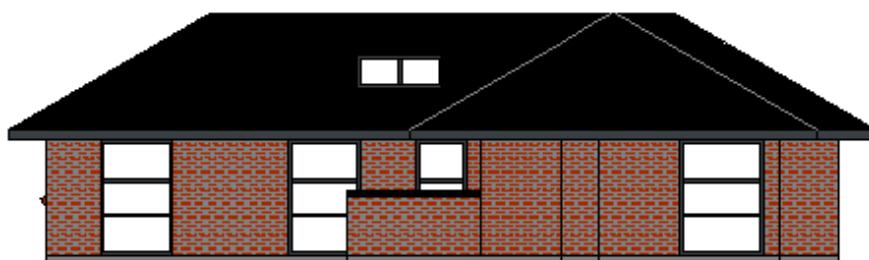
Facade mod Sydøst



Facade mod Nordvest



Facade mod Nordøst



Facade mod Sydvest

*Figur 27 Illustration af fremtidige facade på case ejendommen efter renovering*

### 7.5.1 Installationer

I dette renoveringsforslag, er det valgt at samle de tekniske installationer under samme punkt, da flere af de valgte løsninger går igen fra renoveringsforslag 1. Installationerne vil derfor kun blive opsummeret kortfattet i dette afsnit. Det drejer sig om varme, ventilation og solceller.

Som det blev beskrevet under renoveringsforslag 1 i afsnit 7.2.1.2, er konvertering til fjernvarme en god løsning til at nedbringe energirammen, hvilket er valgt at videreføre i renoveringsforslag 2.

En af ulemperne ved at konvertere til fjernvarme, var det manglende varmfordelingsanlæg, som skulle etableres som en rørpanel løsning, der ikke ligefrem er en arkitektonisk perle. I dette renoveringsforslag tilsigtes det at udskifte terrændækket. Dette muliggør installation af gulvvarme i alle rum samt at føre nye velisolerede vandrør under terrændækket til det varme brugsvand.

For ventilations- og solcelleanlæggenes vedkommende, er der valgt de samme anlæg som anvendt i renoveringsforslag 1, der er således ikke ændret noget i beregningen af disse.

Siden 1987 er mængden af el apparater i de danske hjem øget markant (Erhvervsstyrelsen, 2015), dermed er behovet for et øget antal af el-udtag steget tilsvarende. Ved at etablere et nyt terrændæk og nye skillevægge giver det mulighed for at optimere elinstallationerne i ejendommen, så de passer til boligejers behov, og overholder kravet i stærkstrømsbekendtgørelsen.

### Økonomi

Omkostningerne til etablering af gulvvarme, er ikke helt så overskuelig, idet udskiftningen af terrændækket jf. BR18, kræver at U-værdien overholdes, hvilket betyder en øget omkostning til ekstra isolering, og det merarbejde det vil medføre. Til gengæld giver det, et mindre varmetab igennem gulvkonstruktionen og en reduktion i det samlede energibehov.

Der er til opgaven indhentet priser på komplet vvs installation inkl. sanitet, fra vvs installatør Lars Mortensen på Kr. 120.350,50 inkl. moms (se bilag 10). Tilsvarende er der fra elinstallatør Kenney Fuhlendorff fra firmaet Visu-EL, indhentet tilbud på komplet elinstallation der overholder stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6, som udgør Kr. 78.750,00 inkl. moms (se bilag 11).

### Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

Udover at undgå rørpanel løsningen er fordelene ved at etablere gulvvarme, at det er med til at forøge komforten og modvirke fodkulde, yderligere giver det en mere jævn opvarmning. Derudover er der mindre vedligeholdelse ved gulvvarme frem for radiatorvarme og i

vådruddene sikre gulvvarmen en hurtigere tørring af gulvene. Det giver også større frihed til at indrette og møblere ejendommen (Patursson, 2018).

Ulemper ved gulvvarmen som er indstøbt i terrændækket, er at det tager længere tid om at opvarme rummene, tilsvarende tager det også længere tid at køle det ned igen, når der slukkes for varmen.

Når terrændækket udskiftes, efterisoleres der også op til BR18 kravet, hvilket er en forudsætning for optimal udnyttelse af gulvvarmen og det betyder også at varmetabet bliver mindre. Det reducerede varmetab kan medføre, at der især i forårs- og efterårsperioden skal meget til, før gulvvarmen vil tænde, og derfor kan gulvene føles kolde. Yderligere er der naturligvis prisen for udskiftning af terrændækket (Patursson, 2018).

#### 7.5.2 Terrændæk

Der blev ikke fokuseret på etablering af et nyt terrændæk i renoveringsforslag 1, da det erfaringsmæssig ikke er rentabelt. I totalrenoveringen er det tilsigtet, at der skal etableres gulvvarme i hele huset, hvilket betyder at det eksisterende terrændæk skal udskiftes med et nyt.

Jf. BR18 skal kravet til U-værdi opfyldes uanset rentabilitet, når hele bygningsdelen udskiftes. I 1980'erne havde man ændret byggeteknik i forhold til tidligere, så isoleringen blev placeret under betonlaget i form af et lag trykfast isolering. Terrændækket er typisk opbygget af (Lindgaard L. , 2018):

- Gulvbelægning
- En fugtspærre i form af plastfolie
- 100 mm Armeret beton
- 100 – 150 mm Trykfast isolering
- 150 mm Kapillarbrydende lag af fx løse letklinker (Iecanødder)

Alternativ kunne det kapillarbrydende lag og isoleringslaget bestå udelukkende af letklinker som det er tilfældet med case ejendommen.

#### Økonomi

Etablering af nyt terrændæk i et eksisterende hus er et omfattende arbejde, hvor der blandt andet kræves stor opmærksomhed omkring sikring af husets stabilitet under arbejdet. For at fastsætte udgifterne til etableringen af nyt terrændæk er der indhentet tilbud fra JE Byg, Murer & Entreprenør på Kr. 174.750,00 inkl. moms. Se bilag 12.

#### Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

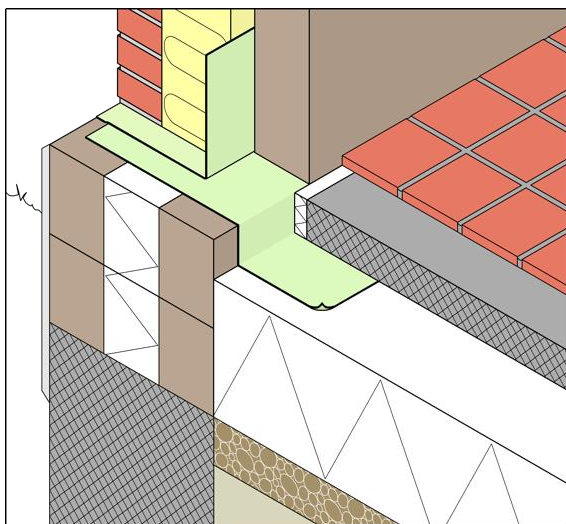
Fordelen ved at udskifte terrændækket er bl.a., at det muliggør etablering af gulvvarme, som vil medføre en bedre komfort i huset. Det giver også ved efterisolering et reduceret varmetab. Derudover giver det mulighed for at sikre ejendommen yderligere mod radon.

## Radon

*Radon er en naturligt forekommende gas, der dannes i undergrunden. Gassen er den største naturlige kilde til radioaktivitet i bygningers indeluft og siver eller suges typisk ind i en bygning gennem revner og sprækker i konstruktioner mod jord. Det er ikke muligt at lugte, smage, høre, føle eller se radon, men indholdet af radon i indeluften kan måles. (Rasmussen, 2016)*

Terrændækket skal være varme- og fugtisolierende og skal yderligere sikre mod radonindtrængning. Det gør sig også gældende ved soklen, hvor terrændækket sammenbygges med ydervæggen og fundamentet.

Hvor der i nybyggede huse udlægges en radonspærre mellem fundamente og ydervæg, som er ført ned under terrændæk (se figur 28), er tætningen langs fundamentet i case ejendommen lidt vanskeligere, idet ydervæggen ikke fjernes. Altså skal radonspærren klæbes fast til det eksisterende bagmur f.eks. med butylbånd.



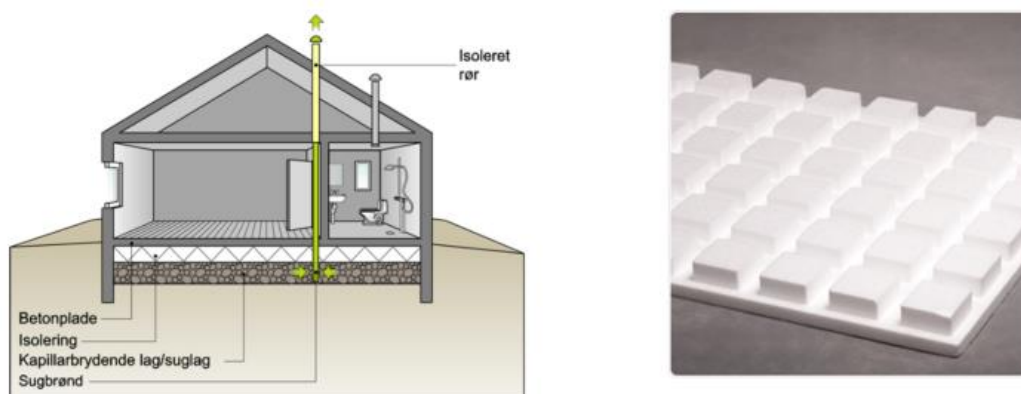
Figur 28 Tætning med membran ført ned under betonpladen og ud over fundamentoverside. Kilde: SBI Anvisning 233

Af hensyn til radonsikringen anbefales det, at der etableres et suglag. Dette gøres nemmest ved at udføre det som en del af det kapillarbrydende lag. Det kan f.eks. udføres som et lag nøddesten, singels eller coatede, løse letklinker på min. 100 mm (se figur 29).

For at reducere risikoen for radon der trænger op i boligen, bør betonens svindrevner begrænses når der støbes et nyt terrændæk, og derfor bør størrelsen på støbefelterne ikke overskride 25-30 m<sup>2</sup>.

Hvis det kapillarbrydende lag består af isoleringsplader som f.eks. polystyren med lukkede porer, skal der etableres et selvstændigt suglag. Det kan f.eks. udføres ved brug af en sugplade, se figur 29 (Rasmussen, 2016).





Figur 29 Passiv indvendig radonsug (tv) Kilde SBI-anvisning 247. (th) Eksempel på sugeplade i polystyren, her med spor som anvendes til at lede radon væk. Kilde: Sundolitt.dk

### 7.5.3 Udskiftning til større og flere vinduer for bedre dagslysforhold

Som boligejer indledningsvist har beskrevet, er lysindfaldet fra vinduet og terrassedør i køkkenalrummet begrænset af husets udhæng og vinkelbygningen, der giver en udpræget skyggepåvirkning det meste af dagen. Forudsat at køkkenalrummet ved totalrenoveringen forbliver hvor det er placeret i den eksisterende bolig, vil der være et begrænset antal m<sup>2</sup> facade til rådighed for at montere ekstra vinduer til at øge lysindfaldet.

Selvom vinduet i køkkenet ændres, så det går helt til gulv, vil det kun tilføre en begrænset mængde dagslys til rummet. Derfor vil det give god mening at montere ovenlysvinduer i tagfladen, som vil give det fornødne og stærkt tiltrængte dagslysindfald. Et eksempel på forbedret lysforhold efter renovering fremgår af figur 30.



