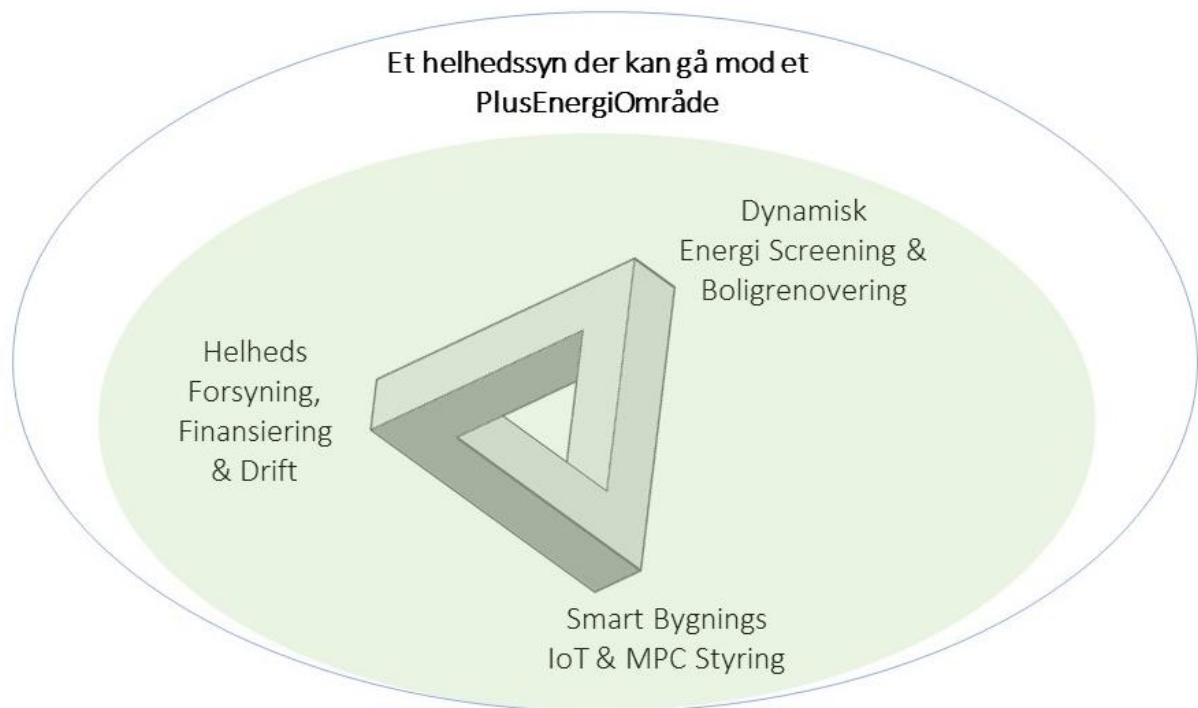


Elforsk – Fra PlusEnergihus til PlusEnergiOmråde (projektnr. 347-043)

- Udvikling af en bredere løsningsmodel henimod CO2 neutralitet og anvendelse i mangeartede byområder.



Deltagere

Carsten Pedersen
Rune Haferbier
Klaus Ellehauge
Jørgen Lange

Ekolab
Vestergade 48H 2TV
DK-8000 Århus C

The logo for ekolab, featuring the word "ekolab" in a lowercase, sans-serif font. The "e" and "o" are black, while the "l" and "a" are green.

Rasmus Aaen
Alfred Heller

Niras (Aaen Rådgivende Ingeniører)
Østre Havne Gade 12
DK-9000 Aalborg

The logo for NIRAS, featuring the word "NIRAS" in a bold, red, uppercase, sans-serif font. A red swoosh is positioned above the "A".

Jakob Worm

Aros Teknik (PlanEnergi)
Fabriksvej 8
DK-8881 Thorsø

The logo for AROS TEKNIK, featuring the word "AROS" in a small, black, uppercase font above the word "TEKNIK" in a larger, bold, black, uppercase font. The text is set against a green rectangular background.

Øvrige deltagere



INDHOLD

1	FORORD	5
2	IDÉGRUNDLAG, EN LØBENDE UDVIKLING	6
3	RESUMÉ	6
4	LÆSEVEJLEDNING	8
5	ENERGIRENOVERING SOM DEL AF FORSYNINGSPLANEN	9
5.1	<i>Metode for energirenovering</i>	9
5.2	<i>Energiscreening af Tebstrup by</i>	10
5.2.1	Strategi for energirenovering	11
5.2.2	Resultater	12
5.2.3	Økonomi	14
6	KOMBINATION AF LOKAL FJERNVARME OG OMRÅDER MED VARMEPUMPER	16
6.1	<i>Dimensioner og investeringer i ledningsnet i område B</i>	17
6.2	<i>Varmetab i ledningsnet</i>	18
6.3	<i>Sammenhæng mellem traditionel og lavtemperatur fjernvarme</i>	20
6.4	<i>Sammenhæng mellem bystørrelser og afstand</i>	21
6.5	<i>Sammenhæng mellem varmeforbrug, nye eller gamle huse i område B</i>	21
6.6	<i>Varmebehov og energiforhold i grundberegningen</i>	21
6.7	<i>Anlægsbudgetter</i>	23
6.8	<i>Driftsbudgetter</i>	24
6.9	<i>Følsomhed på elpris</i>	25
6.10	<i>Følsomhed på rørkvaliteter</i>	25
6.11	<i>Er lavtemperatur drift i fjernvarme en god ide ?</i>	25
6.12	<i>Kunne man dele nettet op i to temperatur-områder ?</i>	26
6.13	<i>Kan man bruge den samme type fjernvarmerør til de to temperaturområder ?</i>	26
6.14	<i>Er det bedre at bruge billigere rør i område B ?</i>	27
6.15	<i>Er det relevant ved nye huse i område B ?</i>	27
6.16	<i>Hvornår er dette en god ide ?</i>	27
7	OPTIONER INDENFOR IOT OG STYRINGS-TEKNOLOGIER	28
7.1	<i>Anvendelse og perspektiver samt anbefaling</i>	28
7.2	<i>Kommunikationsteknologier til bygninger:</i>	28

7.3	<i>Styringer – før, nu og fremad rettede</i>	29
7.4	<i>Data og big data</i>	30
7.5	<i>Analyser, algoritmer og "intelligens"</i>	31
7.6	<i>Brugerinddragelse og formidling</i>	32
7.7	<i>Styringsmål</i>	33
7.8	<i>Abstraktion og generalisering</i>	34
7.9	<i>UDVALGTE Danske producenter, produkter som er basis for den danske økonomi</i>	34
8	MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) FOR BYGNINGSSTYRING	34
8.1	<i>Konsekvenser af nyeste styringer</i>	36
8.2	<i>Flådestyring af zoner i flere bygninger</i>	37
8.3	<i>Centrale versus individuelle varmepumper</i>	37
8.4	<i>Opsamling</i>	40
8.5	<i>Anbefalinger</i>	40
9	KONKLUSION	42

1 FORORD

Danmarks energipolitiske ambitioner svinger noget frem og tilbage, afhængig af hvilket parti man spørger, og hvem der er ved magten. Dog kan det påstås, at der ikke er så stor uenighed omkring løsninger, som bl.a. kommer til udtryk i Energikommisionens rapport fra foråret 2017, at der i uddrag skal være vægt på energieffektivitet, digitalisering, integration af energisystemet samt internationalt arbejde og desuden videreudvikle Danmarks position internationalt. Når det kommer til praktiske løsninger og organisering, kan disse ambitioner godt have vanskelige betingelser, fordi de individuelle boligejere og de finansielle muligheder ofte ser meget kortsigtet på løsninger. Desuden har de kollektive aktiviteter og initiativer, det måske vanskeligere i disse årtier, dette der var grundlaget for mange tiltag mht. fjernvarmeetableringen og den fælles energiforsyning i almindelighed.

Der synes at være behov for et helhedssyn, hvor energieffektivitet kombineres med forsyningen og det optimeres med digitaliseringen. Derudover skal etableringen være langsigtet og se samt søge de bedste muligheder i de fælles systemer, der kan udligne forskelle og optimere det akkumulerede forbrug over døgnet set i lyset af forsyningen i digital perspektiv. Forudsætningerne i dette er grundlaget for denne rapport, at vurdere hvor elementerne i dette helhedssyn er i dag, og hvordan grundlaget er for at gå videre med en helhedsbetragtning for et lokalsamfund, men det er også tiltænkt for dele af et bysamfund.

Denne rapport har titlen – fra PlusEnergihus til PlusEnergiOmråde, hvor der netop i forbindelse med enkelt huse og bygninger ofte tænkes i integration, samspil, digitalisering og helhedssystemer, når en bygning skal køres effektivt. Det gælder integration mellem varmesystemer og ventilation samt i relation til anvendelse og indeklima, hvor samspil ofte er i højsæde. Der anvendes ofte relativ avancerede bygningsautomatik og en koordinering mellem de enkelte systemer, for ikke at systemer, energi og indeklima samt anvendelse går op i en balanceret højere enhed. Den form for optimering er langt mere udbredt inden for større bygninger end det er tilfældet inden for mindre bygninger og private huse. På det enkelte husniveau og for gennemsnitlig 130 m² er gevinsten da også begrænset, men for en klynge af huse eller et mindre bolig- og bysamfund er gevinsten tilsvarende, og da vi også er på vej til hustyper, som har og kræves automatik ventilation, som eksempelvis en større administrationsbygning.

Hvis der er klare tendenser til, at den kollektive tankegang samt andelsbevistheden, har langt vanskeligere vilkår i dag samt at helhedsløsninger også skal til, når der er tale om boligklynger samt landsby og mindre bysamfund, så skal der alternative drivmidler og organisering til. Denne rapport vil tage udgangspunkt i antagelsen om, at det kollektive og lokale initiativ skal hjælpes langt mere på vej af etablerede organisationer og selskaber inden for energi, forsyning, energioptimering, styring og automatik samt informatik og infrastruktur. Vejen frem er tildels lagt blandt de større bygninger, hvor professionel energiscreening samt balanceret drift og forsyning kombineret med bygningsautomatik og IoT netværk går hånd i hånd. Der kan ikke ske en direkte parallel mellem de systemer som anvendes i de større bygninger og over til private boliger og klynger af boliger, men denne rapport vil se praktisk på den transmission, der skal ske, for at vi også kan se helhedsorienteret på både energirenovering, forsyning og digitalisering – og dermed nå mere effektivt og kvalitetsmæssigt frem til ambitionerne, der skal ligge bag de energipolitiske tiltag, som skal få de bedste elementer frem fra de kollektive tanker.

2 IDÉGRUNDLAG, EN LØBENDE UDVIKLING

Rapporten har som udgangspunkt taget flere retninger og spor, for efterfølgende at blive samlet imod én retning – en fastholdelse og et arbejde hen imod en styrkelse af den kollektiv forsyning og organisering. Et PlusEnergihus kan være løst helt eller i stor grad fra en fælles forsyning både hvad angår varme og el eller i kombination. En løsrivelse af et enkelt hus fra forsyningen kan også betyde en løsrivelse af et helt område eller en landsby (PlusEnergiOmråde). Vil en løsrivelse gavne udviklingen? – dette rapport har gennemgået en udvikling, hvor det er blevet mere og mere fremherskende, at en kollektiv og integreret udvikling mellem energiforbruget og forsyningen, samt med samspil til digitaliseringen, giver de bedste muligheder henimod et område, der kan kaldes et PlusEnergiOmråde. Det kan beskrives som et helhedsperspektiv for en "Smart Landsby" (eksemplet fra vores testby – Tebstrup), som har en meget stor grad af selvforsyning og hvor forbruget er nøje samtænkt med forsyningen i et digitalt fremtidsperspektiv.

Når det så er sagt, så er der en række dilemmaer forbundet med samfundets rejse imod CO2 neutralitet, når vi ser på landsbyer, eller et boligområde generelt. Fremtidens boligmasse er godt nok i konstant, men langsom bevægelse, mod højere grader af energieffektivisering og der etableres i stigende grad i henhold til begreber såsom "passivhuse", "0-energi huse" og "plusenergihuse". Dilemmaerne retter sig imod:

- At forsyningen ikke samtænkes med forbruget eller de boligtyper samt anvendelsesmønstre, som gælder for en klynge af boliger eller et boligsamfund.
- Forsyningen tager typisk ikke ansvar for energieffektiviteten i boligen, hvad angår klimaskærmen og energisystemet, herunder primært varmesystemets effektivitet, samt den løbende optimering.
- Forsyningen tager ikke et differentieret udgangspunkt, som kan være rettet imod mange boligtyper og forsyningsalternativer – således at en mere optimal løsning opnås gennem en kombination og en hybrid af forsyninger.
- Dertil kommer at en manglende helhedsløsning vil give for mange kompromiser mht. forsyning og forbrug – når der ikke samtænkes en løsning der favner bredere mht. energioptimering af boligen samt en differentieret forsyning, der også tager hensyn til at systemet løbende skal optimeres, eventuelt ved hjælp af moderne styringsteknologi og IoT herunder en finansiel helhedsløsning.
- Der er også en række nye udfordringer, som der ikke findes færdige løsninger på. F.eks. vil energiproduktion og energibehov sjældent være i balance i et PlusEnergihus, og et PlusEnergihus ligge ofte i en klynge eller i et bysamfund, hvor der er en stor blanding af andre hustyper, med større eller mindre efterslæb på energireoveringssiden.
- Desuden vil brugeradfærd i et lavenergihus ikke stemme overens med designparametre for bebyggelsen.

I Danmark har vi i tilgift til en meget energieffektiv boligmasse også tradition for, at anvende de mange fordele der ligger i kollektiv varmforsyning. Det er derfor naturligt at se på, om disse traditioner kunne kombineres i et "PlusEnergi Lokalområde", hvor energibesparelsen, anlægsprojektering og digitalisering går hånd i hånd.

Der tages primært udgangspunkt i den eksisterende bygningsmasse og en opgradering af denne, og i langt mindre grad i nybyg.

3 RESUMÉ

Når der tages hensyn til udviklingsmulighederne, fremdrift i disse, samt perspektiverne for at drive innovationen fremad hurtigst mulig, så er det anbefalingen i dette rapport, at man opprioriterer den kollektive og fælles forsyning, og at den i langt højere grad samtænkes med forbruget og digitaliseringen.

Den kollektive forsyning, og underliggende entreprenører, skal tage større ansvar for at forene energiforbruget i samspil med forsyningen i et digitaliseret perspektiv samt med et langsigtet fleksibelt perspektiv. Når intelligente målere udrulles, er det ikke nok at hjemtage værdier til månedlige eller årlige afregningsformål, men det er data, som i langt højere grad skal anvendes til flere funktioner, og som skal forenes med flere data omkring driften i boligen, effektiviteten af anlæg samt evt. indeklima data og øvrige fjernvarmenet-data, for at omtale nogle perspektiver.

Udover den overordnede perspektivering, der vedrører de kollektive og centrale fordele, der gavner mulighederne for at skabe innovativ fremdrift – så er der 3 delområder, som også er centrale for rapporten:

- En professionel energiscreening og tilgang til mange bygninger, som eksemplet fra Tebstrup (152 stk.) giver mulighed for at opnå stordriftsfordele i relation til udførsel af energiscreeningen. Det giver også mulighed for at organisere det i mere kollektiv perspektiv. Selv om det ikke er set tidligere i privat bolig perspektiv og eksempelvis for en landsby, så er der mange paralleller til nuværende ESCO samarbejder, der kunne overføres til boligsegmentet.
- Forsyningen bør også analyseres segmenteret, således at en forsyning giver mulighed for at drive flere typer forsyning i fællesskab, og desuden i samspil med forbruget samt energirenovringsmuligheder. Denne samtænkning giver perspektiver – også over til de sidste punkt, digitaliseringen.
- For at opnå gevinst, nu og fremover, med en "forbrugs-forsynings-tankegang", så vil digitaliseringen også spille en central rolle i fremtiden. Tankerne er, at se bygninger som zoner, og via optimering af en zone, at se på akkumulering af zoner – set i relation til styring, dataopsamling, central overvågning og estimering af forbrug over de døgnets timer til optimal planlægning af forsyningen.