Figur 30 Implementering af ovenlysvinduer giver øget lysindfald. Kilde: (<https://huset-middelfart.dk>)

Under renoveringsforslag 1, blev der valgt 2-lags energiruder frem for 3-lags, da der jf. undersøgelser fra Elforsk er et markant højere dagslysintensitet igennem 2-lags jernfattede energiruder frem for 3-lags standard energiruder (Carlo Volf et al., u.d). Men efter som der

ved totalrenoveringen lægges vægt på at få et mere moderne udtryk af huset, sammen med et større lysindfald, er der valgt at ændre vinduerne i alle rum så de går til gulv (med undtagelse af badeværelser). Dette vil øge det samlede vinduesareal med 30 %. Ved at vælge 3-lags energirude som har en bedre U-værdi, er vinduerne med til at reducere det samlede energiforbrug yderligere i forhold til 2-lags energiruder.

Med forøgelsen af glasarealet, er der dog en forøget risiko for overophedning i sommerperioderne. Jf. BR18 stilles der krav relateret til det termiske indeklima. Disse krav gælder blandt andet også for at kunne overholde renoveringsklasse 1. Jf. BR18 anses kravet overholdt, såfremt der ved beregning kan påvises, at der maksimalt er 100 timer pr. år af brugstiden, hvor temperaturen overskrider 27 °C og maksimalt 25 timer, hvor temperaturen overskrider 28 °C (Ernst Jan de Place Hansen et al., 2018).

### **Økonomi**

Erfaringsmæssigt er det ikke økonomisk rentabelt at udskifte vinduer og døre, hvis energibesparelsen alene skal dække udgiften til udskiftning. Ved decideret udskiftning af en hel bygningsdele skal den udskiftede del overholde mindstekrav til klimaskærmen jf. BR18. Rentabiliteten er altså uden betydning ved direkte udskiftning af vinduer og døre. Som det fremgår af tilbuddet fra JE Byg, Tømrer & Snedker ApS (se bilag 8), koster udskiftning til 3-lags energiruder Kr. 124.975,00 inkl. moms heraf udgør Kr. 19.193,75 arbejds løn. Hertil kommer udgiften til at etablere større vindueshuller på Kr. 46.750,00 (se bilag 13), hvilket giver en total pris på Kr. 171.725,00 inkl. moms.

### **Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger**

Ud over de i renoveringsforslag 1 beskrevne fordele som også gør sig gældende her, er der den afgørende fordel, at lysindfaldet, og dermed indeklimaet forbedres markant. Specielt montering af ovenlysvinduer er med til at give lysindfald i et område, hvor det ellers er svært at øge det. Det ændrer samtidigt udtrykket på huset, og giver det et mere nutidigt udtryk, hvilket også må betegnes som en fordel, ligesom det reducerede energitab.

Ulemperne ved udskiftning er som udgangspunkt prisen, hvis der ses rent rentabilitetsmæssig på det, men den øgede komfort er svær at veje op mod de økonomiske omkostninger.

#### **7.5.4 Efterisolering af tagkonstruktion og etablering af nye lofter**

Loftet i case ejendommen udgør den største del af klimaskærmens samlede areal, og som det er blevet beskrevet under renoveringsforslag 1, er tagrummet let tilgængeligt, hvorfor det også er et oplagt sted at efterisolere.

Da det tilstræbes at kunne sammenligne case ejendommen med et nybygget hus efter totalrenoveringen, vil loftbeklædningen også blive skiftet ud. Det åbner mulighed for at udskifte dampspærren, således der kan etableres en tæt dampspærre, og dermed undgå

risikoen for, at varm fugtig luft siver op i tagkonstruktionen, med risikoen for udvikling af skimmelsvamp.

### **Økonomi og rentabilitet**

Når der skal udføres nye lofter sammen med efterisolering, påvirker det selvsagt rentabiliteten af energibesparelsen. Nedtagning af de eksisterende lofter og dampspærre og efterfølgende opretning og montering af ny tæt dampspærre, forskalling og gipslofter samt afsluttende spartling, slibning og malebehandling, er en forholdsvis økonomisk tung post set i forhold til efterisoleringen alene.

Udgifterne til efterisolering med 200 mm kl. 34 mineraluld inkl. arbejds løn udgør som i renoveringsforslag 1 Kr. 24.987,00 inkl. moms. Udgiften til nedtagning af de eksisterende lofter og opsætning samt malebehandling af de nye lofter udgør, ifølge Molio prisdata, Kr. 112.213,00 inkl. moms. altså en samlet udgift på Kr. 137.200,00 inkl. moms.

### **Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger**

Den helt klare fordel er, at der ved udskiftning af lofter, er mulighed for at udføre en ny og tæt dampspærre. Selv om det ikke er givet at der vil opstå fugtrelaterede skader i tagkonstruktionen ved efterisolering uden at skifte dampspærren, vil der være en risiko for at der kan opstå skimmelvækst i konstruktionen. En anden fordel er, at det er muligt at implementere felter med lydgips, så støj i rum med hårde gulvoverflader som klinker reduceres.

Ulempen er først og fremmest de økonomiske omkostninger der er forbundet med udskiftningen.

#### **7.5.5 Ydervægge og samlingsdetaljer ved vinduer og døre**

Ud over en ringe rentabilitet, grundet udgangspunktet for isolering i case ejendommen, vil en indvendig efterisolering resultere i færre netto m<sup>2</sup>, og en udvendig efterisolering vil betyde ændret facadeudtryk.

For både udvendig og indvendig efterisolering vil det også betyde en forøgelse af ydervægstykkelsen, hvilket har betydning for lysindfaldet. F.eks. betyder en forøgelse fra 360 mm med 150 mm til i alt 510 mm en reduktion på ca. 20 % ved et vindue på 1,2m x 1,6m (Møller E. B., Efterisolering af småhuse -energibesparelser og planlægning, 2012). På baggrund af ovenstående, vurderes en efterisolering af ydervæggene ikke som et relevant tiltag for case ejendommen.

Der hvor der er mulighed for at forbedre ydervæggen, er ved samlingsdetaljer mellem konstruktionerne ved forbedring af kuldebrosafbrydelse og dermed begrænse linjetabet.

Definition af linjetab er i princippet den del af en varmetabsberegning, som ligger ud over den endimensional varmestrømning gennem de almindelige flader. Linjetabet forekommer, hvor varmestrømmen ikke kun er i én retning, hvilket typisk er samlinger og fuger omkring vinduer/døre, og i overgange mellem bygningsdele i konstruktionen, hvor varmeledningsevnen er større end i resten af konstruktionen (Møller E. B., 2012). I case ejendommen er det ved fundamenter i dør og vinduesåbninger der går til gulv, herunder også hvor vindueshullerne ændres ned til gulvniveau, hvor de ikke tidligere har været det. Desuden er det ved vindues- og dørfalsene, hvor der jf. tegningsmaterialet kun er etableret 10 mm polystyren imellem formur og udmuret vinduesfals i bagmuren.

I forbindelse med udskiftning af vinduer og døre, kan der foretages forbedringer af kuldebrosafbrydelsen. Når vinduer og døre er demonteret, vil det være muligt at øge kuldebrosafbrydelse til f.eks. 50 mm polystyren, ved at afkorte den indvendige vinduesfals. Der er ved brug af beregningsprogrammet HEAT2 udført linjetabsberegninger for såvel eksisterende konstruktion med 10 mm, og med en forøgelse til 50 mm polystyren, for at anskueliggøre betydningen af den øgede kuldebrosafbrydelse. Resultatet er efterfølgende benyttet i Be18 beregninger.

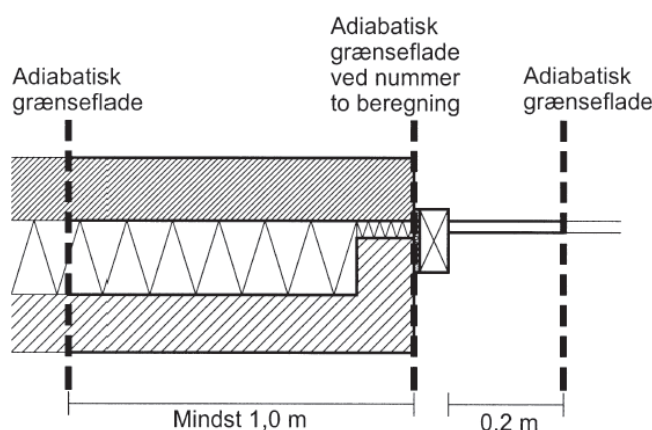
### Beregning af linjetab i vinduesfals

Den geometrisk model af området omkring vinduesfalsen er defineret iht. DS418 Anneks C.1 og materialeegenskaberne er bestemt ud fra tegningsmaterialet fra case ejendommen og er beskrevet i tabel 11.

Tabel 11 Materialeegenskaber og dimensioner til brug ved HEAT2 beregninger

| Materiale                 | Varmeledningsevne | Dimension      |
|---------------------------|-------------------|----------------|
| Bagmur af porebeton       | 0,3 W/mK          | 70 mm          |
| Formur af massiv teglsten | 0,6 W/mK          | 108 mm         |
| Mineraluld kl. 37         | 0,037 W/mK        | 100 mm         |
| Polystyren                | 0,033 W/mK        | 10 - 50 mm*    |
| Træ (karm i vindue)       | 0,12 W/mK         | 120 mm         |
| Luftspalte (uventileret)  | 0,18 W/mK         | 20 mm          |
| Glas                      | 1,0 W/mK          | 4-18-4-18-4 mm |

Efterfølgende er der foretaget to simuleringer, henholdsvis med og uden adiabatisk grænseflade jf figur 31. Ved den første simulering beregnes de samlede todimensionale varmestrømme. Ved den anden simulering indlægges den adiabatisk grænseflade i samlingen mellem vindue og væg, hvorefter de samlede todimensionale varmestrømme igen beregnes. Ved subtraktion af de 2 beregninger findes linjetabet.



Figur 31 Illustration over område ved beregning af linjetab ved vinduesfals. Kilde: DS 418

Den efterfølgende beregning, af den eksisterende konstruktion med 10 mm polystyren, giver et linjetab på 0,044 W/mK.

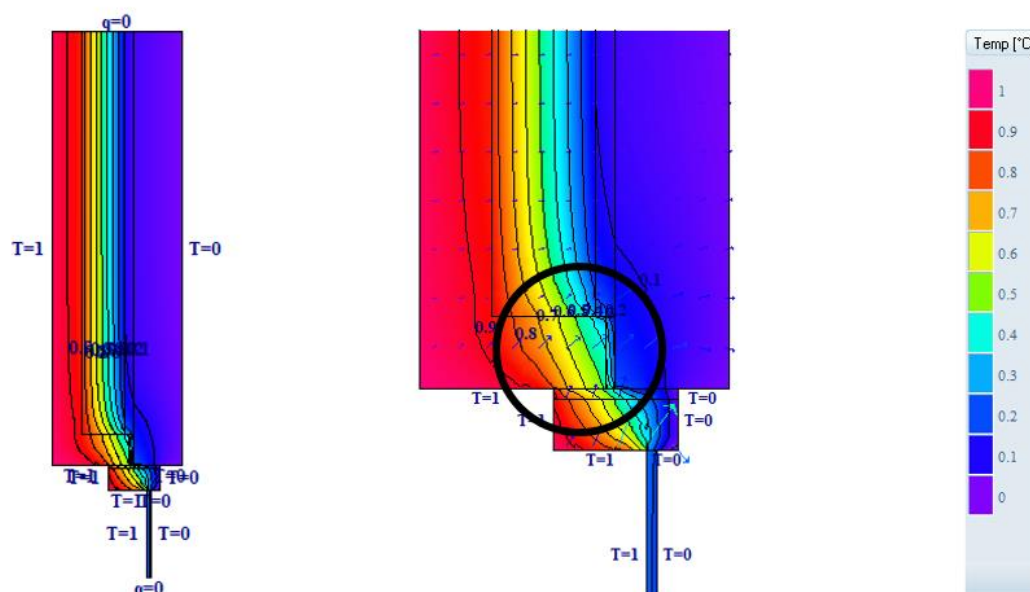
Ved øget kuldebrosafbrydelse til i alt 50 mm polystyren, viser en ny beregning at linjetabet er reduceret til 0,030 W/mK svarende til en reduktion i linjetabet på 36,9 %.