Demonstrationsbyen - Tebstrup

3 bysegmenter: A + B + C (rød + gul + grøn)
 270 bygninger / boliger (gns. varmeforbrug 122 kWh/m²)
 152 anbefales energirenoverede
 Total antal varmezoner i de 270 boliger ≈ 1.500 stk.

Boligsektion A: Nuv. Varmeforbrug: 152 kWh/m² reduceret til → 110 kWh/m²
 Boligsektion B: Nuv. Varmeforbrug: 104 kWh/m² reduceret til → 86 kWh/m²
 Boligsektion C: Nuv. Varmeforbrug: 96 kWh/m² reduceret til → 83 kWh/m²

Totalforbrug for alle 2 sektorer (hele byen):
 Nuværende varmeforbrug: 4.522.750 kWh reduceret til → 3.534.556 kWh
 Total besparelse efter zone digitalisering herunder MPC → 2.850.000 kWh

Konklusioner (varmedelen)	Noter & fordele
Energirenovering	Opnået besparelse ≈ 990.000 kWh (≈ 22% reduktion) Fremtidigt forbrug ved renovering ≈ 3.540.000 kWh
Forsyning	Lavtemperaturfjernvarme i sektion A + B med forsyning fra centrale Varmepumper (overordnet MPC styring.
IoT -digitalisering af varmezoner -MPC fra zone til bolig klynge -Fælles MPC drift af VarmePumper (centrale & decentrale VP) -Fælles netværk (flere muligheder)	Zonestyring med digital og trådløs teknologi for 1750 zoner Forventet besparelse ≈ 5% reduktion (177.000 kWh) Fremtidigt forbrug ved zone digitalisering ≈ 3.363.000 kWh MPC styring af 1750 zoner / 270 boliger samt central anlæg Forventet besparelse ≈ 15% reduktion (500.000 kWh) Fremtidigt forbrug efter MPC styring ≈ 2.860.000 kWh
Organisering	Forsyningen: Eksempel – Skanderborg el. Silkeborg Forsyning ESCO Partner: Eksempel – Kemp & Lauritzen IoT Partner: Eksempel – Insero

4 LÆSEVEJLEDNING

Rapporten tog sit afsæt i 3 relativ selvstændige fagområder, dels fordi at specialerne pr. tradition er opdelt i fagområde, og dels fordi at gruppen bag denne rapport er mere eller mindre opdelt i disse discipliner. Fagområderne og de respektive afsnit er (afsnit 5), som omfatter – energiscreening af boliger, boligrenovering og tiltag samt planlægning, (afsnit 6) som tæller analysen omkring forsyningen samt (afsnit 7+8) som er digitaliseringen og de perspektiver, der ligger under IoT og MPC. På grund af denne opdeling kan afsnittene også læses selvstændigt og meget separat, som de fagdiscipliner også er.

Rapporten tog sit afsæt i en vurdering af udvalgte boligområder (Billum & Testrup) og hvilke scenarier som i første omgang var realistiske ud fra et energirenoveringsperspektiv, samt hvordan boligområderne historisk har udviklet sig ud fra et forsyningsperspektiv. Det blev til bilag 1, som kan læses som et af grundlagene for rapporten – hvor energiscreeningen blev til på baggrund af et "skrivebordsstudie" og ved indhentning af de mulige kilder på nettet omkring energiforbrug og forsyning. Forskellige klasser blev udviklet og en fremgangsmåde, hvorpå energiscreeningen kunne planlægges blev til. Dette blev således til en kombination af, og grundlaget for at udvikle forskellige scenarier, med et udgangspunkt i et lokalområde og data – i første omgang via tilgængelige på nettet og efterfølgende praktisk data fra et nyt lokalområde, Tebstrup.

Ved at starte med et konkret byområde, pågik der parallelt en definition af et PlusEnergiOmråde i bilag 5, som ikke er det centrale fundament i rapporten, men et grundlag at arbejde videre på og perspektivere i forhold til de 3 fagområder. Denne definition af et PlusEnergiOmråde blev videre anvendt og beregnet på testbyen – Billum i bilag 1.

Ud fra denne start af rapporten tages der primært udgangspunkt i en større analyse af testbyen Tebstrup, hvor der ses på og analyseres data fra byen via besøg, energimøder samt energiscreening i første omgang af 20 huse, som giver konkret rapporter for 8 boliger i alt. Den proces kan læses ved start af rapporten i afsnit 5, dernæst understøttet af vedlagt bilagsmateriale i form af energiscreeningsrapporter samt interview skema. Dermed har testbyen Tebstrup sat grundlaget for et scenarie og praktisk energiscreeningspotentialer, der er udgangspunktet for de andre perspektiver som forsyning og digitalisering. Det giver indledningen og den videre udvikling for beskrivelse af potentialer, strategier samt barrierer på baggrund af lokaldata og økonomi.

Dernæst tager afsnit 6 fat på at beskrive forsyningsdelen og disse perspektiver set overordnet og set i relation til testbyen Tebstrup. Det gælder både i relation til økonomiske beregninger, barrierer som findes i en testby som Tebstrup, samt de lokale data og potentialer.

Afsnit 7 og 8, der omhandler digitaliseringsmulighederne har fundamentet fra bilag 3 at bygge på. Disse afsnit kan også læses mere eller mindre uafhængigt, men digitaliseringen er et fagområde, som kan beskrives som mere umodent, specielt indenfor boligområdet, og dermed med større begrænsninger for praktiske anbefalinger, da teknologierne er mindre anvendte og testet.

Bilag 4 giver en yderligere beskrivelse af den juridiske referenceramme og barrierer – men ikke anlagt større vægt i rapporten, da den praktiske del er i højsæde.

Organiseringen, og disse muligheder, er primært omtalt i konklusionen samt under resuméet og de perspektiver.

5 ENERGIRENOVERING SOM DEL AF FORSYNINGSPLANEN

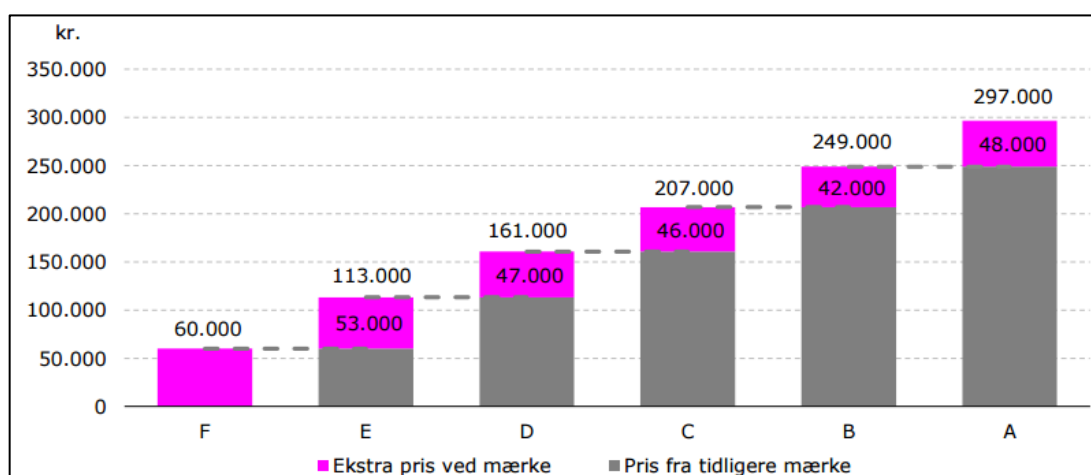
Størrelsen af nye produktionsanlæg beregnes ud fra et forventet energiforbrug fra området ejendomme. Hvis ejendomme i området er nyere bygninger med lavt energiforbrug vil produktionsanlægget kræve en lavere produktionskapacitet samt lavere dimensioner på fordelingsanlægget. Normalt ved dimensionering af energiforsynings- og fordelingsanlæg påregnes der en relativt høj sikkerhedsfaktor grundet usikkerhed i områdets energiforbrug. Jo mere sikkert forbruget kendes jo lavere dimensioner kan produktions og fordelingsanlægget bygges i. Dette medfører økonomiske besparelser op anlægsinvesteringen og kan forbedre rentabiliteten for anlægget.

Derfor kan det også være fordelagtigt at investere i forbedring af bygningsmassen inden etablering af produktionsanlæg. Det kan dog være et problem at få private husejere til at energirenovere grundet de relativt store investeringer på nogle tiltag. Incitamentet for private varierer, men vil som regel være baseret på økonomiske besparelser og/eller forbedring af indeklimaet, mere sjældent værditilvækst.

5.1 METODE FOR ENERGIRENOVERING

Mange husejere har ikke det fulde overblik over, hvor deres energi bruges, og hvordan de kan minimere energiforbruget, hvorfor energirenovering ofte nedprioriteres frem for andre renoveringer på bygningen så som nyt køkken eller lignende. Når der arbejdes på et helt område vil alle boligejere ikke selv kunne vurdere hvor de kan spare energi, hvorfor bygningsmassen kun meget langsomt vil opgraderes til moderne standarder for energiforbrug til bygninger. Her vil en energiscreening af professionelle kunne finde energibesparelser, der kan betale sig selv hjem over en relativt kort periode i forhold til tiltagets levetid. Organiseringen for energiscreening og energirenovering af professionelle beskrives senere i rapporten.

Incitament for boligejerne til deltagelse vil være en økonomisk gevinst i form af lavere el og varmeregning samt de indeklimaforbedringer der følger af at bo i et mere moderne hus. Herudover vil en energirenovering også medføre merværdi for husejeren i form af forøgelse af boligens værdi jf. næste figur, der viser energimærkets effekt på prisen.



Sammenhæng mellem boligpris og energimærke sammenlignet med pris for et 100m² hus med energimærke G¹

¹ https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/giver_en_god_energistandard_en_hoejere_boligpris_sammenfattende_rapport.pdf

Inden en energirenovering skal energibesparelestiltagene bestemmes. Dette gøres ved at energiscreene områdets ejendomme. Det er i dag muligt at få meget information omkring bygninger ved hjælp af BBR-data hvori bygningernes opførelses år, årstal for omfattende renovering om opvarmningsform fremgår. Herved er det muligt at vurdere ejendommenes forbrug, men for at vurdere besparelspotentialet kvalitativt skal bygningerne energiscreenes.

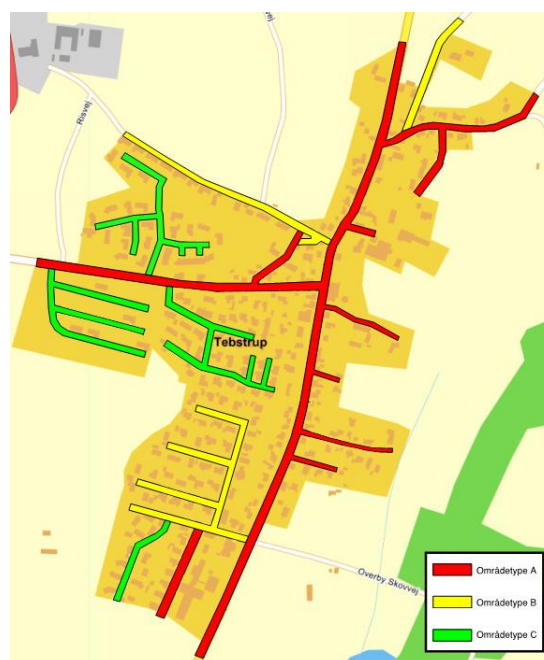
I denne rapport er der regnet på to cases. En case med "Kontorscreening" af Billum der ligger i Varde kommune og en case med almindelig "fysisk" screening af ejendomme i Tebstrup placeret i Skanderborg kommune. Formålet med kontorscreeningen var at undersøge hvor meget det er muligt at regne på et område uden fysisk at være til stede og energiscreene. Konklusionen herpå blev at det er muligt at beregne et besparelspotentiale baseret på kvantitative antagelser om bygningernes forbrug og opførelse. Denne metode afhænger meget af boligejernes inddatering i BBR, da nuværende forbrug samt besparelsen baseres udelukkende på bygningsalder eller alder for seneste renovering. Beregning af besparelspotentialet og omdannelse af Billum til et PlusEnergiOmråde fremgår af Billum casen.

Ved den fysiske screening er det muligt at bestemme besparelspotentiallet mere detaljeret og beregne egentlige tiltag der skal udføres for at opnå besparelserne. Herved er det muligt enten af boligejerne selv kan udføre tiltagene, eller professionelle håndværkere kan sættes i gang. En gennemgang af casen om energiscreening og renovering af Tebstrup by fremgår herunder.

5.2 ENERGISCREENING AF TEBSTRUP BY

Tebstrup by er placeret i Skanderborg kommune, og er en mindre landsby med ca. 270 ejendomme. Landsbyen kan inddeles i tre type områder efter husenes alder jf. BBR. Husene omkring hovedgaden er de ældste hvor enkelte er bygget i 1850. Omkring 1970-1980'erne blev der bygget nye kvarterer som sidegader til hovedgaden og de nyeste områder er nye udstykninger fra år 2000 og frem.

Nedenstående kort viser landsbyen Tebstrup, inddelt i de tre områdetyper opdelt efter generel bygningsalder i området jf. BBR data. Område A er med de ældste bygninger, og område C er med de nyeste. Områdetyperne behøver ikke være sammenhængende, men illustrerer blot et overblik over bygningsmassens alder i Tebstrup.



Oversigt over Tebstrup by inddelt i områder efter bygningsalder

De næste 2 tabeller viser generelle karakteristika for de 3 områder. El og varmekonsum er beregnet ud fra ejendommens energimærke og bygningsareal. Bygningsarealet kendes via BBR-data sammenholdt med kendte energimærker. Energimærket er kendt på 63 ejendomme hvilket svarer til 23,2% af alle ejendomme i Tebstrup. Ud fra disse energimærker har de resterende ejendomme fået tildelt et energimærke ud fra bygningsalder, eller alder for sidste gennemgribende renovering jf. BBR.

Område	Gennemsnitligt opførelses år	Mest almindelige energimærker	Eksisterende varmekonsum		Eksisterende elforbrug	
			kWh	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²
A	1959	G - E	2.505.400	151,7	528.000	32,0
B	1983	E - C	795.250	103,5	200.000	26,0
C	2001	C - A	1.222.100	96,0	360.000	28,3

Energidata for Tebstrup by

Energimærke	G	F	E	D	C	B	A
Før renovering	18	36	45	53	94	21	5

Energimærker for Tebstrup by

Der er i alt energiscreenet 8 ejendomme i Tebstrup fordelt på 4 ejendomme i områdeklasse B (gul) og 4 ejendomme i områdeklasse A (rød). Ejendommene er udvalgt, således de er med forskellige energimærker fra G-C hvormed energibesparelspotentialet for området kan vurderes med hjælp fra BBR-data. Screeningerne fandt sted i marts og april 2017 og energiscreeningsrapporterne er vedlagt denne rapport.

5.2.1 Strategi for energirenovering

Der er et stort potentiale for energirenovering i Tebstrup, hvor 246 ejendomme vurderes at have energimærke C eller lavere. Det er vurderet, at der i alle husstande med energimærke C eller lavere, er potentiale for en større energirenovering, hvorfor der her er foreslået energibesparelsetiltag. I ejendomme med Energimærke B eller A(2010-2020) er der medtaget eventuelle konverteringer fra oliefyr samt 1 stk. pumpeudskiftning i ejendomme med energimærke B.