Ved en sammenligning med tabel 6.12.1a i DS418, er der afvigelser i forhold til det beregnede resultat. Ved kuldebrosafbrydelse med 10 mm, kan der i DS 418 aflæses et linjetab på 0,05 W/mK.

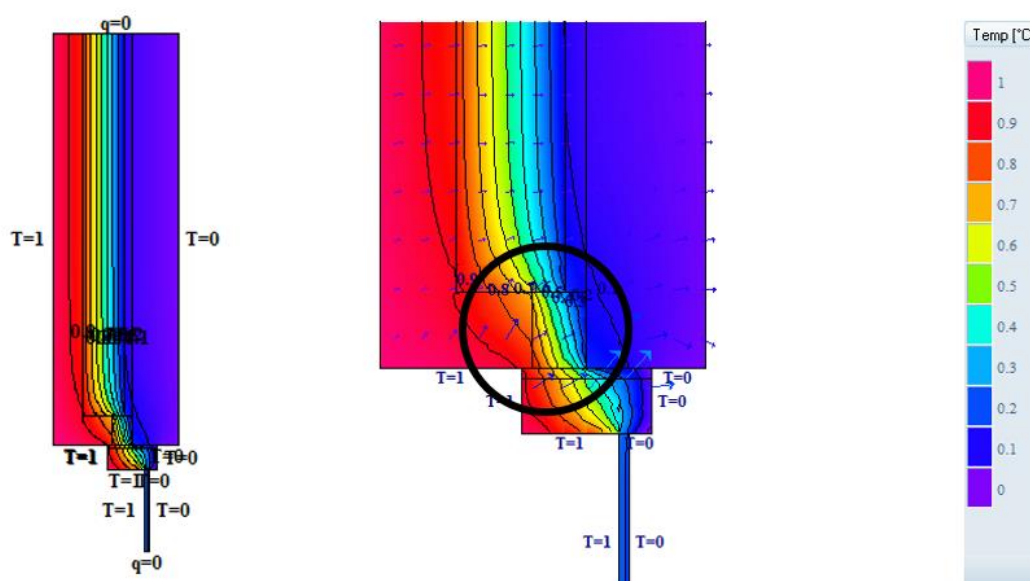
Ved kuldebrosafbrydelse med 50 mm aflæses der i DS 418, et linjetab på blot 0,01 W/mK.

Der kan være flere årsager til, at der er afvigelser mellem det beregnede resultat og tabelværdier i DS 418. Der kan være afvigelser i den geometri, hvorved modellerne er opbygget og varmeledningsevnen på de anvendte materialer, har ligeledes indflydelse på resultatet. En anden faktor der ifølge seniorforsker Jørgen Rose ved SBI, kan være medvirkende er, at en tanke bag DS 418, var at anviser gode løsninger. Ved at negligere linjetabet ved anvendelse af 50 mm kuldebrosafbrydelse, håbede man at "skubbe" til byggebranchen således at det altid blev anvendt 50 mm afbrydelse. Illustration af HEAT2 beregninger fremgår af figur 32.

Der er dog valgt i Be18 beregningen af totalrenoveringen, at bruge det beregnede linjetab på 0,030 W/mK.



Resultat af simulering med 10mm polystyren er 0,044 W/mK



Resultat af simulering med 50mm polystyren er 0,030 W/mK

Figur 32 HEAT2 beregninger med henholdsvis 10 mm kuldebrosafbrydelse (øverst) og 50 mm kuldebrosafbrydelse (nederst)

## Økonomi

Omkostningerne til at øge kuldebrosafbrydelsen i vindues- og dørfalsene vil være ret beskedne, når det udføres samtidig med at vindueshullerne gøres større. Entreprenøren er i forbindelse med indhentning af tilbud til dette projekt, gjort opmærksom på, at der ønskes tilbud på udførelse af ekstra kuldebrosafbrydelse, og det er jf. Michaels Murersjak indeholdt i tilbuddet på Kr. 46.750,00 inkl. moms, se bilag 13.

### Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger

Efter 2001 blev det et krav at indregne linjetabet i varmetabsberegninger (Møller E. B., 2012), og selv om der er udført kuldebrosafbrydelser ved vinduer og døre i case ejendommen, så er der alligevel lidt at hente ved at øge den. Fordelen er en reduktion af linjetabet på 36,9 % og dermed mindre varmetab.

Ulempen ved etablering af ekstra eller ny kuldebrosafbrydelse er, at det kræver at vinduerne demonteres og hvis det skal udføres uden at det er i forbindelse med udskiftning af vinduer og døre, bliver det en forholdsvis dyr forbedring.

### 7.5.6 Arkitektur og planløsning ved en totalrenovering

Selvom det jf. Bolius i mange tilfælde er mest fordelagtigt at bygge nyt rent økonomisk, så kan der være andre forhold der spiller ind, så som arkitektur, æstetik og ejendommens historie (Jensen, Bolius, 2018). Ved de fleste 80'ere huse er det dog ikke tilfældet, og case ejendommen er da heller ikke en undtagelse.

### Økonomi og rentabilitet

Prisen for at bygge et nyt hus variere mellem Kr. 13.000,00-17.000,00 pr m<sup>2</sup> og det er det der i mange tilfælde, bedst kan betale sig. Dog skal der tages højde for hvor dyre og tilgængelige byggegrunde er i det pågældende område.

Et parcelhus i København koster i gennemsnit over 3 millioner og her kan det godt være billigere at bygge et helt nyt hus på en ny grund, selvfølgelig afhænger det af prisen på selve grunden. Ligeledes vil det oftest være billigst at købe en grund og bygge nyt hus, hvis man vil bo i Nordsjælland, Østsjælland eller i Østjylland, da huspriserne i de områder også er dyrere. Hvis man vælger et eksisterende hus, skal der ikke meget istandsættelse til, før det bliver en dyrere løsning.

Vælger man til gengæld steder som Gentofte eller Lyngby, kan det være en bedre idé at købe et eksisterende hus og renovere det, eller måske endda rive huset helt ned og bygge nyt, da grundene her er dyrere.



I Vest- og Sydsjælland og i Sønder-, Vest- og Nordjylland, hvor case ejendommen er, samt Bornholm kan man pga. de lave huspriser renovere meget på et eksisterende hus, før det bliver dyrere end at bygge et nyt hus på en ny grund (Jensen, Bolius, 2018).

I forbindelse med totalrenoveringen, hvor det tilsigtes at løfte case ejendommens arkitektoniske udtryk til et mere nutidigt således, at det er mere sammenligneligt med et nyt hus, er der i renoveringsforslag 2 valgt at udskifte tagbelægningen til listetækket tagpap. Udgiften udgør jf. tilbud fra JE Byg Kr. 367.643,75 inkl. moms (se bilag 8). Desuden vil der også være en udgift til nyt inventar i køkken og de to badeværelser. Der er til projektet ikke indhentet specifikke tilbud herpå, men der er afsat et rammebeløb på Kr. 175.000,00 som dækker inventar og montering i de tre rum. Til genopførsel af indvendige skillevægge afsættes et beløb på Kr.55.000,00 jf. tilbud fra JE Byg, Murer & Entreprenør på Kr. 500,00 inkl. moms pr. m<sup>2</sup>.

### **Fordele, ulemper og bygningsfysiske udfordringer og løsninger**

Den åbenlyse fordel ved totalrenoveringen er, at man kan nytænke planløsningen. Ved renoveringsforslag 1, var de fysiske ramme låst fast. Det 80'er udtryk som case ejendommen er født med, blev ikke ændret, lige som planløsningen også var den oprindelige.

Ved totalrenoveringen, vil det være muligt at lave en ny planløsning, da skillevæggene fjernes i forbindelse med udskiftning af terrændækket. Ved at ændre planløsningen vil der også være mulighed for at få en mere nutidig indretning, med anderledes børneværelser og bedre indrettet køkkenalrum.

Facadeudtrykket på ejendommen vil ligeledes få et løft ved totalrenoveringen. De store vinduer til gulv i alle værelser, køkkenalrum og det store vinduesparti i stuen, samt større vinduer med andet udtryk i badeværelser, er med til at give case ejendommen et "face lift" så det udseendemæssigt vil kunne sammenlignes med et nybygget hus, hvilket alt andet lige også vil være en fordel, specielt når huset skal sælges.

Ulemperne synes måske lidt svære at få øje på, når der nu skrives om de mange muligheder der ligger i at totalrenovere. Men en stor og ikke uvæsentlig faktor er udførelsen af selve renoveringen. Det kræver en meget nøje planlægning, og stor forsigtighed når alle indvendige skillevægge fjernes, og vindueshullerne bliver større og ført til gulv. Det vil gøre bygningen ustabil under processen, og kræver derfor korrekt afstivning af konstruktionerne.

| Fakta boks                                                                                  | Samlet energibehov          | Reduktion i forhold til eksisterende forhold | Renoveringsomkostning + VFM                          | Renoveringsklasse/BR18 | Energimærke |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Eksisterende forhold</b>                                                                 | 214,6 kWh/m <sup>2</sup> år | N/A                                          | N/A                                                  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Konvertering til fjernvarme</b>                                                          | 101,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 113,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>52,9%         | Kr. 126.000,-<br>0,90 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>C</b>    |
| <b>Etablering af ballanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding</b>                   | 192,1 kWh/m <sup>2</sup> år | 22,5 kWh/m <sup>2</sup> år<br>10,5%          | Kr. 68.750,-<br>0,33 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Udskiftning af vinduer og døre til nye og større 3 lags energiruder inkl. murer arb.</b> | 173,4 kWh/m <sup>2</sup> år | 41,2 kWh/m <sup>2</sup> år<br>19,2%          | Kr. 171.725,-<br>0,24 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>D</b>    |
| <b>Efterisolering loft med 200mm nedtag gl. lofter ny dampspærre og nye lofter</b>          | 204,3 kWh/m <sup>2</sup> år | 10,3 kWh/m <sup>2</sup> år<br>4,8%           | Kr. 137.200,-<br>0,07 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Etablering af 14m<sup>2</sup> solceller på SV tagfladen</b>                              | 189,6 kWh/m <sup>2</sup> år | 25,0 kWh/m <sup>2</sup> år<br>11,6%          | Kr. 78.000,-<br>0,32 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00  | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Udskiftning af terrændækket</b>                                                          | 200,6 kWh/m <sup>2</sup> år | 14,0 kWh/m <sup>2</sup> år<br>6,5%           | Kr. 174.750,-<br>0,08 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | N/A                    | <b>E</b>    |
| <b>Etablering af nyt tag med tagpap</b>                                                     | N/A                         | N/A                                          | Kr. 367.643,-                                        | N/A                    | N/A         |

|                                                                 |                            |                                      |                                                      |      |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>inkl. demontering af eksist.</b>                             |                            |                                      |                                                      |      |                                                                                       |
| <b>Etablering af ny vvs-installation inkl. sanitet</b>          | N/A                        | N/A                                  | Kr. 120.350,-                                        | N/A  | N/A                                                                                   |
| <b>Etablering af nye elinstallationer</b>                       | N/A                        | N/A                                  | Kr. 78.750,-                                         | N/A  | N/A                                                                                   |
| <b>Etablering af nyt køkken og to badeværelser (rammebeløb)</b> | N/A                        | N/A                                  | Kr. 175.000,-                                        | N/A  | N/A                                                                                   |
| <b>Genopførsel af indvendige skillevægge</b>                    | N/A                        | N/A                                  | Kr. 55.000,-                                         | N/A  | N/A                                                                                   |
| <b>Samlet reduktion i energibehov ved alle tiltag</b>           | 29,2 kWh/m <sup>2</sup> år | 184,3 kWh/m <sup>2</sup> år<br>80,4% | Kr. 1.553.169<br>0,12 kWh/m <sup>2</sup> år/1.000,00 | BR18 |  |