Mange energibesparelsetiltag går igen i de screenede ejendomme, og er typiske for ældre ejendomme i Danmark.

Mange klimaskærme kan efterisoleres uden større gennemgribende tiltag som f.eks. ny ydermur eller tagkonstruktion. Ud af de 8 screenede ejendomme er der 4 lofter med under 200mm isolering, som foreslås efterisoleret. Herudover er der 2 terrændæk eller etagedæk til opvarmet kælder, der kan isoleres. Alle boliger, der er opført med hulmur, er blevet efterisoleret i alle de screenede ejendomme. 4 ejendomme er med ældre vinduer, som med fordel kan udskiftes til nye med væsentligt lavere varmetab og vedligeholdelsesfrie overflader, som sikrer en længere levetid.

Der er mange oliefyr, som med fordel kan udskiftes til løsninger med lavere driftsomkostninger og CO₂-udledning som f.eks. en varmepumpe.

Varmeanlægget i alle de screenede ejendomme er 2-strengs anlæg med radiatorer og enkelte steder gulvvarme. Der er radiatorventiler med forindstilling på alle radiatoranlæg. Her er der ikke foreslået tiltag grundet begrænset besparelspotentiale.

Alle ejendommene har belysning med glødepærer, spare pære eller lignende og kun i begrænset omfang LED-belysning. Det anbefales at udskifte belysningen i rum med lang brugstid, og løbende udskifte til LED i armaturer i rum med kort brugstid.

I 6 ejendomme er der fundet ældre trinstyrede pumper på varmeanlægget, som foreslås udskiftet til nye Grundfos pumper med AutoAdapt og lavere energiforbrug.

De fundne tiltag er beregnet i energiscreeningsrapporter for alle 8 ejendomme, og er vedlagt. Tiltagene er kvantificeret og ganget op på alle Tebstrups ejendomme fordelt efter BBR-oplysninger/ energimærker, for at kunne vurdere energibesparelspotentialet for hele byen.

5.2.2 Resultater

Resultaterne fra energiscreeningen fremgår af denne tabel. I tabellen fremgår varme- og el-besparelse som resultat af energiscreeningen. Disse besparelser forudsætter at alle tiltag foreslået i Screeningsrapporter udføres.

Ejendoms #	Varme-besparelse	Andel af eksisterende varmeforbrug	El-besparelse	Andel af eksisterende elforbrug
Ejendom 1 (a)	13.229 kWh	56%	1.307 kWh	33%
Ejendom 2 (a)	5.477 kWh	23%	607 kWh	15%
Ejendom 3 (a)	2.576 kWh	13%	932 kWh	23%
Ejendom 4 (b)	1.845 kWh	15%	1.191 kWh	34%
Ejendom 5 (b)	1.638 kWh	14%	1.251 kWh	36%
Ejendom 6 (a)	3.889 kWh	22%	550 kWh	18%
Ejendom 7 (b)	2.495 kWh	16%	784 kWh	21%
Ejendom 8 (b)	1.194 kWh	10%	1.696 kWh	42%

Besparelser i de screenede ejendomme (områdeklassen fremgår af bogstav i parentes).

Energirenoeringen i Tebstrup by vil have følgende effekt på de tre områder i byen:

Område	Fremtidigt varmeforbrug			Fremtidigt elforbrug		
	Besparelse	[kWh]	[kWh/m ²]	Besparelse	[kWh]	[kWh/m ²]
A	27,3%	1.822.550	110,4	26,9%	385.942	23,4
B	17,2%	658.218	85,7	26,4%	147.124	19,2
C	13,8%	1.053.787	82,8	23,0%	277.117	21,8

Fremtidigt forbrug for de tre områder i Tebstrup efter energirenoering

Samlet set er energibesparelspotentialet med rentable tiltag for hele Tebstrup by en reduktion i el og varmeforbrug, som fremgår af næste tabel.

Eksisterende varmeforbrug	4.522.750	kWh
Varmeforbrug efter renovering	3.534.556	kWh
Besparelse i varmeforbrug	988.194	kWh
	21,8	%
Eksisterende elforbrug	1.088.000	kWh
Elforbrug efter renovering	810.183	kWh
Besparelse i elforbrug	277.817	kWh
	25,5	%

Fremtidigt forbrug for hele Tebstrup by efter energirenovering

Energibesparelspotentialet medregner alle besparelser, der vurderes rentable at udføre. Ved tiltag med en lang levetid accepteres en længere tilbagebetalingstid. Ved vurdering af rentabiliteten er der ikke medregnet eventuelle fællesindkøb, som vil kunne forbedre rentabiliteten i form af lavere investeringsomkostninger.

I næste tabel er omfanget af fællesindkøb vurderet ud fra potentialet i de 8 screenede ejendomme samt BBR-data for resten.

Udover de 5 nævnte emner til mulige fællesindkøb vil der også være potentiale i efterisolering af hulmure. Da der blev ikke fundet uisoleret hulmure i de 8 screenede ejendomme, kan denne rapport ikke kvalitativt vurdere omfanget. I 4/8 ejendomme var der tidligere foretaget efterisolering af hulmure. Det vurderes at ca. 80/270 ejendomme er opført som ydervægge med uisoleret hulmure. Hvor mange ejendomme der allerede har isolering i hulmuren er ukendt.

Ejendomme med potentiale for energirenovering	152 stk.
Vinduesudskiftning	1.180 m ²
Efterisolering med isoleringsbatts (Loftrum, skunke, m.m.)	7.380 m ²
Pumpeudskiftninger på varmeanlæg	246 stk.
Etablering af varmepumper	215 stk.

Mulige emner til fællesindkøb

Antallet af varmepumper der kan etableres er baseret på BBR-oplysninger om antal ejendomme med oliefyr som opvarmingskilde hvilket er 245. Dette tal er i virkeligheden lavere, da det ikke er alle husejere der husker at opdatere BBR efter en konvertering. I de screenede ejendomme er alle oplyst i BBR som opvarmet med oliefyr, men en enkelt har udskiftet fyret til et træpillefyr. Hvis det antages at dette er retvisende for hele området har 31 ejendomme udskiftet oliefyret hvorfor kun 215 ejendomme skal konvertere til opvarmning med varmepumpe.

Næste tabel viser fordelingen af energimærker i Tebstrup. De ejendomme der ikke har et udarbejdet energimærke er inddelt i energimærker efter bygningens opførelsesår eller årstal for sidste renovering.

Energimærke	G	F	E	D	C	B	A
Før renovering	18	36	45	53	94	21	5
Efter renovering	0	0	0	101	122	45	5

Energimærker for Tebstrup by efter energirenovering

De fremtidige energimærker efter energimærker i tabellen er vurderet efter det forventede fremtidige forbrug efter de viste energibesparelser. Det vurderes at alle ejendomme med Energimærke G, F og E kan energirenoveres til et energimærke C eller D. Størstedelen af ejendomme med energimærke D kan energirenoveres til et energimærke C, men kun få med energimærke C kan blive B uden større gennemgribende tiltag.

5.2.3 Økonomi

Rentabiliteten for energirenoveringen er som udgangspunkt god, da det kun er valgt at udføre tiltag der kan betale sig selv hjem over tiltagets levetid. Næste viser de 8 screenede ejendommers besparelse og investering hvis de foreslåede tiltag. Investeringen er ekskl. økonomisk besparelse ved fællesindkøb.

	Investering	Årlig økonomisk besparelse	Simpel tilbagebetalingstid
Ejendom 1	205.700 kr.	10.943 kr./år	18,8 år
Ejendom 2	155.000 kr.	15.374 kr./år	10,1 år
Ejendom 3	115.000 kr.	12.965 kr./år	8,9 år
Ejendom 4	110.200 kr.	9.441 kr./år	11,7 år
Ejendom 5	129.000 kr.	9.435 kr./år	13,7 år
Ejendom 6	121.200 kr.	11.832 kr./år	10,2 år
Ejendom 7	129.000 kr.	10.763 kr./år	12,0 år
Ejendom 8	106.200 kr.	9.902 kr./år	10,7 år

Økonomiske resultater af energirenovering på de 8 case ejendomme

Investeringerne for de 8 screenede ejendomme er ligesom energibesparelsen kvantificeret, og fordelt ud på områdets resterende ejendomme efter energimærker. Herved er det muligt at vurdere de samlede omkostninger og besparelser for energirenovering af hele Tebstrup by.

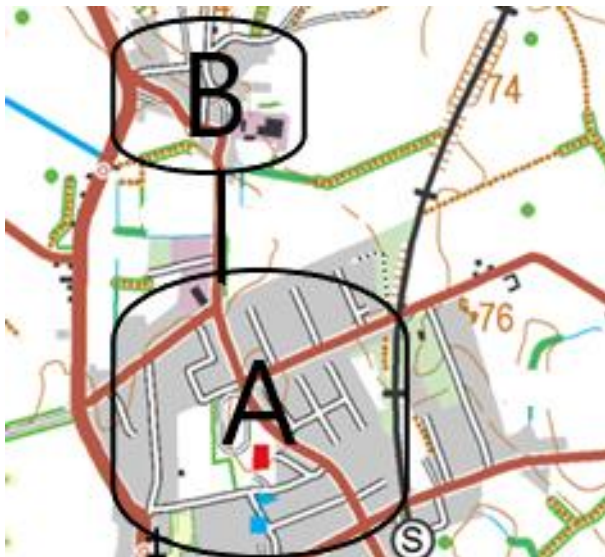
	Investering	Årlig økonomisk besparelse	Simpel tilbagebetalingstid
Område A	17.811.000 kr.	1.662.000 kr./år	10,7 år
Område B	5.840.000 kr.	511.000 kr./år	11,4 år
Område C	8.755.000 kr.	697.000 kr./år	12,6 år
Samlet	32.407.000 kr.	2.870.000 kr./år	11,3 år

Økonomiske resultater af energirenovering af hele Tebstrup by

Ovenstående tabel viser investering og besparelse for energirenovering af alle husstande i Tebstrup by. Som nævnt er investeringen beregnet ud fra prisen for energirenovering af de 8 screenede ejendomme der er fordelt ud på lignende bygninger i ejendommen. Den økonomiske besparelse regner med en opvarmningspris der er beregnet ud fra opvarmningsformen jf. BBR samt foreslåede konverteringer i projektet.

6 KOMBINATION AF LOKAL FJERNVARME OG OMRÅDER MED VARMEPUMPER

I projektet PlusEnergiOmråder er der diskuteret hvordan mulighederne for energibesparelser og udnyttelsen af vedvarende energi bedst integreres. I forlængelse af notat og beregninger på landsbyen Tebstrup er dette notat et forsøg på at udlede nogle tendenser af ideerne.



Der ses på et område, hvor man har, eller kan etablere lokal fjernvarme i en landsby og i nærheden har et mindre kvarter/landsby hvor der også kunne etableres nærvarme eller individuelle varmepumper forsynet med varme fra nærvarmens returledning. Ideen er at ejendommene i område B forsynes med individuelle varmepumper. I stedet for jordvarme eller udeluft anvendes varmen fra returledningen fra fjernvarmenettet i område A. Områderne skal således forbindes ligesom ved almindelig fjernvarme, men der vil ikke være en nær så høj temperatur i nettet i område B (30-35°C).

Skitserede byer hvor der er lokal fjernvarme i område i A og det undersøges om område B kan forsynes.

I et sådant system vil der være nogle balancer i forhold til vandflow i de to systemer, og der skal være varme nok til varmepumperne i område B. Der behandles spørgsmål som

- Ledningsdimensioner og varmetab i område B
- Investeringer i ledningsnet
- Effektivitet af varmepumper og flis kedler
- Sammenhæng mellem by størrelser og afstand
- Sammenhæng mellem varmeforbrug, nye eller gamle huse i område B.

I dette notat tages der udgangspunkt i de bedste rørkvaliteter på markedet (typisk serie 3). Der ud over afhænger varmetabet af temperaturniveauerne i rørene. Traditionelt har fjernvarmeværker i deres drift sendt omkring 80°C vand frem til forbrugerne og fået ca. 40°C vand retur. Mange værker har i de senere år arbejdet på, at få deres fremløbstemperaturen ned til omkring 75°C og returtemperaturen ned under 40°C, hvilket lykkes for mange. I de nyeste forsøgsprojekter er der satset intensivt på at nedsætte temperaturerne yderligere og arbejde med fremløbstemperaturer på under 55°C

I dette notat tages der udgangspunkt i, at det er muligt, at gennemfører lavtemperatur-drift, hvor der sendes 45°C vand frem til forbrugerne, der med en forventet afkøling på 15°C, får en returtemperatur på 30°C. Der er en særlig problematik omkring brugsvand og bakterien Legionella. Det forventes ikke at være et problem i nye brugsvands installationer, hvor der kun står få l vand i veksler og rør frem til tappestederne, men for at sikre mod Legionella, kan temperaturen hæves kortvarigt ind i mellem. Hvis man ved køkkenvasken ønsker en højere temperatur end de 45°C kan der installeres en såkaldt Cooker.

Temperatur niveauerne er ikke kun afgørende for varmetab i ledningsnettet, men også for drift og effektivitet på varmecentralen. I dette notat er der forudsat en flis kedel på varmecentralen med

røggaskondensering. Der er en tæt sammenhæng mellem effektiviteten af varmecentralen og temperaturen på fjernvarmevandet. Jo lavere returtemperatur, des bedre udnyttelse af røggasserne.

Dette projekt er interessant fordi det viser at det kan være muligt at udnytte ressourcerne i et kollektivt system bedre end det sker i dag. Ved at tænke varmepumper ind i ledningsnettet, kan afkølingen blive bedre og det er til gavn for både effektiviteten i nettet og på varmecentralen. I notatet her er der regnet med flisfyret varme, med det samme forhold vil gøre sig gældende med et centralt solvarmeanlæg eller ved en fælles varmepumpe.

For at sammentænke forsyningerne er det forudsat, at ejendommene, også i område B får et fjernvarmestik, som de øvrige der er tilsluttet, men de vil få varme fra retur-røret fra de øvrige almindelige nærvarmekunder. Det betyder at borgerne i område B ikke behøver, at grave jordslanger ned i haven eller opstille en "ude-del" som man normalt gør ved Luft/vand varmepumper.

Varmeværket får til gengæld kølet returvandet yderligere, det er forudsat at området B køler vandet fra 30°C ned til 22°C. Hvis boligerne kan udnytte 30° varmt vand til opvarmning i f.eks. gulvvarme vil det være rigtig fint. I beregningerne er det dog forudsat, at varmepumpen i huset hæver temperaturen til 45°C.

I beregningerne er der følgende alternativer:

- 1) Lokal fjernvarme (nærvarme) ved traditionelle temperaturer; 80°C i fremløb og 40°C retur.
- 2) Samme område med lavtemperatur; 45°C i fremløb og 30°C retur.
- 3) Varmepumper i område B med ekstra lavtemperatur; 30°C i fremløb og 22°C retur. Nærvarme i område A med lavtemperaturdrift.
- 4) Nærvarme i område A med lavtemperaturdrift og ingen forsyning i område B.