## 9 Diskussion

Formålet med rapporten er at undersøge, hvilke muligheder der er for at løfte ejendommen til at opnå de frivillige renoveringsklasser, som fremgår af Bygningsreglementet 2018, eller om muligt, overholdelse af energirammen for BR18 byggeri samt alternativt at finde niveauet for rentabel energirenovering.

### Renoveringstiltag 1

Overordnet set, er det relativt nemt at nedbringe det samlede energibehov for case ejendommen i forhold til energirammerne gældende for renoveringsklasse 2 og renoveringsklasse 1. Boligen er opbygget af simple konstruktionsløsninger og gængse byggematerialer, hvorfor der forligger oplagte renoveringsmuligheder.

Beregninger viser, at for overholdelse af renoveringsklasse 2, vil en konvertering til fjernvarme, installation af mekanisk ventilation samt udskiftning af vinduer og døre alene kunne nedbringe boligens energibehov til et niveau, der overholder energirammen. Ved gennemførsel af disse tiltag nedbringes energibehovet fra 214,6 kWh/m<sup>2</sup> år til 71,9 kWh/m<sup>2</sup> år mod en investering på Kr. 268.776,00.

For overholdelse af renoveringsklasse 1, er kravet for case ejendommen, at energibehovet sænkes til 64,1 kWh/m<sup>2</sup> år, ved efterisolering af loftrummet og etablering af 14 m<sup>2</sup> solceller på boligen, nedbringes energibehovet til 42,1 kWh/m<sup>2</sup> år mod en investering på Kr. 371.763,00. Ved gennemførsel af de valgte tiltag, kan der opnås et samlet energitilskud på Kr. 7.374,00. Be18 beregningen af boligen efter gennemførsel viser, at kravet til termisk komfort overholdes idet, der ikke optræder timer, hvor temperaturen overstiger 27 °C.

Grundet boligens alder og isoleringsniveau, vil alene konvertering til fjernvarme, installation af mekanisk ventilation og etablering af solceller kunne nedbringe energirammen til overholdelse af renoveringsklasse 1. Reelt set vil man således kunne overholde renoveringsklasse 1, hvor etablering af ventilationsanlæg er det eneste energireducerende tiltag for selve boligen. Tilsvarende vil renoveringsklasse 2 kunne overholdes helt uden, for boligen set, energireducerende tiltag.

En uvildig vurdering af case ejendommen af lokal ejendomsmægler påviser, at renoveringstiltagene ikke er rentable i salgsøjemed. Den nuværende ejendom vurderes til Kr. 1.250.000,00 og vurderes efter gennemførsel af tiltagene for overholdelse af renoveringsklasse 1 til maksimalt Kr. 1.500.000,00. Værditilvæksten ved gennemførsel af renoveringen på maksimalt Kr. 250.000,00, vil således ikke modsvare investeringen på Kr. 371.763,00.

Den primære årsag til, at værditilvæksten er begrænset skyldes jf. ejendomsmægler ejendommens kvartermæssige placering og det, at boligen reelt set ikke er blevet moderniseret, men fremstår som ved dennes opførsel. Den eneste visuelle forbedring vil være udskiftning af vinduer og døre, hvilket vanskeliggøre et salg af ejendommen i området.

Gennemførsel af tiltagene, er således et spørgsmål om boligejers økonomiske formåen og velvilje til at nedbringe boligens energiforbrug samt ønske om målrettet investering i et forbedret indeklima.

## **Renoveringstiltag 2**

For nedbringelse af energirammen til et niveau der er tilsvarende nybyggeri jf. BR18, er kravet for case ejendommen et samlet energibehov på 37,2 kWh/m<sup>2</sup> år eller derunder.

Ud over de allerede beskrevne tiltag, efterisoleres terrændækket til gældende krav og vinduerne udskiftes til større og bedre vinduer. De samlede tiltag nedbringer boligens samlede energibehov til 29,2 kWh/m<sup>2</sup> år. Be18 beregningen af boligen efter gennemførsel viser, at kravet til termisk komfort overholdes idet, der alene optræder 47 timer, hvor temperaturen overstiger 27 °C og ingen, hvor temperaturen overstiger 28 °C.

Det kunne konstateres, at en egentlig energirenovering, uden modernisering af ejendommen, ikke alene kan generere en værditilvækst af boligen, der modsvare de omkostninger der er forbundet med gennemførelsen. Renoveringstiltag 2 arbejder derfor mere med en

helhedsorienteret totalrenovering, der ud over direkte nedbringelse af energibehovet, yderligere modernisere ejendommen.

En totalrenovering af ejendommen er samtidig forbundet med væsentlige omkostninger til renovering. Den i projektet gennemgåede totalrenovering beløber sig til ca. Kr. 1.553.169,00, hvilket er tilsvarende Kr. 11.094,00 pr m<sup>2</sup>. Ifølge ejendomsmægler Mette Dal og Jens Houbak Jensen fra Nybolig Sæby, vil ejendommen efter totalrenoveringen maksimalt kunne sælges for Kr. 2.000.000,00, se bilag 2. Værditilvæksten kan således på ingen måde modsvare investeringssummen for gennemførsel af renoveringen. Hertil kommer, at der i prisen for totalrenovering, ikke er medregnet udgifter til genhusning af boligejer imens ombygningen finder sted.

En omfattende renovering af ejendommen, som den i projektet gennemgåede, lader sig reelt kun udføre, såfremt boligejer selv er i stand til at løfte den økonomiske byrde og har et ønske om ikke at skifte bopæl, idet finansiering selvsagt kan være problematisk.

Alene materialeprisen for totalrenoveringen vil i tilfældet være næsten tilsvarende værditilvæksten af ejendommen.

Sammenlignes totalrenoveringen, der uden genhusning og uforudsete udgifter beregnet har et omfang på Kr. 11.094,00 pr m<sup>2</sup>, med et tilsvarende ny opført typehus fra eksempelvis Eurodan-huse på 149 m<sup>2</sup> til Kr. 1.700.000,00, hvilket giver en pris på Kr. 11.409,00, se bilag 15. Det bør derfor kraftigt overvejes, hvorvidt nybyggeri er en bedre løsning.

Nybyggeri vil generelt være lettere at finansiere ligesom de åbenlyse fordele ved at kunne skrive, opført i 2019, taler for i tilfældet at vælge nybyggeri. Ved valg af nybyggeri skal dog medregnes omkostningen til nedrivning af det eksisterende hus, der ifølge lokal entreprenør, vil koste ca. Kr. 100.000,00. Dette vil dog ikke ændre meget, på det overordnede billede, da der sandsynligvis vil dukke uforudsete udgifter op ved totalrenovering.

Ved valg af nybyggeri, hvor det eksisterende hus nedrives, vil byggegrunden være "dyrt" købt. Huset er, trods tiltrængt renovering, i god stand og kan ikke betragtes som moden til nedrivning. Hertil kommer, at ejendommen er den nyeste i kvarteret og vurderingsmæssigt i den bedre ende sammenlignet med naboejendomme. En tilstødende byggegrund på ca. 1.500 m<sup>2</sup> er netop udbudt til Kr. 695.000,00, hvorfor det af boligejer bør overvejes, om det er et bedre alternativ at sælge ejendommen i den nuværende stand og opføre et nyt hus på en ny byggegrund.

Det kan ikke entydigt siges, hvilken løsning der er den bedste for boligejer. Der kan være mange aspekter at tage højde for. Det er en forudsætning for alle løsninger, ud over status quo, at der er økonomisk råderum til finansiering af enten ombygning eller nybyggeri. Herudover hvilke briller boligejer har på, når denne foretager sit valg. Ønskes der udelukkende at nedbringe energiforbruget, eller investeres der mere målrettet i et forbedret indeklima samt, hvilket forhold har boligejer til sin bolig og den grund huset er bygget på.

Ønsker boligejer eksempelvis at blive boende i ejendommen i mange år, spiller salgsprisen en mindre rolle så længe, der er økonomisk formåen til at understøtte den valgte løsning. I dette tilfælde vil den daglige glæde ved at bo i et funktionelt hus med et klart forbedret indeklime være af større betydning.

Det kan samtidig diskuteres, hvorvidt renoveringsklasserne reelt har nogen betydning for prisen. Jf. Nybolig Sæby, er de ikke bekendt med disse renoveringsklasser, hvorfor det ikke har haft indflydelse på deres vurdering af ejendommen. Vurderingen er foretaget efter gennemgang og med stor vægt på energimærket. Det må følgelig konstateres, at renoveringsklasserne i BR18, er uden betydning for case ejendommen.

Den mest realistiske løsning for boligejer, vurderes at være en moderat renovering af ejendommen, hvor der fokuseres på udbedring af de indeklimarelaterede problemstillinger, med hensyn til udskiftning af vinduer og etablering af mekanisk ventilation samt muligheden for at skabe et forbedret lysindfald.

En af de større problemstillinger omkring case ejendommen er, at den opvarmes af el. Såfremt dette skal ændres, og samtidig være en god løsning, kræver det et meget stort indgreb i boligen, med tilsvarende store udgifter. En accept af, at boligen fortsat opvarmes af el, men med et markant forbedret indeklime, er med stor sandsynlighed den bedste og mest rentable løsning for boligejer. Dette taget boligens tilstand samt kvartermæssige placering tages i betragtning.

## 10 Konklusion

Med udgangspunktet i en energirenovering af et enfamiliehus opført i perioden 1986 til 1987 med beliggenhed i Sæby i Nordjylland er der gennem dette projekt undersøgt, hvilke muligheder der er for at overholde kravene til de frivillige renoveringsklasser, der fremgår af Bygningsreglement 2018. Yderligere undersøges muligheden for overholdelse af energirammen som for nybyggeri.

Ved undersøgelsen af case ejendommen kunne det konstateres, at de eksisterende konstruktioner isoleringsmæssigt svarer til opførelsestidspunktet, da der ikke er foretaget nogen energimæssige forbedringer i ejendommens levetid. Ligeledes er der heller ikke foretaget ændringer af interiør eller indretning siden opførelsen. Gennem interview med boligejer sammenholdt med målinger i boligen er det tydeliggjort, at indeklimaet ikke lever op til boligejers tilfredshed. Ejendommen er opført i gængse materialer og med et klassisk facadeudtryk fra 80'erne og er ikke bevaringsværdig, hvilket gør renoveringen mindre kompliceret.

Formålet med projektet var at undersøge muligheden for at overholde de frivillige renoveringsklasser. Ved renoveringsforslag 1 kan det konkluderes muligt, da kravene til både renoveringsklasser 1 og 2 kan overholdes. Dette lader sig ovenikøbet gøre uden at foretage større indgreb i ejendommen. Det viser sig yderligere muligt i renoveringsforslag 2 at overholder energirammen for nybyggeri jf. BR18.

Renoveringsklasserne har som udgangspunkt ikke indflydelse på ejendomsmæglerens vurdering af ejendommen. Ejendomsmægler er ikke bekendt med renoveringsklasserne, hvorfor det kan konkluderes, at disse er uden betydning for case ejendommen og dermed vurderingsprisen. Derimod er energimærket af stor betydning for salgsprisen.

Ud fra de i renoveringsforslag 1 foretagende beregninger kan det konkluderes, at de økonomiske omkostninger der er forbundet med renoveringen, jf. ejendomsmæglerne, ikke står mål med den værdiforøgelse det giver i salgsøjemed. Det samme gør sig gældende ved renoveringsforslag 2. Dette skyldes som udgangspunkt den geografiske placering.

Energirenoveringen vil til gengæld forbedre indeklimaet og øge komforten i ejendommen. Da ejendommens ejer ikke umiddelbart ønsker at sælge, må det konkluderes, at det mest realistiske senarie bliver en mellemtag mellem de to renoveringsforslag, hvor det største fokus bør ligge på indeklimaet og lysforholdene i køkkenalrummet.

Den samlede konklusion er dermed, at der ikke er nogen entydig løsning for energirenovering af 80'er ejendomme, da det i stor grad afhænger af ejendommens geografiske placering, bygningsfysiske og energimæssige tilstand samt boligejers økonomiske råderum og velvilje til at investere i ejendommen.



## 12 Bibliografi

- (2016). Hentet fra Energistyrelsen: [http://svk.teknologisk.dk/Pages\\_open/Default.aspx](http://svk.teknologisk.dk/Pages_open/Default.aspx)
- (2019). Hentet fra AB Gruppen A/S: <https://www.energi hjem.dk/energiselskaber-med-tilskud>
- Aggerholm, S. (2018). *SBI-anvisning 213*. København: SBI.
- Baltzer, U. (19. 2 2019). Hentet fra <https://www.bolius.dk/7-varmekilder-her-er-deres-fordele-og-ulemper-531/>
- Bolius. (u.d.). Hentet fra <https://www.bolius.dk/varmepumper/>
- Bolius. (2. 12 2004). Hentet fra <https://www.bolius.dk/parcelhusets-historie-1980erne-og-1990erne-17123/>
- Brandt, E. (2013). *SBI- anvisning 224*. København: SBI.
- BYG-ERFA. (12. 12 2018). Hentet fra <https://byg-erfa.dk/dampspaerrer-nybyggeri-og-renovering>
- Byggestyrelsen. (1985). *BR-S 85*. København: Byggestyrelsen.
- Carlo Volf et al. (u.d.). *Dagslyskvalitet som sundhedsmæssig driver for energirenovering: 2-lags vinduer vs. 3-lags vinduer*. Elforsk.
- Energistyrelsen. (12 2015). *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2015*. Hentet fra [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/2015/danmarks\\_energi-\\_og\\_klimafremskrivning\\_2015.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/energistyrelsen/Nyheder/2015/danmarks_energi-_og_klimafremskrivning_2015.pdf)
- ENERGITILSKUD. (u.d.). Hentet fra ENERGITILSKUD: <http://energitilskud.info/el-varme-energitilskud/>
- Energitjenesten. (u.d.). Hentet fra <https://www.energitjenesten.dk/u-var-di-linjetab-og-andre-tekniske-begreber.html>
- Erhvervsstyrelsen. (10 2015). Hentet fra <http://huseftersyninfo.dk/file/569842/13typehus1985-1997.pdf>
- Ernst Jan de Place Hansen et al. (2018). *SBI-Anvisning 272*. København SV: SBI.
- Fjernvarmeinfo. (u.d.). Hentet fra <http://www.fjernvarme.info/>
- GREENMATCH. (2015). Hentet fra <https://www.greenmatch.dk/blog/2015/03/cop-vaer-di-boer-ikke-alene-afgoere-valget-af-varmepumpe>
- Hansen, L. F. (6. 7 2017). Hentet fra <https://www.bolius.dk/tjekliste-kan-du-faa-varmepumpe-i-dit-hus-20208/>
- Håndbog for energikonsulenter* . (2016). Energistyrelsen.
- Jensen, K. M. (13. 11 2012). Hentet fra <https://www.bolius.dk/elvarme-nej-tak-5970/>

- Jensen, K. M. (3. 1 2018). *Bolius*. Hentet fra <https://www.bolius.dk/hvad-kan-bedst-betale-sig-at-koebe-gammelt-hus-eller-bygge-nyt-3590/>
- Kjerumgaard, C. (21. 8 2018). Hentet fra <https://www.bolius.dk/saadan-skifter-du-til-energirigtige-vinduer-16433/>
- Lindegaard, D. (1. 3 2017). Hentet fra <https://www.bolius.dk/solceller-17935/>
- Lindegaard, L. (27. 6 2018). *Bolius*. Hentet fra <https://www.bolius.dk/terraendaek-18853/>
- Ludvigsen, F. H. (2001). *Ventilation Ståbi*. Valby: Nyt Teknisk Forlag.
- Møller, E. B. (2012). *Efterisolering af småhuse -byggetekniske løsninger*. København: SBI.
- Møller, E. B. (2012). *Efterisolering af småhuse -energibesparelser og planlægning*. København: SBI.
- Møller, E. B. (2012). *SBI-anvisning 239*. København SV: SBI.
- Nenadovic, R. (16. 07 2018). *Bolighus*. Hentet fra <https://www.bolius.dk/energimaerkning-af-boliger-17155/>
- Pasternak, J. (3. 2 2016). Hentet fra <https://www.bolius.dk/vinduets-historie-1900-2016-16795/>
- Pasternak, J. (04. 12 2017). Hentet fra Bolighus: <https://www.bolius.dk/valg-af-nye-termoruder-16770/>
- Patursson, T. (12. 10 2018). Hentet fra Bolius: <https://www.bolius.dk/fordele-og-ulemper-ved-gulvvarme-i-nye-gulve-17244/>
- Rasmussen, T. V. (2016). *Radonsikring af eksisterende bygninger*. København: SBI.
- Schmeichel, K. (24. 08 2018). *Bolighus*. Hentet fra <https://www.bolius.dk/hvor-hoej-maa-luftfugtigheden-vaere-indendoers-24946/>
- Sode, T. R. (24. 10 2018). Hentet fra <https://www.bolius.dk/luft-til-vand-varmepumpe-14931/>
- SparEnergi. (u.d.). Hentet fra <https://sparenergi.dk/forbruger/el/solceller>
- SparEnergi.dk. (u.d.). Hentet fra SparEnergi.dk: [https://sparenergi.dk/forbruger/boligen/tilskud-og-fradrag?gclid=EAlaIqObChMI1ve72JTs4QIVz5IYCh0-AQGFEAAAYASAAEgLji\\_D\\_BwE](https://sparenergi.dk/forbruger/boligen/tilskud-og-fradrag?gclid=EAlaIqObChMI1ve72JTs4QIVz5IYCh0-AQGFEAAAYASAAEgLji_D_BwE)
- SparEnergi.dk. (2018). Hentet fra <https://sparenergi.dk/forbruger/vaerktoejer/bygningsguiden/typehus-1985-1997#widget-6>
- Tjenesten, E. (u.d.). Hentet fra <https://www.energitjenesten.dk/tag1.html>
- Trafik, B.-o. (2018). *BR18*. Hentet fra [http://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/BRV/Energiforbrug/Kap-1\\_1](http://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/BRV/Energiforbrug/Kap-1_1)
- Videncenter for energibesparelse i bygninger*. (u.d.). Hentet fra <https://www.byggeriogenergi.dk/>
- Wikipedia*. (Februar 2019). Hentet fra Wikipedia: <https://da.wikipedia.org/wiki/S%C3%A6by>

## 13 Bilag.

### 13.1 Bilagsliste

- Bilag 1. Specifikation Testo 400
- Bilag 2. Ejendomsmæglers vurdering
- Bilag 3. Tilbud på varmepumpe
- Bilag 4. Tilbud på varmfordelingsanlæg
- Bilag 5. Tilbud fra Sæby fjernvarme
- Bilag 6. Tilbud på mekanisk ventilation
- Bilag 7. Tilbud på B-vinduer til eksisterende hulmål
- Bilag 8. Tilbud JE tømrer, tag, isolering, og vinduer
- Bilag 9. Tilbud på solceller
- Bilag 10. Tilbud på vvs-installation til renoveringsforslag 2
- Bilag 11. Tilbud komplet elinstallation
- Bilag 12. Tilbud JE murer og entreprenør, terrændæk
- Bilag 13. Tilbud Michaels murersjak, vindueshuller
- Bilag 14. Pris på nyt typehus
- Bilag 15. Opgørelse over arealer brugt i Be18