6.1 DIMENSIONER OG INVESTERINGER I LEDNINGSNET I OMRÅDE B

Typiske effekter - stålrør - dobbelt						
Medierør		v/100 Pa/m (10 mm VS/m) og medie temp. på 80°C				
		Hastighed	Masseflow	Effekt v/ $\Delta t=30^{\circ}\text{C}$	Effekt v/ $\Delta t=40^{\circ}\text{C}$	Effekt v/ $\Delta t=50^{\circ}\text{C}$
DN	d udv. mm	(m/s)	(m ³ /h)	(kW)	(kW)	(kW)
20+20	26,3+26,3	0,35	0,47	15,8	21,1	26,4
25+25	33,7+33,7	0,41	0,86	29,3	39,1	48,8
32+32	42,4+42,4	0,50	1,97	67,0	89,3	112,0
40+40	48,3+48,3	0,56	2,92	99,2	132,0	165,0
50+50	60,3+60,3	0,65	5,45	185,0	247,0	309,0
65+65	76,1+76,1	0,77	10,70	364,0	485,0	606,0
80+80	88,9+88,9	0,85	16,34	555,0	740,0	925,0
100+100	114,3+114,3	0,97	27,73	1106,0	1475,0	1843,0
125+125	139,7+139,7	1,15	57,00	1937,0	2583,0	3229,0
150+150	168,3+168,3	1,29	94,07	3197,0	4263,0	5329,0
200 + 200	219,1 + 219,1	1,59	193,32	6700,0	9000,0	11200,0

Data fra IsoPlus katalog afsnit 6.1.

I tabellen ses hvilken forskel det giver på effekten ved forskellig afkøling i delta T. I tabellen nedenfor er der regnet på de konkrete temperaturer der anvendes i dette notat.

Rør ved delta T:			Merpris på rør i kr/m		
40	15	8	40	15	8
DN20	DN32	DN40	-	59	77
DN25	DN40	DN50	-	33	91
DN32	DN50	DN65	-	76	172
DN40	DN65	DN80	-	154	234
DN50	DN80	DN100	-	176	270
DN65	DN100	DN125	-	174	254
Vægtet gennemsnit, kr./m				129	205

Skift af rørdimensioner ved lavere afkølinger.

Samt udregning af merprisen ved øgede dimensioner.

Ovenstående tabel viser effekten af at en mindre afkøling betyder en større dimension. Der skal mere vand igennem rørene for at aflevere den samme mængde varme. De større rør betyder en fordyrelse. Dette afspejles i anlægsprisen. Der er dog ikke regnet med højere priser til gravearbejder mv.

6.2 VARMETAB I LEDNINGSNET



Varmetab - stålrør - dobbelt - serie 3					
DN	Stålrør		Kopperør		Varmetab
	d udv. mm	Godst. mm	D udv. mm	Godst. mm	W/m Φ_{total}
20+20*	26,9+26,9	2,6	160	3,0	7,1
25+25*	33,7+33,7	3,2	180	3,0	7,0
32+32*	42,4+42,4	3,2	200	3,2	7,8
40+40*	48,3+48,3	3,2	200	3,2	8,9
50+50 *	60,3+60,3	3,2	250	3,6	8,6
65+65*	76,1+76,1	3,2	280	3,9	9,8
80+80*	88,9+88,9	3,2	315	4,1	10,3
100+100	114,3+114,3	3,6	400	4,8	11,1
125+125	139,7+139,7	3,6	500	5,6	10,7
150+150	168,3+168,3	4,0	560	6,0	12,0
200+200	219,1+219,1	4,5	710	7,2	12,4

Data fra IsoPlus katalog afsnit 6.2.3. Varmetab er beregnet ved temperaturerne 80/40 i frem/retur på fjernvarmen samt 8 ° C jordtemperatur.

Varmetabet fra ledningerne er direkte afhængigt af temperaturen i ledningerne og den omgivne jordtemperatur. For nemheds skyld regnes der normalt med at jordtemperaturen er konstant 8°C.

Jordtemp:		8	8	8
Frem		80	45	30
Retur		40	30	22
Middeldiff.temp.		52	30	18
Afkøling: frem-retur		40	15	8
Varmetab i W/m	DN20	7,1	4,0	2,5
Varmetab i W/m	DN25	7,0	4,0	2,4
Varmetab i W/m	DN32	7,8	4,4	2,7
Varmetab i W/m	DN40	8,9	5,0	3,1
Varmetab i W/m	DN50	8,6	4,9	3,0
Varmetab i W/m	DN65	9,8	5,6	3,4
Varmetab i W/m	DN80	10,3	5,8	3,6
Varmetab i W/m	DN100	11,1	6,3	3,8
Varmetab i W/m	DN125	10,7	6,1	3,7

Omregning af varmetab ved de 3 temperaturniveauer.

I denne tabel ses hvordan varmetabene ændre sig ved de faldende temperaturer i ledningsnettet.

Rør ved delta T:			Varmetab i W/m		
40	15	8	40	15	8
DN20	DN32	DN40	7,1	4,4	3,1
DN25	DN40	DN50	7,0	5,0	3,0
DN32	DN50	DN65	7,8	4,9	3,4
DN40	DN65	DN80	8,9	5,6	3,6
DN50	DN80	DN100	8,6	5,8	3,8
DN65	DN100	DN125	9,8	6,3	3,7
Vægtet gennemsnit, W/m			8,5	5,6	3,5

Skift af rørdimensioner ved lavere afkølinger. Samt udregning af varmetab ved øgede dimensioner og lavere temperaturer.

Som tidligere nævnt vil en lavere afkøling medføre at der skal mere vand gennem rørene for at levere den samme varme mængde. Der er i dette notat taget udgangspunkt i de vandhastigheder som IsoPlus har angivet i deres tabeller, men der er dog mulighed for at hæve trykket i rørene og sætte hastigheden op for ikke at få for store rør.

Desuden er der regnet med at alle rør er serie 3 rør. Ved en optimering af brineledningerne kunne det måske vise sig at billigere rør i serie 2 eller 1 ville være mere økonomiske. Denne optimering er med som en følsomhedsberegning sidst i dette kapitel.

6.3 SAMMENHÆNG MELLEM TRADITIONEL OG LAVTEMPERATUR FJERNVARME

Resultatet af grund-beregningerne er:

Alternativ nr.	1	2	3	4	
	Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Ejendomme i landsby (Område A)	200	200	200	200	Antal
Ejendomme i satellit kvarter (Område B)	100	100	100		Antal
Netto varmebehov	5.265	5.265	5.265	3.510	MWh/år
Antal ejendomme tilsluttet nærværme	300	300	200	200	stk.
Antal ejendomme med varmepumpe			100		stk.
Forbrugerudgift, inkl.moms	0,77	0,75	0,81	0,76	kr/kWh
Varmeproduktionsomkostning ekskl.moms.	243	236	264	236	kr/MWh

De økonomiske resultater for beregningerne.

Forbrugerudgiften er et udtryk for den totale økonomi i alternativet. Projektet skal "hvile i sig selv", og derfor er der kun forbrugerne til at betale omkostningerne.

Produktionsomkostningerne er det varmen koster fra varmecentralen. Når der er forskel i disse tal handler det om effektiviteten på kedel og røggaskondensator. Des lavere temperaturer des højere effektivitet og dermed lavere pris. Der er således en tydelig forskel mellem alt. 1) og 2), som kun er afhængig af nedsættelsen af temperaturniveauerne i nettet. Det ses, at der er en del penge at spare ved lavtemperatur drift.

Det er interessant at se på alt. 3) hvor begge temperaturniveauer er i spil i nettet. De to typer af forbrugere bliver afregnet ens. Det er således selskabet der ejer varmepumperne i område B og afregner elforbrug og drift. Forbrugerne betaler det samme i faste afgifter og for varmeforbrug. De nærmere forudsætninger omkring økonomi er gennemgået senere.

Alternativ 4) er umiddelbart lidt dyrere end alternativ 2), og illustrer den situation hvor man ikke kan få ejendommene i område B med. Alternativet kan vise om man i planlægningen af et fjernvarmenet kan få nogle yderliggende forbrugere med, via individuelle varmepumper.

Resultatet af beregningerne viser at det ikke umiddelbart er en økonomisk god ide med individuelle varmepumper i dele af nettet. Det vil komme an på de lokale forhold:

- Prisen på varmepumperne skal kunne sænkes ift. til nuværende niveau. Der er i beregningerne anvendt en pris for en husinstallation på 35.000 med en varmepumpe. Og det er endda lavt sat sammenlignet med prisen på varmepumper i øvrigt.
- Den særskilte afregning af varmepumpens elforbrug må ikke belægges med særlige forhold eller afgifter.
- Systemet kunne måske give mening i forbindelse med nybebyggelser hvor en del af husenes opvarmning kunne klares med 30 °C i fremløb til gulvvarme. I sådanne tilfælde kunne der gives en rabat og varmepumpen kunne anvendes i begrænsede kolde perioder og til brugsvandsopvarmning.

6.4 SAMMENHÆNG MELLEM BY STØRRELSER OG AFSTAND

Antal i område B	25	50	75	100	125
Varmepris	0,77	0,79	0,80	0,81	0,82

Variation af by størrelse i område B for alternativ 3.

I tabellen ses at det med de øvrige grundforudsætninger er svært at få god økonomi med område B. Det skyldes at ledningsprisen er højere med brinerørene samt højere udgifter til varmepumper. Desuden er driften også dyrere med varmepumperne.

Afstand til område B	-	500	1.000	1.500	2.000
Varmepris	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85

Variation i afstand til område B for alternativ 3.

Det ses at det bliver lidt dyrere når der bliver længere mellem byerne. Det er dog begrænset hvor meget det betyder, når det er 100 ejendomme inden for 1-2 km.

6.5 SAMMENHÆNG MELLEM VARMEFORBRUG, NYE ELLER GAMLE HUSE I OMRÅDE B.

Varebehov i område B, kWh/m ² /år	135	120	105	90	75
Varmepris	0,81	0,82	0,83	0,85	0,86

Variation i varmebehov i område B i alternativ 3.

Det ses at det bliver lidt dyrere når varmebehovet falder i husene i område B. Det er dog begrænset hvor meget det betyder, så der kunne være basis for optimering, eventuelt med billigere varmepumper og ledningsnet.

6.6 VARMEBEHOV OG ENERGIFORHOLD I GRUNDBEREKNINGEN

Alternativ nr.	1	2	3	4	
	Nærvarme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærvarme i både A+B, lavtemperatur	Nærvarme i område A og varmepumper i Område B	Nærvarme i område A uden Område B	
Ejendomme i landsby (Område A)	200	200	200	200	Antal
Tilslutningsgrad	100%	100%	100%	100%	
Tilsluttede ejendomme	200	200	200	200	Antal
Opvarmet areal pr. ejendom	130	130	130	130	m ² /ejendom
Varmebehov pr. m ²	135	135	135	135	kWh/m ² /år
Varmebehov i tilsluttede ejendomme	3.510	3.510	3.510	3.510	MWh/år
Længde af gadeledningsnet	3.000	3.000	3.000	3.000	m
Længde af stik på privat grund	5.000	5.000	5.000	5.000	m
Ejendomme i satellit kvarter (Område B)	100	100	100		Antal
Tilslutningsgrad	100%	100%	100%		
Tilsluttede ejendomme	100	100	100		Antal
Opvarmet areal pr. ejendom	130	130	130		m ² /ejendom
Varmebehov pr. m ²	135	135	135		kWh/m ² /år
Varmebehov i tilsluttede ejendomme	1.755	1.755	1.755		MWh/år
Længde af gadeledningsnet	1.500	1.500	1.500		m
Længde af stik på privat grund	2.500	2.500	2.500		m
Afstand fra by til satellitkvarter	-	-			m
Netto varmebehov	5.265	5.265	5.265	3.510	MWh/år

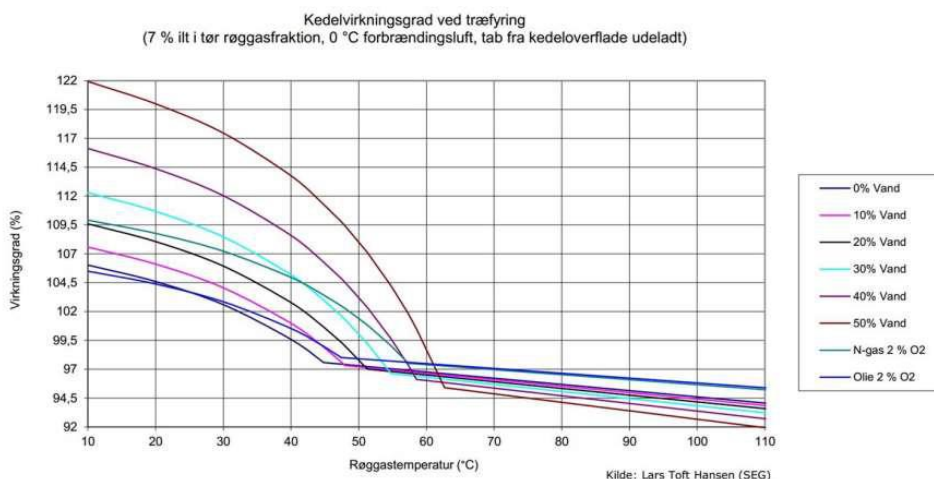
Data for de to områder A og B. Varmebehov, boligarealer, længde af ledningsnet i gaderne, antal ejendomme potentielt samt en forudsat tilslutning. Varmebehovene ses for de 4 alternativer.

Alternativ nr.					1	2	3	4	
					Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Antal ejendomme tilsluttet nærværme					300	300	200	200	stk.
Antal ejendomme med varmepumpe							100		stk.
Varmetab, stik, 80/40	7,1	W/m	80	gr.C frem	40	gr.C retur			MWh/år
Varmetab, net, 80/40	8,5	-	80	-	40	-			MWh/år
Varmetab, stik, 45/30	4,0	-	45	-	30	-	265	176	MWh/år
Varmetab, net, 45/30	5,6	-	45	-	30	-	219	146	MWh/år
Varmetab, stik, 30/22	2,5	-	30	-	22	-		54	MWh/år
Varmetab, net, 30/22	3,5	-	30	-	22	-		46	MWh/år
Brutto varmebehov					6.066	5.749	5.687	3.832	MWh/år
Varmetab i alt					801	484	422	322	MWh/år
Varmetab i alt i %					13%	8%	7%	8%	

Varmetab i ledningsnettet ved de 4 alternativer

I tabellen ses at ved skiftet fra traditionel temperatursæt til lavtemperatur (fra alt.1) til 2)) ændres varmetabet fra 13% til 8% med de teoretiske data. I praksis vil det nok blive lidt højere.

I alt.3) ses at det sammensatte net hvor en del er med ekstra lavtemperatur (30/22) er tabet nede på 7% for det samlede net.



Kedelvirkningsgrader, flis fyring.

Når varmecentralen udstyres med en røggaskondensator efter kedlen, kan man udnytte de lave temperaturer i ledningsnettet. I ovenstående figur ses udnyttelsen. I beregningerne er der taget udgangspunkt i flis med 40% vand (den næstøverste kurve).

Alternativ nr.				1	2	3	4	
				Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Grundlast effekt				182	145	138	97	kW
Spidslast effekt				1.816	1.780	1.677	1.187	kW
Varmepumper	7,1	COP				263	-	MWhel
Vandflow, nærværme				129.976	328.496	218.997	218.997	m3/år
Vandflow, varmepumper						198.751	-	m3/år
Varmecentral, virkningsgrad, flis 40% fugt.				107%	112%	114%	112%	
Forbrug af træflis	3,5	MWh/ton		1.620	1.467	1.360	978	ton/år

Diverse data for ledningsnet og varmeproduktion.

Varmepumperne i alternativ 3) leverer varmen til husene i område B. Den el der bliver brugt betales af Nærvareselskabet.

Vand flowet er beregnet for at se om varmepumperne kan få vand og varme nok fra de øvrige ejendomme, selvom det kun er den "halvkolde" returtemperatur (30°C) de har til opvarmning. Det ses at de ca. 219.000 m³ /år vand de får, er rigeligt til at dække de ca. 199.000 m³/år der er nødvendigt. Forudsætningen er at varmepumperne køler vandet 8°.

Der er regnet med en gennemsnitlig virkningsgrad på varmepumperne (COP) på 7,1. Det er relativt høj sammenlignet med andre varmepumper til husstande. Den høje COP skyldes at varmekilden her er meget varmere end det kendes fra f.eks. jordvarme.

Der kan hentes inspiration i følgende artikel: <http://www.danfoss.com/technicalarticles/heating/2013-technical-paper-low-temperature-dh-consumer-unit/?ref=17179925887#/>

6.7 ANLÆGSBUDGETTER

Investeringer	Alternativ nr.		1	2	3	4	
	Enheds-udgift		Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Varmecentral, bygning mv			3.739.180	3.686.896	3.536.149	2.775.856	kr.
Fjernvarmenet, 80/40	1.300	kr/m	5.850.000				kr.
Fjernvarmenet, 45/30	1.429	kr/m		6.430.725	4.287.150	4.287.150	kr.
Brinenet, 28/20	1.505	kr/m			2.256.975		kr.
Stikledninger	1.000	kr/m	7.500.000	7.500.000	7.500.000	5.000.000	kr.
Stikindføring	9.000	kr/stik	2.700.000	2.700.000	2.700.000	1.800.000	kr.
Husinstallationer	20.000	kr/stik	6.000.000	6.000.000	4.000.000	4.000.000	kr.
Varmepumpe/MicroBooster	35.000	kr/stik			3.500.000	-	kr.
Uforudsigelige udgifter	5%		1.289.459	1.315.881	1.389.014	893.150	kr.
Projektering og tilsyn	4%		933.578	957.864	1.025.326	639.212	kr.
Egenfinansiering	3.000	kr/stik	-900.000	-900.000	-900.000	-600.000	kr.
I alt		1,0	27.112.217	27.691.366	29.294.613	18.795.369	kr.
Kapitalomkostninger	Afskrivning, år	Rente:	Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Varmecentral, bygning mv	15	1,70%	284.513	280.534	269.064	211.214	kr./år
Fjernvarmenet, 80/40	30	1,70%	250.551	-	-	-	kr./år
Fjernvarmenet, 45/30	30	1,70%	-	275.423	183.615	183.615	kr./år
Brinenet, 28/20	30	1,70%	-	-	96.665	-	kr./år
Stikledning og indføring	30	1,70%	436.858	436.858	436.858	291.239	kr./år
Husinstallation / varmepumper	15	1,70%	456.537	456.537	570.672	304.358	kr./år
Uforudsigelige udgifter	20	1,70%	76.595	78.164	82.508	53.054	kr./år
Projektering og tilsyn	20	1,70%	55.455	56.898	60.905	37.970	kr./år
Egenfinansiering	20	1,70%	-53.460	-53.460	-53.460	-35.640	kr./år
Kapitalomkostninger i alt		1,0	1.507.049	1.530.955	1.646.827	1.045.809	kr./år

Budgetter for anlægsinvesteringerne i de 4 alternativer (øverst), samt kapitalomkostningerne (KO) der er regnet som separate lån hvor løbetiden er lig afskrivningsperioden. Beløb er ekskl. moms.

6.8 DRIFTSBUDGETTER

Alternativ nr.			1	2	3	4	
			Nærvare i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærvare i både A+B, lavtemperatur	Nærvare i område A og varmepumper i Område B	Nærvare i område A uden Område B	
Produktions- og driftsomkostninger							
Træflis	180	kr/MWh	1.020.374	923.895	856.494	615.930	kr./år
El til varmepumper	840	kr/MWh			220.922	-	kr./år
Drift og vedligehold, flisanlæg	15	kr/MWh	90.983	86.230	85.312	57.487	kr./år
Bemanding, flisanlæg	30	kr/MWh	181.967	172.460	170.624	114.974	kr./år
Nox afgift flis	1,80	kr/MWh	10.918	10.348	10.237	6.898	kr./år
Forbrug, el, vand, kemikalier	28	kr/MWh BVB	169.836	160.963	159.249	107.309	kr./år
Bemanding, net og husinst.	30	kr/MWh NVB	157.950	157.950	157.950	105.300	kr./år
Administration	20	kr/MWh NVB	105.300	105.300	105.300	70.200	kr./år
Kapitalomkostninger			1.507.049	1.530.955	1.646.827	1.045.809	kr./år
Årlige omkostninger i alt			3.244.376	3.148.101	3.412.916	2.123.907	kr./år
Indtægter							
Faste afgifter	3.000	kr./hus	900.000	900.000	900.000	600.000	kr./år
Arealafgift, nærvare	15	kr/m ²	585.000	585.000	390.000	390.000	kr./år
Arealafgift, nærvarmepumper	15	kr/m ²			195.000		kr./år
Salg af varme			1.759.376	1.663.101	1.927.916	1.133.907	kr./år
Indtægter i alt			3.244.376	3.148.101	3.412.916	2.123.907	kr./år
Varmepris til forbrugerne			334	316	366	323	kr./MWh
Forbrugerudgift, inkl.moms			0,77	0,75	0,81	0,76	kr/kWh
Varmeproduktionsomkostning ekskl.moms.			243	236	264	236	kr/MWh

Driftsbudgetter for de 4 alternativer. Beløb er ekskl. moms.

Varmeprisen og forbrugerudgiften er et udtryk for den totale økonomi i alternativet.

Produktionsomkostningerne er omkostningen på varmen fra varmecentralen uden kapitalomkostninger mv. Når der er forskel i disse tal handler det om effektiviteten på kedel og røggaskondensator. Des lavere temperaturer des højere effektivitet og dermed lavere pris. Der er således en tydelig forskel mellem alt. 1 og 2, som kun er afhængig af nedsættelsen af temperaturniveauerne i nettet. Det ses at der er en del penge at spare ved lavtemperatur drift.

Det er interessant at se på alt. 3) hvor begge temperaturniveauer er i spil i nettet. Prisen ligger over prisen hvis hele nettet er forsynet med samme varme og uden varmepumper.

6.9 FØLSOMHED PÅ ELPRIS

Elafgiften ser ud til at blive reduceret, og der tales om op til 20 øre/kWh (200 kr./MWh). Elprisen er således ændret fra 840 til 640 kr./MWh.

Alternativ nr.		1	2	3	4	
		Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Produktions- og driftsomkostninger						
Træflis	180 kr/MWh	1.020.374	923.895	856.494	615.930	kr./år
El til varmepumper	640 kr/MWh			168.322	-	kr./år
Forbrugerudgift, inkl.moms		0,77	0,75	0,80	0,76	kr/kWh
Varmeproduktionsomkostning ekskl.moms.		243	236	255	236	kr/MWh

Ændring af elpris til 640 kr./MWh.

Resultatet betyder at alternativ 3 ændres fra 0,81 til 0,80 kr./kWh. Så det er ikke så afgørende i disse beregninger.

6.10 FØLSOMHED PÅ RØRKVALITETER

De rør, der er benyttet til ledningsnettet, er serie 3, som er den bedste kvalitet, der anvendes pt. Der kunne dog være en ide i at anvende et billigere produkt f.eks. serie 1 til brine nettet til område B da temperaturerne ikke er så store, og tabet dermed er begrænset.

				Nærværme i både A+B, traditionelle temperaturer	Nærværme i både A+B, lavtemperatur	Nærværme i område A og varmepumper i Område B	Nærværme i område A uden Område B	
Varmetab, stik, 30/22	3,2	-	30			69		MWh/år
Varmetab, net, 30/22	5,1	-	30			67		MWh/år
Brutto varmebehov				6.066	5.749	5.723	3.832	MWh/år
Varmetab i alt				801	484	458	322	MWh/år
Varmetab i alt i %				13%	8%	8%	8%	
Forbrugerudgift, inkl.moms				0,77	0,75	0,81	0,76	kr/kWh
Varmeproduktionsomkostning ekskl.moms.				243	236	265	236	kr/MWh

Følsomhed med serie 1 rør (laveste og billigste kvalitet) i brine nettet til område B.

I denne beregning er der benyttet serie 1 rør og det ses at varmetab i stik stiger fra 2,5 til 3,2 W/m og i nettet fra 3,5 til 5,1 W/m. Desuden er disse rør billigere og det vurderes at der spares ca. 111 kr./m.

Resultatet er dog, at det ingen indflydelse har på varmeprisen. Den ligger stadig på 0,81 kr./kWh i alternativ 3 og det er stadig dyrere end alternativ 2 hvor der tilbydes nærværme(fjernvarme) på samme vilkår i område B som i område A.

I projektet PlusEnergiOmråder er det diskuteret hvordan mulighederne for energibesparelser og udnyttelsen af vedvarende energi bedst integreres. I forlængelse af notater og beregninger på landsbyen Tebstrup er dette en opsummering af nogle tendenserne af ideerne.

6.11 ER LAVTEMPERATUR DRIFT I FJERNVARME EN GOD IDE ?

Ja – det er en god ide hvis fjernvarmevandet kan levere den nødvendig varme hos forbrugerne ved lavere temperaturniveauer.

De traditionelle temperaturer i fjernvarme er 80°C i fremløb og 40°C retur. Hvis samme område forsynes med lavtemperatur; 45°C i fremløb og 30°C retur kan der i eksemplet fra Tebstrup spares ca. 6% på varmeprisen.

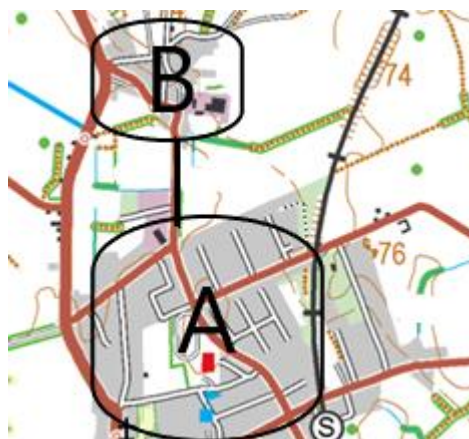
Årsagen er, at der dels spares varme fra fjernvarmerørene i jorden. Der tabes mindre varme jo lavere temperaturen er i rørene. Dels er der en tæt sammenhæng mellem effektiviteten af varmecentralen og temperaturen på fjernvarmevandet. Jo lavere returtemperatur, des bedre udnyttelse af røggasserne ved forbrænding af f.eks. flis eller halm. Det samme forhold vil gøre sig gældende med et centralt solvarmeanlæg eller ved en fælles varmepumpe.

6.12 KUNNE MAN DELE NETTET OP I TO TEMPERATUR-OMRÅDER ?

Når lavtemperatur er en god ide, er det overvejet om man kan gøre en ekstra indsats. Man kan selvfølgelig arbejde for at nedsætte temperaturerne generelt i nettet, men man kunne også udvælge et særligt område og gøre en ekstra indsats der.

Der ses på et område, hvor der er fjernvarme i en landsby (Område A), og i nærheden er der et mindre kvarter/landsby hvor der kunne etableres en alternativ varmeforsyning (Område B). Ideen er at ejendommene i område B forsynes med individuelle varmepumper som forsynet med varme fra fjernvarmens returledning.

Varmepumper i område B forsynes således med "ekstra lavtemperatur"; 30°C i fremløb og 22°C retur. Det betyder at borgerne i område B ikke behøver, at grave jordslanger ned i haven eller opstille en "ude-del" som man normalt gør ved varmepumper. Varmeværket får til gengæld kølet returvandet yderligere. Det er forudsat at området B køler vandet fra 30°C ned til 22°C. Hvis boligerne kan udnytte 30°C varmt vand til opvarmning i f.eks. gulvvarme vil det være rigtig fint. I beregningerne er det dog forudsat, at varmepumpen i huset hæver temperaturen til 45°C.



Figur 1. Skitserede byer hvor der er lokal fjernvarme i område i A og alternativ varmeforsyning i område B.

6.13 KAN MAN BRUGE DEN SAMME TYPE FJERNVARMERØR TIL DE TO TEMPERATUROMRÅDER ?

De lavere temperaturer i nettet medfører en lavere afkøling og at der skal mere vand gennem rørene for at levere den samme varme mængde. En mindre afkøling betyder derfor en større dimension og en fordyrelse på indkøb af rør.

Der er i beregningerne taget udgangspunkt i de vandhastigheder som IsoPlus har angivet i deres tabeller, men der er dog mulighed for at hæve trykket i rørene og sætte hastigheden op for ikke at få for store rør.

Rør ved frem/retur tempertur		
80/40	45/30	30/22
DN20	DN32	DN40
DN25	DN40	DN50
DN32	DN50	DN65
DN40	DN65	DN80
DN50	DN80	DN100
DN65	DN100	DN125

Tabel 1: Skift af rørdimensioner ved lavere afkølinger. Merprisen er på ca. 85 kr./m ved at gå fra 80/40 til 45/30 og ca. 150 kr./m fra 80/40 til 30/22.

6.14 ER DET BEDRE AT BRUGE BILLIGERE RØR I OMRÅDE B ?

Der er som udgangspunkt regnet med at alle rør er i den bedste kvalitet (serie 3 rør). Der kunne dog være en ide i at anvende et billigere produkt f.eks. serie 1 til nettet til område B da temperaturerne ikke er så store, og tabet dermed er begrænset. I en ny beregning er der benyttet serie 1 rør og det betyder at varmetab i nettet stiger fra ca. 3,5 til 5,1 W/m. Desuden er disse rør billigere og det vurderes at der spares ca. 111 kr./m.

Resultatet er dog, at det ingen indflydelse har på varmeprisen, da de billigere rør opvejes af det øgede varmetab fra rørene.

6.15 ER DET RELEVANT VED NYE HUSE I OMRÅDE B ?

Med fjernvarmerør og en varmepumpe er det en dyr løsning - også til nye huse med lavt varmeforbrug. Men der kunne være basis for optimering, eventuelt med billigere varmepumper og ledningsnet. Systemet kunne måske give mening i forbindelse med ny bebyggelser hvor en del af husenes opvarmning kunne klares med 30 °C i fremløb til gulvvarme.

6.16 HVORNÅR ER DETTE EN GOD IDE ?

- Anlægsprisen på ledningsnettet skal ned. Det kunne gøres ved at anvende uisolerede rør som ved almindelig jordvarme. I forhold til fjernvarme kan de to typer net så ikke umiddelbart blandes ved at udnytte returtemperaturen. Temperaturniveauet i det kolde net skal ned på 10 - 20°C. I et sådant system ville man kunne udnytte "gratis" overskudsvarme fra virksomheder eller eventuelt fjernvarmecentralen.
- Forbrugerne i område B skal muligvis være indstillet på at betale en lidt højere pris, men det kan måske stadig være attraktivt i forhold til andre alternativer.
- Prisen på varmepumperne skal kunne sænkes ift. til nuværende niveau. Der er i beregningerne anvendt en pris for en husinstallation på 35.000 kr. med en varmepumpe. Og det er endda lavt sat sammenlignet med prisen på varmepumper i øvrigt.
- Den særskilte afregning af varmepumpens elforbrug må ikke belægges med særlige forhold (dyre udvendige elskabe) eller andre afgifter.

7 OPTIONER INDENFOR IOT OG STYRINGS-TEKNOLOGIER

7.1 ANVENDELSE OG PERSPEKTIVER SAMT ANBEFALING

IoT er en forkortelse af Internet of Things. Mens Internettet var et medie for digitale informationer og services af alle mulige arter, så er IoT en udvidelse til "dimser" - det kan være "sensorer", biler, maskiner, tunneller, hvad som helst.