## Bilag 1. Specifikation Testo 400

| testo 400 Specifications             |                                                                                           |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperature                          |                                                                                           |
| <b>Pt100</b> - Measuring Range       | -328 to +1472 °F (-200 to +800 °C)                                                        |
| <b>System Accuracy</b>               | Ip to $\pm 0.1^{\circ}\text{F}$ / $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ (Class A, B)                  |
| <b>Resolution</b>                    | 0.01°F (0.01°C)                                                                           |
| <b>NiCr-Ni</b> - Measuring Range     | -328 to +2498°F (-200 to +1,370°C)                                                        |
| <b>PtRh-Pt</b> - Measuring Range     | 32 to +3200°F (0 to +1,760°C)                                                             |
| <b>FeCu-Ni</b> - Measuring Range     | -328 to +1832°F (-200 to +1,000°C)                                                        |
| <b>NTC</b> - Measuring Range         | -58 to +302°F (-50 to +150°C)                                                             |
| <b>System Accuracy</b>               | up to 0.4°F (0.4°C)                                                                       |
| Humidity                             |                                                                                           |
| <b>Temperature</b>                   | -22°F to +356°F (-30°C to +180°C)                                                         |
| <b>Measuring Range</b>               | 0 to 100% RH                                                                              |
| <b>System Accuracy</b>               | up to $\pm 1.0$ % RH                                                                      |
| Pressure                             |                                                                                           |
| <b>Measuring Range</b>               | $\pm 0.1$ bar $\pm 0.01$ bar<br>2 bar 10 bar 30 bar                                       |
| Velocity                             |                                                                                           |
| <b>Vane Measuring Range</b>          | 0 to 12,000 fpm (0 to 60 m/s)                                                             |
| <b>Thermal Measuring Range</b>       | 0 to 4,000 fpm (0 to 20 m/s)                                                              |
| <b>Pitot tube measuring range</b>    | 0 to 10 mbar / 100 mbar<br>0 to 8,000 / 20,000 fpm (0 to 40 m/s / 100 m/s)                |
| Volume flow in l/s, m3/min, m3/h     |                                                                                           |
| <b>Measuring Range</b>               | 360,000 cfm (max. calculated at 1 m2, 20,000 fpm values)                                  |
| CO                                   |                                                                                           |
| <b>Measuring Range</b>               | 0 to 500 ppm                                                                              |
| <b>Accuracy</b>                      | $\pm 5$ ppm                                                                               |
| CO2                                  |                                                                                           |
| <b>Measuring Range</b>               | 0 to 10,000 ppm<br>0 to 1 vol. %                                                          |
| <b>Accuracy</b>                      | $\pm 5\%$ of m.v. or 100 ppm                                                              |
| rpm                                  |                                                                                           |
| <b>Measuring Range</b>               | 0.333 to 333 Hz<br>20 to 20,000 rpm                                                       |
| <b>Accuracy</b>                      | $\pm 1$ digit                                                                             |
| Current/voltage                      |                                                                                           |
| <b>Measuring Range</b>               | 0 to 20 mA / 4 to 20 mA<br>0 to $\pm 10$ V / 0 to $\pm 1$ V                               |
| General technical data               |                                                                                           |
| <b>Memory - Basic version</b>        | 15 kB, corresponds to approximately 7,500 meas. values                                    |
| <b>Memory - Optional</b>             | 1 MB, corresponds to approximately 500,000 meas. values                                   |
| <b>Power supply - alternatively</b>  | 1.5V AA battery / rechargeable battery 8V                                                 |
| <b>Rechargeable battery lifetime</b> | 18 hours (continuous operation with 2 thermocouple probes)                                |
| <b>Operation temperature</b>         | 32 to 122°F (0 to +50 °C)<br>Short-term 32 to 140°F (0 to +60°C)                          |
| <b>Storage/transport temperature</b> | -13 to +140°F (-25 to +60°C)                                                              |
| <b>Weight</b>                        | 1 lb 7 oz / 650 g (incl. rechargeable battery)                                            |
| <b>Other factors</b>                 | - Automatic recognition of all connected probes<br>- RS 232 interface for data management |
| <b>Warranty</b>                      | Instrument: 3 years / Probes: 1 year                                                      |

## Bilag 2. Ejendomsmæglers vurdering

Rene Martensen  
Sætttravej 2  
9300 Sæby

**Nybolig**  
Sæby

Henrik Nielsens Plads 3-5  
9300 Sæby

Tlf. 9840 1200  
9300@nybolig.dk  
nybolig.dk

Ansvarlige indehaver:  
Mette Dal  
Jens Houbak-Jensen  
CVR nr. 37603880

Dato: 28.04.2019

**Ejendommen: Sætttravej 2 – 9300 Sæby**

Prisfastsættelsen og vurdering af ejendommen Sætttravej 2 9300 Sæby er lavet på baggrund af, at ejendommen skal kunne sælges indenfor 6 måneder. Ejendommen ligger i blandet kvarter i Sæby bestående af boliger samt bolig med erhverv. Ejendommen er bestående af beboelse på 140 m<sup>2</sup>, opført i 1987, er el-opvarmet og med træpilleovn i stuen. Der er carport på 38 m<sup>2</sup>, der er opført i 2016. Beboelsen fremstår indvendigt som byggeåret og er bl.a. inddelt med baggang, køkken/alrum, fire værelser, badeværelse og stue.

Under henvisning til nugældende markedssituation vil vi ansætte værdien til: **Kr. 1.250.000,-**

Der er blevet udarbejdet to renoveringsforslag, hvor vi skal skønne værdien efter renovering.

Renoveringsløsning 1:  
Ud fra ovennævnte renoveringsløsning vil værdien på ejendommen øges, men det vil ikke give en krone til krone værditilvækst, da området ikke kan bære det. En max pris vil ligge i niveauet kr. 1.500.000 henset til at det indvendige IKKE er moderniseret, men fremstår som byggeåret. Energimærket er væsentlig bedre og har A2010, men stadigvæk er det ikke nok til at forøge prisfastsættelsen væsentlig henset til at kvarteret ikke kan bære højere værditilvækst selvom energirammen har ændret sig markant.

Renoveringsløsning 2:  
Ud fra ovennævnte renoveringsløsning vil ejendommen fremstå ejendommen flot og up to date, idet det indvendige er moderniseret med køkken, bad og ovenlysvinduer i køkkenet. Det udvendige look med listepapir, vinduer mm. giver ejendommen et fornyet look, dog er ydervæggene de samme som byggeåret. Ejendommen ligger stadig i samme kvarter og selvom varmekilde mm. ændres og energimærket forbedres til A2015, vil ejendommen ikke kunne bære en så voldsom investering, idet det bedre vil kunne svare sig at bygge nyt. Ud fra indholdet i renoveringsløsning 2, vil ejendommen prisfastsættes til kr. 2.000.000 ud fra hvad kvarteret og postnummer 9300 kan bære.

Ud fra renoveringsløsning 1 og 2 er vores vurdering, at specielt renoveringsløsning 2 en voldsom renoveringsløsning, da man vil komme i konkurrence med nybyggeri.

Forretningen er tilknyttet Nybolig, som er en del af Nykredit Mægler A/S

Renoveringsløsning 1 er mere moderat og her kan investeringen lidt bedre tjenes hjem igen. Dog vil begge renoveringsløsninger ikke kunne bære en krone til krone værditilvækst ud fra kvarter, område og konkurrencen i forhold til nybyggeri.

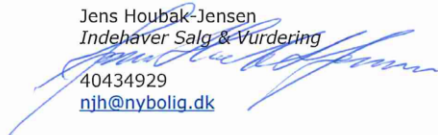
Er der spørgsmål til vores vurdering, hører vi gerne fra dig.

Venlig hilsen  
**Nybolig Sæby**

  
Mette Dal  
Indehaver & Ejendomsmægler, MDE

Mobil: 29441250  
[nme@nybolig.dk](mailto:nme@nybolig.dk)

Jens Houbak-Jensen  
Indehaver Salg & Vurdering

  
40434929  
[njh@nybolig.dk](mailto:njh@nybolig.dk)

Bilag 3. Tilbud på varmepumpe



Levering og montering af Vølund F-1245-8E Jordvarmepumpe.

Nedgravning af 400m slange for brinekreds.

Opstart og indregulering.

Tilbudspris excl.moms kr: 105.800,00

Med Venlig Hilsen

Smedefirmaet Lars Mortensen Aps

Lars Mortensen

Gørtelvej 12  
9320 Hjøllerup

Tlf. 98 84 43 43  
smedefirmaet.com

CVR-nr. 37 60 96 25  
info@smedefirmaet.com

Dronninglund Sparekasse  
Kontonr. 9044 0000 25 09 45



Bilag 4. Tilbud på varmfordelingsanlæg



Rene Martensen

Hjallerup d.4-5-2019

Sættavej 2

9300 Sæby

Tilbud vedr. etablering af varmeanlæg i bolig.

Tilbud indeholder:

Montering af 10stk radiatorer

10stk Danfoss RA2990 rumtermostater.

10stk Danfoss RAN ventil med forindstilling.

Tilslutning til fjernvarmestik i teknikskab.

Montering af Danfoss ECL 110 for varmestyring

Rørføring udføres i Gaboterm paneler, enkelte steder i fast rør.

Anlæg indreguleres inden ibrugtagning.

Tilbudspris excl.moms kr: 65.000,00

Med Venlig Hilsen

Smedefirmaet Lars Mortensen Aps

Lars Mortensen

## Bilag 5. Tilbud fra Sæby fjernvarme



René Rohde Martensen  
 Sættravej 2  
 9300 Sæby

Sæby 08.03. 2019

**Tilbud på fjernvarmetilslutning af ejendommen Sættravej 2 (Løsning 1)**

Nedenstående tilbud på tilslutning til fjernvarme er i henhold til gældende takstblad og er under forudsætning af at stikledningen på egen grund ikke overstiger 49 meter.

|                                     |                    |           |                  |
|-------------------------------------|--------------------|-----------|------------------|
| Tilslutning i henhold til takstblad |                    | kr        | 12.000           |
| Stikledning ud over 15 meter        | 34 meter a' kr 700 | kr        | 23.800           |
|                                     | Moms               | kr        | 8.950,00         |
|                                     | <b>I alt</b>       | <b>kr</b> | <b>44.750,00</b> |

Skønnede årlige udgifter under forudsætning af et årligt forbrug på 16 MWh

|                          |                      |           |                  |
|--------------------------|----------------------|-----------|------------------|
| Abonnement               |                      | kr        | 1.000            |
| Fast afgift (effektafg.) | 140 m <sup>2</sup> a | 12,00 kr  | kr 1.680         |
| Forbrug                  | 16 MWh a'            | 370 kr    | kr 5.920         |
|                          |                      |           | kr 8.600,00      |
|                          | Moms                 | kr        | 2.150,00         |
|                          | <b>I alt</b>         | <b>kr</b> | <b>10.750,00</b> |

Vedtægter, bestemmelser, takster, regnskaber, gode råd m.v. kan ses på vores hjemmeside.

Der kan i forbindelse med tilslutning, opnås et særskilt tilskud på 4332 kr. inkl. moms. (Konvertering fra EL til fjernvarme) Hvis energibesparelsen ved tilslutning til fjernvarme sælges til Sæby Varmeværk

*Udgifter til arbejdsløn i forbindelse med etablering af stikledningen kan fratrækkes under "servicefradrag", men beløbsstørrelsen kan først oplyses efter arbejdets udførelse.*

Vi håber I kan gøre brug af vores tilbud.

Med venlig hilsen

SÆBY VARMEVÆRK

Sæby Varmeværk A.m.b.A  
 Postboks 25, Energivej 1  
 9300 Sæby

Tel. 9846 1313  
 Fax 9846 2033  
 saebyvarmevaerk@sabyvarmevaerk.dk

CVR DK 64 42 94 18  
 Konto nr. 9012 120 00 00796  
 www.sabyvarmevaerk.dk

## Bilag 6. Tilbud på mekanisk ventilation



Trandsvej 14  
9300 Sæby  
Tlf: 9846 3991  
Fax: 9840 1280  
E-mail: nlt@nlt-sæby.dk  
CVR: 8245 9111  
www.nordiskvillaventilation.dk  
www.nordjyskluftteknik.dk

Rene Rohde Martensen

11. april 2019

**Vedr.: Villaventilationsanlæg – Sæby.**

**Tilbud: 2019-0376.**

Vi har med tak modtaget Deres henvendelse og tilbyder hermed at levere ventilationsanlæg. Der udføres 5 stk. indblæsninger og 4 stk. udsugninger.

Tilbudssummen andrager:

|                        |     |                  |
|------------------------|-----|------------------|
| Anlæg, rør og fittings | Kr. | 38.000,00        |
| Montage                | Kr. | 17.000,00        |
| I alt excl. Moms       | Kr. | <b>55.000,00</b> |

### Vores leverance omfatter:

- Ventilationsanlæg Dantherm HCH 5.
- Rør, fittings, ventiler og ydervægsriste eller taghætter.
- Lyddæmpere.
- Kondensisolering af indtag og afkast.
- Levering og evt. montering.