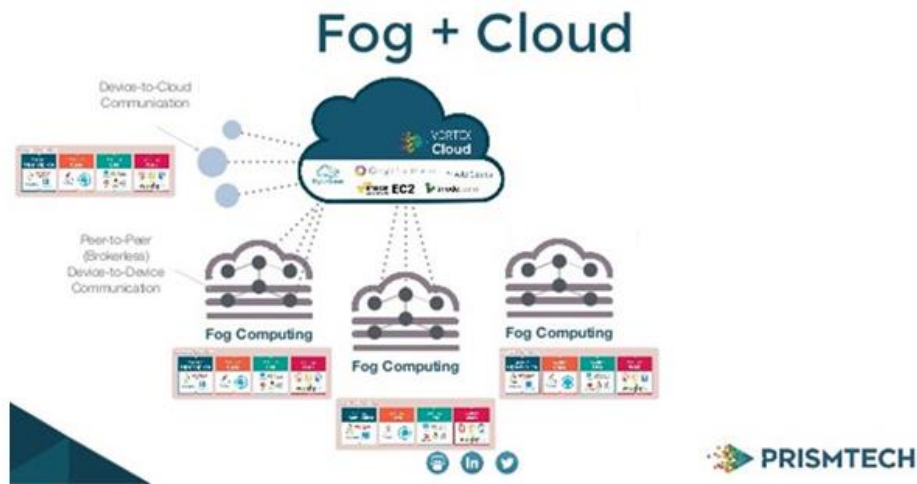
I forhold til bygninger er teknologien også relevant, da man med denne type teknologi kan udstyre bygningen med f.eks. sensorer, mekanismer og alt det der skal til for at styre bygningen, samt muliggøre at disse dimser taler sammen. Man kan måske sige at IoT muliggør et CTS system, uden at man har hele et monolitisk system man råder over. Et sådanne omfattende eksempel er ikke set endnu af forfatterne af denne rapport, men forventes indenfor rimelig tid, specielt for mindre bygninger. Sådanne systemer er allerede på markedet, f.eks. af den danske firma NorthQ².

Lige som Internettet breder sig over alle mulige anvendelser, så gør IoT det også. Dvs. at man kan forvente at en bil vil kunne tale med en garagebygning, hvor der står en tryklufdsaggregat der kan pumpe dækkene – det hele orkestreret af et imaginært system. Meget små systemer af denne art kan bygges af hvem som helst ved at kombinere IoT dimser med programmering på internetværktøjet IFTTT hvilket står for If This Then That – f.eks. hvis temperaturen stiger over 20 grader Celsius, så skal du slukke for radiatoren – det hele er meget nemt. Mange sådanne kommandoer kan bygges sammen. Vi kan altså forvente mange løsninger som ikke alle kommer til at være særlig brugbare og som ikke kommer til at samarbejde med andre løsninger. Der vil dog være tendenser til at stabilisere disse forhold som vi må se, hvordan de kommer til at forholde sig.

7.2 KOMMUNIKATIONSTEKNOLOGIER TIL BYGNINGER:

Fejl! Henvisningskilde ikke fundet. viser en terminologi der stammer fra ICT området "Cloud" er en teknologi der ligger helt ude på Internettet, evt. på den anden side af jorden. "Edge" er på den helt andet side af systemerne ved de enkelte komponenter, f.eks. en sensoren på en radiator, er en Edge teknologi. Data fra denne enhed kan sendes til en lokal server, hvilket bedst passer til at kontorbygninger har et CTS system eller lignende for at blive styret. Dette kan sammenlignes med "Fog" som ligger mellem de to andre.

² <http://northq.com/products/>



Figur: Princippet af cloud, fog og edge teknologier

Alle tre tekniske muligheder er til stede i bygninger, og i en byområde skal alle tre muligheder kunne supporteres. En radiator er en selvstyrende fysisk enhed. Så længe den ikke kommunikerer med andre enheder eller styres udefra, så længe er den ikke del af denne diskussion. Når den kommunikerer tilhører den en "edge" kategori. En central styring som CMS vil nok mere være en "fog" teknologi men det er ikke helt så entydigt. Mange udbydere af bygningsteknologi tilbyder nu også digitale services, som typisk vil styres over clouden – data hentes op til en firmacloud, analyseres og styringsværdier sendes tilbage til bygningens automation.

For mindre huse, som er et centralt emne i nærværende rapport, er cloud løsninger mest tillokkende, da man får virkelig meget for få penge og ikke selv skal kunne vide ret meget – det er et højt service niveau man tilstræber her. Eksempler heraf er fra Kamstrup, NorthQ, IC-Meter og mange flere. Fog-teknologierne er så nye at de ikke findes som produkter på den danske marked endnu og edge teknologier er det dominerende, sammen med CTS og lignende systemer der ikke er dele af denne diskussion.

7.3 STYRINGER – FØR, NU OG FREMAD RETTEDE

Styringer bygger typisk på en måling der sammenlignes med nogle simple setpunkter. F.eks. styrer en termostat på en radiator ved at måle temperaturen tæt på radiatoren. Ud fra indstillingen som brugeren har sat, vil det automatiske del af ventilstyringen, åbne og lukke væskestrømmen og dermed tilføjes af varme, indtil en øver setpunkt bliver målt og dermed energistrømmen stoppet. Der er ingen kommunikation involveret og dermed er det ikke del af det foregående emne om cloud osv.

En første inddragelse af kommunikationsteknologier er sket ved f.eks. at overstyre en termostat udefra – her var Nest³ det første større bud i denne retning. I dag kan man overstyre en helt almindelig termostat udefra, hvor den kan fungere som både lokal automation og som fjernstyret. I en sådanne service, ligger alt beregning og evt. intelligens udenfor bygningen, typisk på en cloud, kunne dog godt lægges lokalt i en "edge" og/eller CTS anlæg. Principielt er der ingen begrænsning på, hvilke former for styringsmetoder der anvendes på sådanne styringer, da man "derude" kan anvende hvad man ønsker, evt. tilbyde mange former for styring uden at ens udstyr skal udskiftes. Også vil en sådanne

³ Nest termostater: <https://ing.dk/artikel/google-bliver-ny-danfoss-konkurrent-165595>

styring kunne udnytte alverdens viden og eksperter til at bygge styringen. En forbruger kan dermed få det bedste for en god pris.

Styringer kan forholde sig til forskellige aspekter, f.eks. de lokale forhold, men også vejret og helt andre ting der påvirker et bygning. Det kunne være årstiden i form af sommer-vinter, hvormed styringen tager hensyn dertil – Ved solskin, vil vinteren kunne opvarmningen skrues ned i tiden og spare varme da solen senere kommer til at kompensere for denne manglende varme. Om sommeren kan man køle ekstra om natten, så man ikke behøver så meget køling om dagen, hvor man i forvejen skal køle.

Når man anvender meget avanceret viden om bygningen vil man f.eks. beregne bygningens forventede opførelse på basis af bygningsmodeller, dvs. matematiske beskrivelser. Styringer der bygger på sådanne modeller kaldes for "Model Predictive Control", kort MPC. Forskning indenfor dette område foregår på DTU⁴, hvor man har udviklet en hardware løsning som muliggør lokal tilpasning og automatisk læring fra de målinger der gøres på stedet (dette kaldes ofte kunstig intelligens). Også Aarhus Universitet⁵, SDU og andre er aktiv i denne sammenhæng.

Det skal ikke overses, at sådanne modeller er ganske "simple" og har kun få parametre/egenskaber de forholder sig til. Modellerne bliver typisk inddelt i

- a) "sorte", som bygger på målinger og ikke tager hensyn til, hvad målinger repræsenterer. Fordelen her er, at metoden kan bruges til alle mulige fænomener og ikke kræver nogen viden om det man vil styre eller modellere. Beregninger i disse modeller er meget hurtige men kan være fysisk forkerte.
- b) "grå", som ligner de sorte modeller, men her tager man udgangspunkt i den fysik man har at gøre med. For bygninger kunne det f.eks. være at man tager hensyn til arealer, varmetabsegenskaber osv. Disse modeller er altså en blanding mellem sort og hvid, og et kompromis mellem enkelthed og fysisk korrekthed. De kan typisk beregnes hurtige.
- c) "hvide" modeller der bygger på fysikken og viden om fænomenerne. Det bliver ofte nogle meget krævende modeller hvor man har mange parametre, og beregningerne tager derfor lang tid. Dermed er de ofte ikke anvendelig i styringer, hvor tingene skal gå hurtige.

Når man styrer kun lidt frem i tiden, så er det måske ikke så problematisk at en beregning tager et minut. Derfor vil de hvide modeller kunne anvendes her og præcisionen forventes at være højst for disse modeller, hvis de er opbygget realistiske. I forhold til styring i bygninger er dette tilfældet, da forandringer i temperaturen typisk er små og langsomme. Når vi derimod skal prædiktere varmeforbruget flere timer fremad og vi samtidig vil finde en "optimalt" styring over denne periode, så skal der rigtig mange beregninger til og dette kræver hurtige beregninger og her er de sorte og grå modeller mest anvendelige.

7.4 DATA OG BIG DATA

Data, i nærværende sammenhæng, er normal temperaturmålinger man opsamler et eller flere steder i bygninger, typisk en per radiator, eller en pr. zone. Dette skaber data som man traditionelt ikke har holdt styr på. Man var tilfreds med at kunne afregne en gang om året og

⁴ DTU under John Bagterp Jørgensen, DTU, <http://www.dtu.dk/service/telefonbog/person?id=32457&cpid=109451&tab=1>.

⁵ Steffen Petersen på Århus Universitet <http://pure.au.dk/portal/da/stp@iha.dk>

havde kun brug for få målinger. Dette krævede ingen IT-systemer. Med indførelse af smarte metre (e-meter) har man helt andre muligheder – disse bliver dog for de allerfleste bygningsejer og driftsselskaber ikke udnyttet ret godt. Man henter måske en værdi pr. måned ned på sine lokale computer.

Der skyder nye firmaer op som vil lave om på dette og gør smarte metre mere værdifulde og give bygningsejere mere styr på deres energiforbrug, bedre indeklima osv. Disse firmaer og også universiteter der forsker i dette emne har forskellige metoder at arbejde med.

Det skal bemærkes at smarte metre ikke nødvendigvis er født med muligheden at aflevere deres data over internettet og de er ofte også begrænset til at levere det der kræves af forsyningselskaberne – her er kravene ekstremt præcise og man tillader ikke andre til at komme ind på disse data. Hvis en bruger alligevel vil have nogle data ud, så skal det gøres over enten en ekstra kanal der ligger i udstyret, men ofte ikke findes, eller man kan gøre det med at udbygge måleren med en ekstra kommunikationskanal – det har også den fordel at modtageren selv kan bestemme frekvensen for dataopsamlingen. Forskningsprojekter som EnergyLab Nordhavn blev overrasket over disse forhold, da de skulle komme i gang med teknologierne. Her var den danske firma Develco frontløber på den internationale markedet og hjælp ved disse første forsøg.

7.5 ANALYSER, ALGORITMER OG "INTELLIGENS"

En ting er at man har mange data – det gør en styring ikke smart.

I de senere år har man anvendt de mange data til noget der mener om "manuel" styring, hvor man har analyseret dataene og opbygget modeller der matcher dem. Styringerne blev så indstillet efter disse modeller.

Analyserne af dataene byggede ofte på statistisk-matematiske metoder, som er tilfældet for mange styringer i dag. Her er de "sorte" og "grå" modeller, repræsentanter af. Sådanne analyser kan være meget omfattende og krævende og her kan der nævnes "clustering" som er en metode for at gruppere f.eks. bygninger efter deres energiforbrug. En sådan klassificering er udført på basis af traditionel statistik af SBI for et EU projekt og resultatet blev en bred anvendt typologi der kaldes Tabula⁶. Klassifikationer kan være meget avancerede og her kan der nævnes "clustering" og tidsrækkeanalyser som metoder.

"Artificial Intelligens" kunstig intelligens eller "machine learning" er to begreber der bruges metoder der lærer af deres system og automatisk tilpasser sig. Dette kan ske ved at se på de data der opsamles af systemet selv og lære herfra. Dette kan medføre styringer direkte, lignende en radiatorventil, men det kan inddrage data at tilpasse modeller der igen bruges til at styre systemet. F.eks. kan man se på en målerække og se, hvordan målingerne normalt er. Disse normale forløb kan så sammenlignes med de aktuelle målinger og fange situationer der ikke er normale og reagere på dem - når der f.eks. er en lækage i et rørsystem. Når man har mange data, så er disse metoder ekstra gode.

Under overskriften "big data" kan man, ud over egne data, sammenkøre data man ikke har indsamlet til en givet formål eller inddrage informationer fra eksterne kilder. Her kan data fra målinger sammenkøres med viden fra databaser og registre. Dermed vil man kunne vide en del om en bygning bare ved at se i BBR-registret, vide hvor meget areal der skal opvarmes, hvor gammelt og velisoleret bygningen kan forventes at være osv. Derfra kan man automatisk tilpasse sin styring til bygningen uden at der skal laves indgreb af nogle teknisk personale.

⁶ Tabula typeinddeling af europæiske boliger/bygninger: <http://webtool.building-typology.eu/?c=dk#bm> og det efterfølgende Episcopo: <http://episcopo.eu/index.php?id=97>.

Ved at inddrage personlige data i sådanne big data løsninger, så som dynamisk måling af tilstedeværelse, vil man kunne styre derefter. Man kan f.eks. "tracke" mobile enheder – er der mange mobiltelefoner i bygningen, kan man styre efter det og øge ventilationsmængde passende.

Ved at se ind i personers kalendere vil der være mulighed at styre frem i tiden og forberede bygninger til situationer der forventes at opstår senere.

Når man har mange data fra mange bygninger, kan man bruge automatiske klassifikationer for at gruppere bygninger der opfører sig lignende. Her har CITIES⁷ projektet gjort første erfaringer med at kombinere en eksisterende klassifikation med modellering, samt at anvende de overfor nævnte clustering. Ud fra gruppernes egenskaber er der dannet matematiske modeller der så kan anvendes til styring og forudsigelse af bygningernes opførelse, dvs. til styring.

For at dette tager hensyn til forskelle i bygninger, anvendelser og brugere, skal der lægges en statistisk spredning på, hvilket ikke er demonstreret i det nævnte projekt. Derimod er der vist alternative metoder der bygger modeller op fra dataanalyse^{8,9} og statistiske metoder.

Konkluderende for denne afsnit er, at teknologiske muligheder, sammen med kreativitet vil presse udviklingen af styringsmuligheder for bygninger i retninger vi ikke i dag kan overskue. Disse ideer vil hen ad vejen falde til ro og det vil være helt almindelig at man vælger mellem forskellige niveauer for service.

7.6 BRUGERINDDRAGELSE OG FORMIDLING

Bruger bestemmer forbruget af energi og andre ressourcer og er den mest afgørende faktor. Der findes mange rapporter der viser at forbruget kan være mellem 4 og 8 gange større den bolig der bruger mest i forhold til den lejlighed der bruger mindst¹⁰. Det samme lejlighed har meget forskellig energiforbrug, afhængig af hvem der bor der, selvom det er samme antal personer. Derfor er det afgørende vigtig at disse personer bliver taget med i de løsninger man tænker sig.

Da brugere er så centrale for energiforbrug og andet forbrug i bygninger, er det også afgørende at disse brugere bliver informere om deres "opførelse" og de konsekvenser dette har på bæredygtighed. Sådanne kommunikation kan formidles på flere forskellige kommunikationskanaler til brugere. Moderne radiatorventiler formidler temperaturen direkte på en lille skærm, og det er også udbredt at have en central display i boligen der formidler flere informationer om indeklimaet (Danfoss Living¹¹), og er i de senere år velintegreret med vores mobile devices som "Apps".

Sådanne kommunikation kan anvendes til at informere og dermed påvirke indgreb. En smart app vil informere, hvad brugeren skal gøre for at resultatet bliver fornuftig, f.eks. at skru ned for radiatoren i stuen eller lukke vinduerne. En endnu mere smart system vil sikre sig at

⁷ CITIES forskningsaktivitet med klassificering af bygninger: [http://smart-cities-centre.org/ demo-projects/ hhv](http://smart-cities-centre.org/demo-projects/hhv). "Building Energy Demand Modelling" og " Smart Meter Data Analytics".

⁸ [http://orbit.dtu.dk/en/publications/occupancy-and-occupants-actions\(214dd0eb-43e3-4882-bbb3-ca0f4ceaf39c\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/occupancy-and-occupants-actions(214dd0eb-43e3-4882-bbb3-ca0f4ceaf39c).html)

⁹ <http://pure.au.dk/portal/en/persons/steffen-petersen%2854964792-e8e4-484f-b692-b18d6d7aa90a%29.html>

¹⁰ <http://sbi.dk/Pages/Smart-Energi-i-Hjemmet.aspx> 191 huse i Middelfart er blevet undersøgt. Der findes mange flere sådanne undersøgelser.

¹¹ <http://smartvarme.danfoss.dk/> som er såvel en væghængt skærm, men også kommunikerer gennem mobile Apps.

radiatoren og vinduer forholder sig til hinanden. Dette er muligt i dag, men ret få gange implementeret.

Kombinerer man de nævnte ideer, vil man finde på at udnytte "big data" muligheden ved at sammenligne ens forbrug med naboers, eller med dem der ligner. Man vil blive gjort opmærksom på, at din forbrug er meget højere i dag end dine naboer¹².

Flere byer og kommuner har lagt sig i sælerne for at informere om forbrug i bygninger og byer. EnergyLab Nordhavn i København, har en hel udstilling om disse aspekter i deres Showcase hvor man kan se meget konkrete løsninger. State of Green er den Danske Industries udstilling af landets samlede tilbud.

7.7 STYRINGSMÅL

Historisk har man åbnet døre og vinduer for at køle sin bolig eller får frisk luft ind. For at undgå at fryse har man, ud over at tænde ild, taget mere tøj på eller er krøbet under dynen. Tolerancen for indeklimaet var større og blev styret personlig eller lokalt, dvs. komforten blev oplevet anderledes standarderne i dag kræver.

Med Prof. Fanger, DTU i spidsen blev "indeklima" et emne der har hævet oplevelsen af behag i bygninger til en ny højde og man har forståelsen for at en styring skal tage hensyn til flere parametre, at ikke alle brugere oplever indeklimaet lige og andet. Styringerne tilpasses tilsvarende til at kunne håndtere ikke kun efter temperaturen men også efter fugt, solstråling – og ikke mindst vil disse andre parametre påvirkes af systemet for at være i en komfortzone.

Gennem Smart Cities tendensen øges antal "hensyn" man skal tage i et bygning. Nu er det også et behov, at man styrer bygningen således, at også de omgivende systemer kan køres optimale, f.eks. fjernvarmenettet og elnettet. For det sidste er der indført et nyt udtryk "fleksibilitet" som bruges i en meget snævert interpretation, som egenskab at kunne tilpasse bygningens behov for varme ud fra det der passer systemet bedst. Her tænkes der to overordnede måder at få forbrugere til at opføre sig som systemerne har behov for a) direkte styring som anvendes i USA hvor energiselskaber fjernstyrer deres kunders huse. I Europa er man ikke helt så glad for sådanne indgreb fra eksterne firmaer. Derfor går man i retning af "markeder" – simpelt forklaret dannes der en pris på markedet som man udbyder og kunder kan forholde sig til. Når prisen går op, vil mange producenter byde ind, men forbrugere vil holde sig tilbage. Det hele er tænkt dynamisk. Forecasting bliver en vigtig parameter, at forudsige, hvad der kommer til at ske og styre efter det mest fordelagtige. Fremtidens bygninger skal kunne tage hensyn til sådanne krav og ønsker udefra.

De mange områder som er nævnt i de seneste afsnit i rapporten, er aktuelle forskningsfelter. Forskningscenter CITIES er et forsøg på at samle de mange emner på tværs af forsyningssystemer, el, varme, køling, gas, transport og vand, ved at lægge et lag "intelligent ICT teknologi" ovenpå. Centret har sin hjemmeside på <http://smart-cities-centre.org/> - her er der mange løsninger præsenteret i rapporter, publikationer, men også tekniske løsninger som sektoren kan anvende og videre udvikle.

Robusthed er et ord der mangler opmærksomhed. Det viser sig at systemer der består af flere ikke-koordinerede dele, ikke kommer til at fungere ret effektivt sammen. Som flere dele der kommer til, som flere delstyringer der kommer til, som mindre stabilt er en styring og mindre robust er det tekniske system. Emnet nævnes kun her og overlades til senere håndtering.

¹² Rapport om at anvende målinger, anvende dem i brugerinddragelsen og se på påvirkninger heraf <https://alexandra.dk/sites/default/files/downloads/%20PROAK%20RAPPORT-artwork.pdf>.

7.8 ABSTRAKTION OG GENERALISERING

Lignende det klassifikation af bygninger, som er nævnt ovenfor, ville man kunne klassificere "zoner" som den mindste enhed som man kan styre. Dermed ville man kunne udbyde en meget avancerede styringer, meget økonomisk ved at dele dem med mange zoner.

Andre abstraktioner kunne gå på teknologier – f.eks. vil bygninger med gulvvarme styres anderledes end dem med radiatorer. Sådanne abstraktioner vil kunne kombineres med det teknologier der er beskrevet ovenfor.

7.9 UDVALGTE DANSKE PRODUCENTER, PRODUKTER SOM ER BASIS FOR DEN DANSKE ØKONOMI

Develco Products, NorthQ, IC-meter (multi-protokol løsning fra Bang & Olufsen), Insero, Science Cloud for Cities, Danfoss, Grundfos, Desmi, Enfor, EMD International, Neogrid m.m.

8 MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) FOR BYGNINGSSTYRING

I denne afsnit ser vi på en styringsform som tilskrives en stor betydning, da denne kan

Kontrol af bygninger er for mange små bygninger stadig på et simpelt niveau der styrer en ting ad gang og man skal have adgang til styringsenheden for at ændre på den. For at undgå at skulle gå rundt i et stort bygning og styre det hele, er der udviklet centrale styringer CTS som står for Central Tilstandskontrol og Styring. Dermed kan man styre store og komplekse bygninger fra en fælles central uden at skulle tilgå hver enhed. I denne udvikling var det naturligt at kontrollere denne centrale styring "udefra" (remote). Dermed er det muligt at "flåde styre" sine bygninger.

Med denne tendens om fjernstyrede centrale styringer er der samtidig indført en teknologisk udvikling der øger kravet til beregninger, da man f.eks. bruger modeller til bestemmelse af en given setpunkt i en styring, eller der anvendes forudskuede, prædiktive beregninger til at styre "smart". Dette sker i kombination med at en sådanne beregningstungt beregning overføres fra specificerede "PLC" computere til held almindelige og billige computere som Raspberry Pi og andre. Mens de lokale løsninger passer til "edge"-paradigme, så passer de centrale former mest til "fog" og "cloud"paradigmer, diskuteret andet steds.

Styringsprincipperne har udviklet sig gennem hele den tekniske udvikling, startende formentlig hos grækerne. Første styringer er meget simple og kaldes PID for "proportional-integral-derived control". Her har man en måling eller flere, der giver os indblik i systemets tilstand. Med dette viden og en opsamling af fejl ved en sådanne styring som kan medtages som korrekturløst, vil PID styringen kunne afgøre i hvilke tilpasning af styringen skal ændres for at opnå en ønsket resultat.

Eksempel: Sempel styring eller PID: En radiator har en øvre setpunkt som brugeren kan indrette på selve termostatventilen. Er den målte temperaturen i rummet lavere end setpunktet, så åbnes ventilen og væskestrømmen tilføje varme til rummet. Når temperaturen i rummet når det niveau der er sat til at være den øverste, så lukkes ventilen. I en simpelt, direkte kontrolenhed vil størrelsen for, hvor meget ventilen åbnes eller lukkes være givet i hardwaren, mens der i en PID kontroller kan anvendes ret avancerede "modeller" til dette.

PLC: er en styring der anvender en "programmerbar" styring. Typisk er der en styringsenhed som har indbygget en mindre computer der er skabt til formålet. Udviklingen er i høj grad frembragt i procesindustrien, hvor hele procesanlæg skal styres koordineret. Det kan nævnes at firmaet Balslev i Herlev har direkte overført deres erfaringer fra processer til bygninger med stort succes, da man dermed havde en "interoperabel" løsning, dvs. en løsning hvor komponenter fra forskellige producenter, arbejder sammen. Dette er langt fra tilfældet i byggeriet og er et problem stadig i dag. PLC styringer kan principielt også implementeres som en helt almindelig computerstyring og dermed bliver forskelle mellem forskellige styringer udviskede.

MPC står for "Model Predictive Control". Der findes lignende metoder der ikke gennemgås her, f.eks. "Dynamic Matrix Control", "Model Algorithmic Control" og andet. Det er ikke op til nærværende rapport at vurdere disse, men det fremgår helt klar af litteraturen på området og de aktiviteter der foregår på universiteterne, at MPC synes at være den dominerende løsning der udvikles på. Principperne her er at der anvendes "modeller". Disse kan være meget simple eller ekstrem avancerede, hvilket modtynges af den beregningstid der kræves af avancerede modeller. Dette kommer stærkt til udtryk når der ønskes en "prædiktion", forudkontering af de styrede parametre og resultatet frem i tiden, og yderligere mere, når der også ønskes "optimale" prædikteringer. I dette tilfælde skal der regnes tusinder gange for at finde de optimale kombinationer af styringsparametre for en given tidshorisont, for hvilken man ønsker forudsigelser.

Modellerne i en MPC kan skabes på forskellige principper, disse kan være "black-box" og dermed udelukkende skabt på basis af målinger uden krav til f.eks. fysiske egenskaber, eller på "grey-box", hvor man har en simpelt fysisk beskrivelse der skal overholdes af den vælgte model. F.eks. vil en simpelt fysisk model af et bygning tage hensyn til at varmetabet afhænger af bygningens areal og varmetabsegenskaber, mens den første metode ikke gør det.

Principperne er så typisk at man skaber et model for selve det man repræsenterer, bygningens energiforbrug og temperaturer. Dette kan f.eks. gøres i en Kalman-filter model. Modellen vil ikke være fuldstændig repræsentativ og derfor holder man styr på fejlene i prædikteringerne i forhold til de resultater man får som feedback fra målingerne. De fleste systemer vil "lære" af disse fejl og tilpasse deres egenskaber, parametre, således at fejlien minimeres over en bestemt periode. Givet en prædikteringshorisont og en valgt opdeling af tiden (tidsskridt), dvs. hvor lang i tid man ønsker at vide, hvordan udviklingen kommer til at gå, så er opgaven at finde de fremtidige tilstande for hver tidskridt for denne periode. Det er klar at tilstanden tæt på nutiden matcher bedre end hvis vi ser langt frem i tiden. I den endelige styring vil man anvende den styringstilstand som er beregnet et tidsskridt frem i tiden, hvorefter hele proceduren gentages.

Et sæt løsninger for alle tidstrin frem i en bestemt horisont, sammen med korrektioner, kan give flere løsninger. Derfor ønsker man en optimal løsning efter den/de parameter/-re der ønskes styret efter. Derfor skal beregningen gennemføres mange gange med given kombinationer af parametre og der ønskes fundet den bedste bud. Sådanne optimering kræver enorm mange beregninger. Det tager også tid på computere og det sætter begrænsninger på hvor kompliceret et model man kan håndtere – derfor simple modeller.

Som nævnt er der nyeste tendenser at lægge komplicerede styringer ud på computere som edge løsninger – her er Raspberry Pi en velkendt, billige standardcomputere. Samtidig kan disse løsninger lægges på kraftige computer på cloud og dermed kan store computerressourcer anvendes for mange bygninger samlet.

Det er vores vurdering at MPC teknologien ikke er modent til almindelig personale ser drifter vores bygninger. De er enten forud programmeret (produkter), eller styres andet steds (remote) af specialister.

CITIES projektet har udviklet en software-pakke der er for tiden verdens hurtigste af sin slags¹³ og et eksempel på en Raspberry Pi, MPC som kan tilpasses over en software der medsendes hardwaren¹⁴.

Eksempler for anvendelser findes i forskergrupperne omkring Henrik Madsen, DTU, sammen med John Bagterp Jørgensen, AU omkring Steffen Petersen og SDU omkring Bo Nørregaard Jørgensen.

8.1 KONSEKVENSER AF NYESTE STYRINGER

Forbedringer af styringen vil have flere årsager og dermed afhænger estimering af forbedring af styringen af, hvad man tager med i sine vurderinger. En PID-styring vil have en hvis fejl i form af estimere forkert og at svinge frem og tilbage. Man kunne tage udgangspunkt i denne styring og se hvilke forskel der er til en mere omfattende styring. Eksempler kan findes af hhv.

Ud fra litteraturen finder vi følgende estimater for den overordnede forbedring af givne størrelser:

En vejledning til bygningsinstallatører, vurderer Videnscenter for Energibesparelser for Bygninger under værktøjer til serviceteknikkere, at der kan spares op til 30% af anlæggets energiforbrug ved at opgradere og indstille en CTS-anlæg¹⁵. TI har i nogle år kørt en kampagne hvor de gennemgik større bygninger og ved simple tilpasning af setpunkter kunne de spare 20-25% som nok skal ses som fejlstyring.

Herudover ville man kunne forvente yderligere besparelser som en simple styring ikke vil kunne tilbyde, f.eks. ved at forudsige vejret og dermed behovet mere præcist.

Nielsen et al.¹⁶ viser at en installation af en CTS styring i en ventilation vil medføre øget energiforbrug som uden ekstra indsats ville medføre en øget energiforbrug på 41% af den elektriske energi som et BR2020 bygning kan anvende, med en optimering kan der fås en mindre forbrug på 14%, hvilket gør det relevant at overveje. Vi går ud fra at de følgende estimater har denne ekstra energiforbrug til styring med i deres overordnede tal.

Halvgaard, R. et al. har estimeret den økonomiske besparelse af at anvende en e-MPC, dvs. en MPC der optimerer den økonomiske besparelse af en bygningsstyring til at være mellem 25-35% af omkostninger til elektriciteten (ikke vandforbrug). Her var der anvendt prædikteringsmodeller for såvel vejret som elpriserne¹⁷.

¹³ <http://smart-cities-centre.org/solutions/>

¹⁴ <http://eurisco.dk/proof-of-concept/smart-house-controller/>

¹⁵ http://www.byggeriogenergi.dk/media/1352/pjece_installations_vaerktoejer.pdf vejledning til gennemgang af bygningsinstallationer.

¹⁶ Nielsen, M. R., Tholstrup, S., & Hviid, C. A. (2017). Potentielle energibesparelser i CTS-systemer i

kontorbygninger. H V A C Magasinet, 53(3), 30-35.

¹⁷ Halvgaard, R., Poulsen, N. K., Madsen, H. & Jørgensen, J. B. (2012), Economic Model Predictive Control for Building Climate Control in a Smart Grid, *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT)*. IEEE, p. 6175631, 6 p.

Treado, S. and Chen, Y. (2013)¹⁸ giver følgende meget explicit estimat:

The centralized and the distributed MPC strategies can reducing the energy consumption with 13.4% comparing to conventional P, PI, On/OFF control (for a selected day)

Meget heraf bliver sparet, da man undgår fejl. Det kan evt. opnås med bedre overvågning m.m. og dermed kunne der diskuteres om det er styringen der giver besparelsen.