### Udenfor vores leverance:

- Isolering. Lægges under loftsisoleringen.
- Evt. efterreparationer.

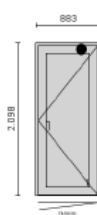
Tilbuddet er afgivet i.h.t. AB 92.

Vi håber at De kan gøre brug af vort tilbud, og står fortsat gerne til tjeneste med yderligere oplysninger.

## Bilag 7. Tilbud på B-vinduer til eksisterende hulmål

**rational**  
 drevet af datajen

23.04.2019

|                                                                                   |                                             |                                   |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Tilbudsnr.:<br>20095608                                                           |                                             | Projekt navn:<br>Vinduer til Rene | Side<br>4 / 7                |
|                                                                                   |                                             | Fri bredde, element               | 765 mm                       |
| Pos 80                                                                            | Rational AURAPLUS (træ/alu)                 | 2 ST 3637,2 NT + Moms             | I alt: 7274,4 NT + Moms      |
|  |                                             | Variant                           | BASIC                        |
|                                                                                   |                                             | Elementmål (BxH)                  | 883 mm X 2098 mm             |
|                                                                                   |                                             | Bundkarm                          | Lavt dørbundstykke           |
|                                                                                   |                                             | Ramme 1                           |                              |
|                                                                                   |                                             | Åbnfunktion                       | Terrassedør udad (dørprofil) |
|                                                                                   |                                             | Åbningsretning                    | Højre                        |
|                                                                                   |                                             | Tilbehør                          |                              |
|                                                                                   |                                             |                                   | Grebsbetjent bremse          |
|                                                                                   |                                             | Elementvægt                       | 66 kg                        |
|                                                                                   |                                             | Fri bredde, element               | 711 mm                       |
| ALTERNATIV                                                                        |                                             |                                   |                              |
| Pos 90                                                                            | 620584-1 Enkelt cylinder + 8 mm cylinderfor | 2 ST 150 NT + Moms                | I alt: 300 NT + Moms         |
| ALTERNATIV                                                                        |                                             |                                   |                              |
| Pos 100                                                                           | 621003 Grebsæt inkl. roset til n/v          | 2 ST 300 NT + Moms                | I alt: 600 NT + Moms         |

Samlet produktpris ekskl. moms

43.865,8 NT +moms

Projektet omfatter 83 omløbende meter karm, heraf 16 meter bundkarm.

## Bilag 8. Tilbud JE tømmer, tag, isolering, og vinduer



JE Byg, Tømmer &amp; Snedker ApS

Anne Juelsvej 42. Flauenskjold  
9330 Dronninglund. Telefon 9886 1083

www.jebts.dk

Tilbud

Bygherre (Adresse):

René Martensen  
Sætravej 2  
9300 Sæby

Ang. Nyt Tag

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |            |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|----|
| Dato:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 26/04-2019 | Sider af:  | af |
| <b>Arbejdet omfatter:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            |            |    |
| I henhold til de fremlagte tegninger og beskrivelser, tilbyder undertegnede for anførte pris at udføre følgende:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |            |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Demontering samt bortskafning af eksisterende tag.</li> <li>- Montering af nyt tag ( listetækket pap )</li> <li>- Montering af 2 stk. velux ovenlys med el opluk.</li> <li>- Montering af lyskasse til ovenlys incl. isolering af denne.</li> <li>- Efterisolering med 200mm kl. 34 Isolering i batts.</li> <li>- Montering af vindplader på eksisterende spær.</li> <li>- Montering af sternbrædder incl. demontering og bortskafning af de eksisterende.</li> <li>- Etablering af udluftnings rist i eksisterende underbeklædning i udhæng.</li> <li>- Montering af ny tagrende incl. nedløb til eksisterende tagnedløbsbrønde.</li> </ul> |            |            |    |
| - Tag.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |            |            |    |
| Stillads                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |            |    |
| Affald / Losseplads                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            | 15.000 kr. |    |
| Materialer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            | 5.000 kr.  |    |
| Arbejds løn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            | 95.000 kr. |    |
| - Ovenlys / Lysning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            | 60.175 kr. |    |
| Materialer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |            |    |
| Arbejds løn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            | 25.000 kr. |    |
| - Efterisolering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            | 24.900 kr. |    |
| Materialer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |            |    |
| Arbejds løn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            | 7.540 kr.  |    |
| - Vindplader / Stern / Ventilation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            | 12.450 kr. |    |
| Materialer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |            |    |
| Arbejds løn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            | 5.000 kr.  |    |
| - Tagrender                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            | 20.750 kr. |    |
| Materialer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |            |    |
| Arbejds løn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            | 15.000 kr. |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |            | 8.300 kr.  |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| For tilbuddet gælder AB 92 og følgende af de på bagsiden anførte forbehold                                                                                                                                                                                               |  |
| <input type="checkbox"/> 1. <input type="checkbox"/> 2. <input type="checkbox"/> 3. <input type="checkbox"/> 4. <input type="checkbox"/> 5. <input type="checkbox"/> 6. <input type="checkbox"/> 7. <input type="checkbox"/> 8. <input checked="" type="checkbox"/> Alle |  |
| Ovenstående tilbud accepteres herved                                                                                                                                                                                                                                     |  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| Dato:           |  |
| Bygherre/kunde: |  |
| Underskrift     |  |

|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| Tilbudspris ekskl. moms | 294.115,00 Kr. |
| Moms                    | 73.528,75 Kr.  |
| Tilbudspris inkl. moms  | 367.643,75 Kr. |

|              |  |
|--------------|--|
| Dato:        |  |
| Entreprenør: |  |
| Underskrift  |  |



**JE Byg, Tømrer & Snedker ApS**  
Anne Juelsvej 42. Flauenskjold  
9330 Dronninglund. Telefon 9886 1083

**www.jebts.dk**

**Tilbud**

Bygherre (Adresse):

**René Martensen**  
**Sættrevej 2**  
**9300 Sæby**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |            |                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| Dato:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 14/04-2019 | Sider af:                                                       | af |
| <b>Arbejdet omfatter:</b><br>I henhold til de fremlagte tegninger og beskrivelser, tilbyder undertegnede for anførte pris at udføre følgende:                                                                                                                                                                                                                                                       |            |                                                                 |    |
| Vedr. Udskiftning af vinduer og døre.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |                                                                 |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Levering og montering af elementer efter fremsendte tegninger.</li> <li>- Demontering samt bortskafning af eksisterende elementer.</li> <li>- Montering af bagstop og gummifuge indvendig.</li> <li>- Montering af isolering samt fugebånd udvendig.</li> <li>- Der er i tilbuddet ikke medregnet udskiftning af vindues bundstykker indvendig.</li> </ul> |            |                                                                 |    |
| Velfac: i alt. 15 elementer<br>Materialer: Bagstop, fuge, fugebånd mm.<br>Smartlift Løje<br>Affald / Losseplads:<br>Arbejdsløn:                                                                                                                                                                                                                                                                     |            | 70.125 kr.<br>6.500 kr.<br>4.500 kr.<br>3.500 kr.<br>15.355 kr. |    |
| Alternativ pris, ikke medregnet i sammentællingen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |                                                                 |    |
| Hvidbjerg Vinduet: i alt. 15 elementer:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |            | 94.875 kr.                                                      |    |
| <b>For tilbuddet gælder AB 92 og følgende af de på bagsiden anførte forbehold</b><br><input type="checkbox"/> 1. <input type="checkbox"/> 2. <input type="checkbox"/> 3. <input type="checkbox"/> 4. <input type="checkbox"/> 5. <input type="checkbox"/> 6. <input type="checkbox"/> 7. <input type="checkbox"/> 8. <input checked="" type="checkbox"/> Alle                                       |            | <b>Tilbudspris ekskl. moms</b> 99.980,00 Kr.                    |    |
| <b>Ovenstående tilbud accepteres herved</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            | <b>Moms</b> 24.995,00 Kr.                                       |    |
| Dato:<br>Bygherre/kunde:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            | <b>Tilbudspris inkl. moms</b> 124.975,00 Kr.                    |    |
| Dato:<br>Entreprenør:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            | Dato:<br>Entreprenør:                                           |    |
| Underskrift                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            | Underskrift                                                     |    |

## Bilag 9. Tilbud på solceller



Visu-EL ApS  
V/ Jens Kruse  
Midgårdsvvej 21 8800 Viborg  
Tlf. 8622 4159  
Tlf. 2422 4159  
[visu-el@visu-el.dk](mailto:visu-el@visu-el.dk)  
CVR: 30695941

Den 5 maj 2019

### Vedr. solceller på Sættavej 2 9300 Sæby.

Vi takker for Jeres forespørgsel og fremsender hermed tilbud på ovenstående projekt.

Vedr. levering og montering af solcelleanlæg på 3,5 kW på 14 m<sup>2</sup> solceller.

Eldelen indeholder:

- Tilmelding af installation til det lokale el værk. Stamdata seddel skal leveres til Visu-el inden denne tilmelding. Der skal desuden oplyses, hvilket elselskab den tilmeldes.
- Levering og montering af kombiafbryder for beskyttelse af inverter (13-16A).
- Installation fra Eltavle (Det forudsætter at denne er lovlig) til inverter. Max 10 meter. Der skal desuden være en lovlig og aktiv jordelektrode (jordforbindelse).
- Montage af rep.adskiller ved inverter.
- Trækning af kabler fra loft til inverter.
- Ophængning af inverter.
- Fastgørelse af kabler på loft samt i kanal ved inverter.
- Oprydning efter montage

**Arbejdet kan udføres for en samlet pris på:**

**Pris inklusiv moms**

**Kr.**

**78.000,00**



Bilag 10. Tilbud på vvs-installation til renoveringsforslag 2



Rene Martensen

Hjallerup d.28-04-2019

Sætravej 2

9300 Sæby

Tilbud vedr. renovering af bolig.

Tilbud indeholder:

Nyt vandstik.

Etablering af vandforsyning fra teknik til tapsteder.

Etablering af gulvvarme i alle rum, 11kredse, Pettinaroli styring

Etablering af alle afløb over gulv.

Montering af sanitet.

Tilkobling af alle forsyninger i teknik ved varmepumpe.

Montering af 1stk udv.vandhane.

Sanitet:

2stk Geberit indb.cisterne.

2stk Gustavberg toiletskål med softclose sæder.

2stk Grohe Bauloop kv.armatur.

2stk Grohe Bauloop hv.armatur.

2stk Grohe GRT800 termostاتبatteri.

2stk Grohe brusestænger.

Tilbudspris excl.moms kr: 96.350,00

## Bilag 11. Tilbud komplet elinstallation



Visu-EL ApS  
V/ Jens Kruse  
Midgårdsvej 21 8800 Viborg  
Tlf. 8622 4159  
Tlf. 2422 4159  
[visu-el@visu-el.dk](mailto:visu-el@visu-el.dk)  
CVR: 30695941

Att. Jens Bjerre

Den 14 maj 2019

Vedr. tilbud på ny elinstallation i nyt hus på Adressen Sættavej 2 9300 sæby

Vi takker for Jeres forespørgsel og fremsender hermed tilbud på ovenstående projekt.

### **Grundinstallation**

Standard elinstallation bestykses og udføres iht. udleverede tegninger og beskrivelse sendt af, samt stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6.

Tilbuddet indeholder eltavle, målerramme, kabling, dåser samt afbrydere, lampeudtag, stikkontakter med tilhørende rammer. Installationsmateriel er hvid Fuga med 63 mm Designramme soft. Al installation udføres med kabel skjult i vægge og lofter.

I garage etableres et kraftstik.

Ved hårde hvidevarer i køkken og bryggers, afsluttes elinstallationen i dåser med faste klemmer eller i stikkontakter. El-tilslutning af hårde hvidevare er ikke medregnet i tilbuddet.

Der leveres og monteres to lovpligtige røgalarmer.



Visu-EL ApS  
V/ Jens Kruse  
Midgårdsvej 21 8800 Viborg  
Tlf. 8622 4159  
Tlf. 2422 4159  
[visu-el@visu-el.dk](mailto:visu-el@visu-el.dk)  
CVR: 30695941

### **Betalingsbetingelser**

Der vil blive afregnet i 5 rater.

- 1 Rate: 15 % af entreprise summen. Ved opsætning af bygge strøm / tilmelding af installationen.
- 2 Rate: 35 % af entreprise summen. Når alle dåser er monteret i lofter og væge
- 3 Rate: 20 % af entreprise summen. Ved levering af stikkontakter og afbryder.
- 4 Rate: 20 % af entreprise summen. Når kontakter og stikkontakter er monteret. Samt tavle.
- 5 Rate: 10 % af entreprise summen. Ved aflevering.

### **Gyldighed**

Vort tilbud er gyldig indtil 01.12.2019

Arbejdet kan udføres for en samlet pris på:

|                                 |            |                  |
|---------------------------------|------------|------------------|
| Pris total eksklusiv moms       | Kr.        | 63.000,00        |
| moms                            | Kr.        | 15.750,00        |
| <b>Pris total inklusiv moms</b> | <b>Kr.</b> | <b>78.750,00</b> |

Vi håber, I finder det fremsendte tilbud fyldestgørende. Har I spørgsmål eller ønsker I yderligere forslag eller priser, er I velkomne til at kontakte os.

Med venlig hilsen  
Visu-EL ApS

Kenney Fuhlendorff  
Mail: [kf@visu-el.dk](mailto:kf@visu-el.dk)  
Dir.mobil: +45 51 82 41 59

## Bilag 12. Tilbud JE murer og entreprenør, terrændæk



Rene Rohde Martensen  
Sættavej 2  
9300 Sæby

Anne Juels Vej 40, Flauenskjold  
9330 Dronninglund  
www.jebyg.dk kf@jebyg.dk  
Tlf.: 98881548 Fax: 98281548  
Mobil: 40195548 40155548

**Overslag**

Ordrenr.: 10216  
Dato 29/04-2019  
Side 1  
Kunde: 21290162

Renovering af eks. hus (murerarbejde) :

| Beskrivelse                           | Antal | Enhed | å pris    | Beløb             |
|---------------------------------------|-------|-------|-----------|-------------------|
| Nyt Terrændæk (140m2):                |       |       |           |                   |
| Ophugning, udgravning, bortskaffelse  | 1,00  | stk   | 48.950,00 | 48.950,00         |
| Støbning af terrændæk inkl. isolering | 1,00  | stk   | 90.850,00 | 90.850,00         |
| <b>Subtotal</b>                       |       |       |           | <b>139.800,00</b> |

Levering og montering af 10cm multiblikke:  
Pris pr. m2. 400,- + moms.

Anslået pris på ændring af vidues og dørhuller i facaden  
kr. 45.000,- + moms.

|                              |                 |            |                   |
|------------------------------|-----------------|------------|-------------------|
| Betaling:                    | Nettobeløb      |            | <b>139.800,00</b> |
|                              | Moms 25,00 % af | 139.800,00 | <b>34.950,00</b>  |
| Bankkonto: 9044-000-09-15491 | Total           |            | <b>174.750,00</b> |

Prisen er excl. alt el, vvs/smede/blik, kloak, tømrer og belægningsarbejde.

AB 92 er gældende.

Vi håber, at De vil gøre brug af vort overslag og er gerne til tjeneste  
med yderligere oplysninger

Med venlig hilsen  
*Rasmus Frederiksen*  
JE Byg ApS

CVR.nr.30533704

kf@jebyg.dk

## Bilag 13. Tilbud Michaels Murersjak, vindueshuller

**MichaelsMurersjak v.  
Michael Kvesel Frederiksen**

rRene Rohde Martensen  
Sættravej 2  
9300 Sæby

Dato: **09/04/2019**Tilbudsnr. **67**

Tilbud vedrørende renovering af sættravej 2.  
Renovering omfatter om forandring af vinduer i henhold til tegninger.  
De gamle sten genbruges der mures nye falser, inde og ude.  
Hvor de skal laves nye vindueshuller monteres overligger indvendigt.  
Oprydning og bortkørsel af eget affald.  
Ekstra murerarbejde afregnes med 390kr pr time +moms.  
Tilbud udfærdiget i forhold til AB 92

**Tilbud**

| Beskrivelse   | Antal | Enhed | Stk. pris | Pris      |
|---------------|-------|-------|-----------|-----------|
| Fast pris     | 1,00  | Stk.  | 37.400,00 | 37.400,00 |
| Subtotal      |       |       |           | 37.400,00 |
| Moms (25,00%) |       |       |           | 9.350,00  |
| Total DKK     |       |       |           | 46.750,00 |

## Bilag 14. Pris på nyt typehus

# Kvalitet fra eurodan-huse til KAMPAGNEPRISER

Tilbuddet på vores 6 kampagnemodeller gælder til 31. maj 2019
PRISER JYLLAND/FYN

## I PRISEN MEDFØLGER

- Huset er isoleret iht. BR2018 **Lavenergiklasse**
- Huset overholder krav til tæthed iht. BR2018 **Lavenergiklasse**
- Øget loftshøjde - 243 cm
- **Siemens og Thermex** hårde hvidevarer (keramisk kogesektion, indbygningsovn, integreret køle-/fryseskab og emhætte)
- Indbrudssikrede **VELFAC** træ/alu super lavenergivinduer, 3-lags glas
- **Unidrain** linieaflob i brusenicher og væghængte toiletter fra **Ifö**
- Inventar fra **Svane Kokkenet**
- Gulvarme i hele huset. **Danfoss Living** Connect termostater, der installeres med en **Danfoss Link** farveskærm. Kan styres via app
- Blodstrøgne mursten fra **Strøjer Tegl**
- **Nilan** ventilationsanlæg m/varmegenvinding og fugtstyring
- Glasvæv på alle vægge
- **Kährs** trægulv i opholdsstue og soveværelse/walk-in
- Tæpper i værelser
- Klinker i køkken/alrum, entre, bryggers og begge bad
- **Gipslofter**
- Murede vandskurede vindueskarme
- Indvendige spots 10 stk
- Forberedt til telefon- og antenneetik
- Stikkontakt og lys på loftet
- Udvendig stikkontakt samt frostsikret vandhane
- **G4S Alarmsystem** med 1 års betalt **abonnement** (del af **eurodan TRYGHED**)
- **Byggestrøm** og **elforbrug** i hele byggeperioden
- Jordbunds- og forureningsundersøgelse
- Entrepriseforsikring og byggeskadeforsikring
- Afsætning af hus med landinspektør samt IBS attest
- Køreplader på grunden samt container til byggeaffald
- Stikledninger til el, vand, antenne og kloak (25m)
- Rottespærre
- Fjernvarmeanlæg
- Trykprøvning samt energimærkning
- Effektiv radonudluftning over tag
- Mulighed for **eurodan TOTAL**. Betal byggegrund og hus, når du flytter ind



## SÆRLIGT FOR VALMTAG

- Valmtag og stålmetallic tagrender
- Valgfri farve på IBF betontagsten



## SÆRLIGT FOR GESIMS

- Sadeltag med murede gavle
- Valgfri farve på IBF betontagsten
- Kvartrund Rheinzink tagrende

SÆRLIGT FOR ENSIDIG  
TAGHÆLDNING

- Ensidig taghældning uden udhæng
- Tagpap



## SÆRLIGT FOR FUNKIS

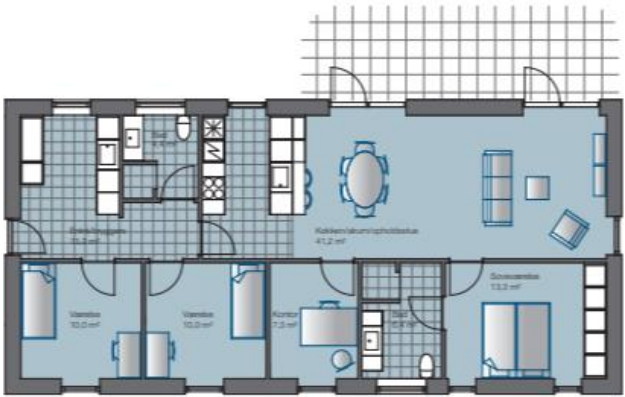
- Fladt tag (1,43°) med murkrone
- Tagpap



VIL DU VIDE MERE?  
 70 23 73 88  
[eurodan-huse.dk](http://eurodan-huse.dk)







Længehus 129 m²

|  |               |
|--|---------------|
|  | Kr. 1.510.000 |
|  | Kr. 1.575.000 |
|  | Kr. 1.695.000 |
|  | Kr. 1.780.000 |



Vinkelhus 149 m²

|  |               |
|--|---------------|
|  | Kr. 1.700.000 |
|  | Kr. 1.805.000 |
|  | Kr. 1.935.000 |
|  | Kr. 2.035.000 |



## Bilag 15. Opgørelse over arealer brugt i Be18

Eksisterende forhold:

| Bygningsdel                                                    | Areal/længde          |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Loft                                                           | 139,60 m <sup>2</sup> |
| Ydervægge                                                      | 129,75 m <sup>2</sup> |
| Terrændæk uden gulvvarme                                       | 92,24 m <sup>2</sup>  |
| Terrændæk med gulvvarme                                        | 30,10 m <sup>2</sup>  |
| Vinduer og døre                                                | 23,03 m <sup>2</sup>  |
| Samling mellem fundament og ydervæg uden gulvvarme             | 43,76 m               |
| Samling mellem fundament og ydervæg med gulvvarme              | 10,51 m               |
| Samling mellem fundament og vindue/dør til gulv uden gulvvarme | 3,52 m                |
| Samling mellem fundament og vindue/dør til gulv med gulvvarme  | 0,97 m                |
| Samlinger mellem ydervægge og vinduer/døre                     | 58,25 m               |

Renoveringsforslag 2 forhold:

| Bygningsdel                                                   | Areal/længde          |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Loft                                                          | 134,60 m <sup>2</sup> |
| Ydervægge                                                     | 119,60 m <sup>2</sup> |
| Terrændæk                                                     | 122,34 m <sup>2</sup> |
| Ventilationsrør                                               | 28,00 m <sup>2</sup>  |
| Lyskasse ved ovenlys                                          | 8,84 m <sup>2</sup>   |
| Vinduer og døre                                               | 33,18 m <sup>2</sup>  |
| Ovenlysvinduer                                                | 2,18 m <sup>2</sup>   |
| Samling mellem fundament og ydervæg med gulvvarme             | 34,12 m               |
| Samling mellem fundament og vindue/dør til gulv med gulvvarme | 24,64 m               |
| Samlinger mellem ydervægge og vinduer/døre                    | 73,68 m               |
| Samlinger mellem ovenlys og tag                               | 6,40 m                |