Privera, S. et al. (2011)¹⁹ finder besparelse på 17-24% på et stort universitetsbygning (kontorbygning) for et MPC-kontrolsystem med vejrprædiktering, i forhold til det de kalder en godt indreguleret kontrolsystem.

Nærværende undersøgelse er ikke omfattende nok for at kunne viser præcise de muligheder som en styring kan medføre i form af energimæssigt eller økonomisk besparelser. Den korte undersøgelse viser dog klart, at der er relevant store potentialer i denne, hvor udlusning af fejl er en slags biprodukt heraf.

8.2 FLÅDESTYRING AF ZONER I FLERE BYGNINGER

I nærværende projekt findes der frem til at mange enheder i byer har samme forhold. Det virker naturligt at en sådanne enhed er et "rum"/zone i et bygning. F.eks. ønskes indeklimaet forskellig fra et soveværelse over en stue til et køkkenet. Ved at samle lignende zoner under samme styring, postulerer nærværende rapport, ville investering i zone-opdelt styring være minimale.

Konceptet virker fornuftig fra en logisk synsvinkel og kan ret enkelt implementeres i avancerede bygninger for at dokumentere om ideen holder. Der skal dog undersøges om dette også viser sig gyldig i virkeligheden. Derfor skal ideen afprøves og dokumenteres i en fuldskala-forløb der starter ved et enkelt bygning, udvides til evt. flere bygninger og evt. et sammenhængende område. Ideen ville kunne give virksomheder på området nye muligheder, hvor nye servicen kunne tilbydes.

8.3 CENTRALE VERSUS INDIVIDUELLE VARMEPUMPER

Styringer af såvel centrale som decentrale varmpumper kan udføres med avancerede styringer der tager prædikteringer med i deres beregninger. Der findes for store anlæg eksisterende software der delvis gør dette – her kan der nævnes firmaerne Enfor, EMD International og Neogrid, men der findes mange andre og firmaer der arbejder med kunstig intelligens øger deres opmærksomhed på energiområdet gennem de senere år og vil bidrage med alternativer – her kan f.eks. nævnes BuildingIQ.com, LeanHeat.com (Danfoss) og igen Neogrid.dk.

Det kan ikke afgøres om en central eller en decentral anvendelse af varmpumper vil være mest rentable. Dette behøves heller ikke da en kombination vil forekomme, lige som det findes ved anvendelser af solenergi i centrale og decentrale anlæg og hvor selvkonsumtion af energien styres mest af afgifterne. Hele emnet er påvirket af den offentlige styring der gør at en investering i dag kan ændre sig til en dårlig forretning næste år. Derfor vil vi se en mangfoldighed og dermed er der behov for at undersøge alle muligheder. Speciel for store anlæg vil MPC og andre avancerede løsninger være standarden, mens der for små anlæg afgøres dette af, om markedet udvikler simple løsninger til dette segment.

¹⁸ Treado, S. and Chen, Y. (2013) Saving Building Energy through Advanced Control Strategies, *Energies*, 6, 4769-4785; doi:10.3390/en6094769

¹⁹ Prívaraa, S., Siroky, J. Ferkl, L. and Cigler J. (2011) Model predictive control of a building heating system: The first experience, *Energy and Buildings* 43 (2011) 564–572

Det danske selskab Neogrid.dk er et godt eksempel på hvor vi er i dag med MPC, både i test i mindre og lidt større skala. Neogrids figur, der omtaler "Platform for Intelligent Energistyring" og Neogrids estimere effekt af Deres "black-box" BMC med det der fremgår af denne figur:

Nogle nøgletal fra figuren og med eksisterende vejrkompensation: 15% besparelse af varmedelen (dvs. uden elforbrug) og uden eksisterende vejrkompensation er besparelsen 20%.

PreHEAT resultat

Boligblokke, kontor og institutionsbyggeri

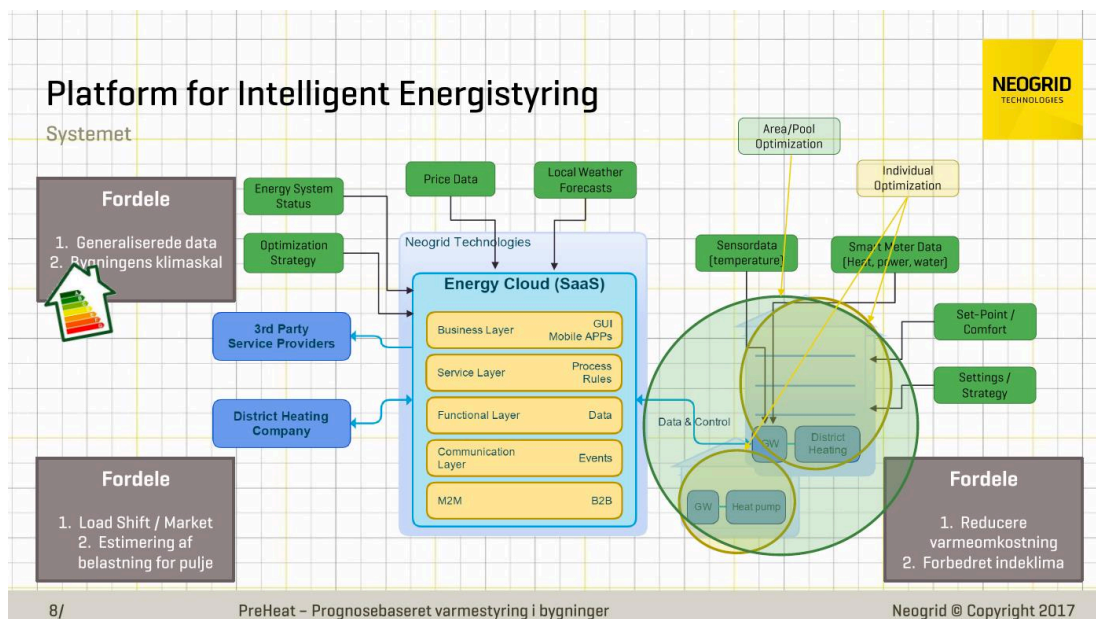
NEOGRID TECHNOLOGIES

- Med eksisterende vejrkompensering: typisk 15 % besparelse på varmedel *)
- Uden eksisterende vejrkompensering: typisk 20 % besparelse på varmedel *)
- Sænket varmekurve (mindst 10 grader)
 - Reduceret fremløbstemperatur giver mindre rørtab
 - Evt. bedre afkøling giver mindre volumen
- Overblik og overvågning har:
 - Identificeret indreguleringsudfordringer
 - Identificeret defekte termostater
 - Fastholdet god afkøling

Besparelse omfatter *ikke* energi til opvarmning af varmt brugsvand samt fjernvarmeregningsens faste del

20/ PreHeat – Prognosebaseret varmestyring i bygninger Neogrid © Copyright 2017

Elementer i et intelligent energistyringssystem i flg. Neogrid.dk i denne figur.



Danfoss og flere andre internationale selskaber har i mange år arbejdet med elektroniske radiator termostater (iTRV), indeklima sensorer og generelt digitale løsninger og IoT til at optimere varmeløsningen, indeklima overvågning samt digitaliseringen, som en MPC løsning kræver. Løsningerne kræver mere volumen for at tage fart inden for energiområdet end det er tilfældet i dag – men større fokus fra forsyningselskaberne vil fremme den udvikling.

Nedenstående tabel viser en oversigt og en kombination mellem zone-tankegangen (ca. 1750 i alt i en by som Tebstrup), samt digitale datapunkter (mere eller mindre intelligente), dernæst en MPC løsning samt udvalgte teknologier til et IoT netværk.

Forsyning og forbrug samtænk med energioptimeret bygninger
 1 MPC feed back til forsyningen - 2 Energioptimering med MPC

Datagrundlag & Parametre	Styring & Styringskomponenter	Teknologier -Trådløs -Komponentvalg -Økonomi
Byafsnit – Tebstrup, som eksempel. -Vand x 2: Varmt+Koldt -El Målepunkter: Ca. 3150 Data pr. døgn: Ca. 500.000	MPC: Ca. 12 boligklynger 30 stk. boliger i hver med ca. 150 zoner Styring & Forecast: Hvor mange zoner efterspørger varme (temp.) i hvilke timer det næste døgn	Trådløse teknologier: -WiFi -Zigbee -Z-Wave -EnOcean -NB-IoT -LoRa -Sigfox Behov: -Internet til borgerne -Intelligente Sensorer & enheder til MPC styring -MPC styring på alle 4 niveauer (1-4). Krav: -Pris: Installation & vedligehold -> Minimum
30 stk. Boligklynger / vejafsnit Svarende til ca. 150 zoner	Boligklyngen kører som én varmeblandesøjle evt. med central vandforsyning (varmebuffer – el og fjernvarme) for klyngen el. lokal veksler: Klynge = 150 zoner (MPC optimeret)	Behov: -Internet Router med multiradio: WiFi + Zigbee eller WiFi + BLE samt WM-Bus (målerne) Løsningsalternativer: 1: Internet Router med multiradio: WiFi + Zigbee eller WiFi + BLE samt WM-Bus (målerne) 2: Internet Router med WiFi samt et radionetværk med LoRa eller Sigfox til målere og sensorer (og 4G/5G)
350 bygninger Måler: 4 x 350 stk. -Varme -Vand x 2: Varmt+Koldt -El Sensor: Min. 1750 stk.	Trådløse målere x 4	Krav: -Pris: Installation & vedligehold -> Minimum
1.750 zoner Temperaturmåling & setpunkt pr. zone Option: VOC, CO2, RH Måling ca. hver: 10 min. eller det givne optimale	Trådløs temperatursensorer Digital radiator termostat og/el. gulvarme-system i integration Option: VOC, CO2, RH	

Her er opstillet 2 IoT løsninger, som kunne være aktuelle – løsning 1W med WiFi i bymiljø inklusiv en multiradio gateway til styring og dataopsamling fra sensorer samt målere i boligen. Der over for en LoRa løsning som dækker en hel by som Tebstrup med meget få radio gateways / dataopsamlingspunkter. Fordele og muligheder i denne tabel.

	Wireless 1 (W1): -Multi gateway med WiFi (802.11ax/ac) + Zigbee (el. BLE) + WM-Bus	Wireless 2A (W2A): -LoRa Wireless 2B (W2B): -LoRa til lokal GW	
Ventiler og pumper i fjernvarmenettet.	Trådløse std. anvendes typisk ikke i forbindelse med FV styring – så Ethernet anbefales el. en konvertering kan fungere	LoRa er ikke implementeret på det niveau.	<p>W2: 1-2 LoRa Radio koncentratorer Kan dække hele byen</p> <p>W1: Gadelamper med Multi radio gateway: +WiFi + Zigbee + WM-Bus Ethernet i vejen.</p>
Målere	Wireless M-Bus anvendes nu ofte til målere og typisk alle typer.	LoRa er meget begrænset anvendt til målere.	
Radiator aktuatorer Gulvarme	Der findes flere radiator aktuatorer, men dog ikke gulvarme-systemer	LoRa er slet ikke og endnu anvendt til udstyr inden for "Home Automation".	
Vægtermostater Indeklima sensorer Vindues sensorer	Flere løsninger med Zigbee el. BLE for alle sensortyper.		
Øvrigt	Mulighed for at udbyde WiFi til brugerne	LoRa giver store perspektiver for billig IoT	

FJERNVARME-VEKSLER STATION
 -ventiler og pumper
HUS/BYGNING:
 -måler: El, varme, kold og varmt vand
ZONE: Sensor-typer:
 -radiatorvarme:
 -gulvarme:
 -vægtermostat:
 -vindues sensor:
 -option: Indeklima sensor med fugt & CO2 & VOC

8.4 OPSAMLING

Hvor er vi i dag? Der findes et hav af løsninger som delvis er koordineret og arbejder sammen, mens andre udelukker hinanden eller kan ikke tale sammen. Der er et stort behov for en sammentænkning af de mange teknologier før vi kan høste gevinsterne.

De enkelte teknologier er udviklet på et niveau der mangler det allersidste der er nødvendig at helt almindelige installatører ville være i stand til at anvende dem. Lige nu synes det kun for specialister og forskere.

I forhold til at skabe meget omfattende styringer i bygninger, er udviklingerne med mikrocomputere som Raspberry Pi (3), en teknologi der er klar til anvendelse. IoT udviklingen er lige ved at være modent til anvendelse af almindelige mennesker, ofte som færdige produkter – Firmaet NorthQ²⁰, der udvikler systemer for mindre bygninger og for forskellige "protokoller", synes at have taget førerpositionen fra IC-meter²¹ i forhold til sådanne produkter. Se f.eks. hvad IoT Denmark²² tilbyder for sin SigFox netværk der dækker hele Danmark. Standardiseringen er nok den største hurdle i forhold til en endelig gennembrud.

er der frontløber virksomheder der tilbyder ret gennemførte bud for mange anvendelser, herunder Libelium²³ som har modne løsninger dog ingen til bygningsstyring. Dette blev demonstreret mulig af Heller og Orthmann (2014)²⁴.

For store bygninger er der desværre en overgang fra den meget velorganiserede CTS til en mindre koordineret ny "area" for styring. Der synes at være flere parallelle tendenser hvor de store virksomheder forsøger at beholde markedsandele, mens mindre virksomheder trænger sig på med de nye teknologier. Open source-projektet - OpenHAB²⁵ er vel det mest dominante i klassen, hvor åbne SCADA løsninger endda presser endnu større installationer igennem.

8.5 ANBEFALINGER

Den vigtigste anbefaling er angående standardisering. Der skal findes veje, hvormed en mangfoldighed af teknologier kan anvendes på sammenhængende platforme. Det har ikke hjulpet at bygningsautomationen har medført en masse ikke kompatible "protokoller" og dette er blevet yderligere forværret af IoT udviklingen i de seneste år.

Der er nok ikke mange der vil udelukke teknologi i deres fremtidige bygninger. Det må dog nævnes at denne vej også er muligt med naturlig ventilation og meget andet.

Ses der bort fra denne specialitet uden ret meget teknologi, så synes automation i bygningssektoren nødvendigt for at undgå de mange fejl som de ikke korrelerede systemer frembringer. Desværre er tendenserne for tiden endnu værre end før, da nu producentvirksomheder forsøger at øge deres markedsandele ved at gå fra produktion til service-orienterede virksomhed – produktet tilbydes over en lang årrække som en slags

²⁰ <http://northq.com/products/>

²¹ <http://www.ic-meter.com/what-is-ic-meter/>

²² <http://iotdk.dk/#news>

²³ <http://www.libelium.com/resources/case-studies/>

²⁴ Heller, A., & Orthmann, C. (2014). [Wireless technologies for the Construction Sector: Requirements, Energy and Cost Efficiencies](#). *Energy and Buildings*, 73, 212-216. DOI: [10.1016/j.enbuild.2013.12.019](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.019).

²⁵ <https://www.openhab.org/>

total-levetid-leverance evt. endda med finansiering og vedligehold. For at kunne gøre dette digitaliseres produkterne og flådestyring muliggøres. Hvis dette bliver udført i en standardiseret måde, er det ok, men med de mange protokoller, er dårlige løsninger der ikke er optimeret på tværs af systemerne, det normale vi må se frem til. Dette skal under alle omstændigheder undgås. Her giver NorthQ et bud på at skabe multi-protokol-løsninger. Samme er muligt på større platforme og SCADA løsninger (disse er dog ofte teknisk faldet bag om dansen). Der er demonstrationer af sådanne generiske løsninger der kan vise vejen, men disse er ekstremt dyre og på trods af en enorm vilje er dette ikke ligefrem lykkedes i EnergyLab Nordhavn for systemerne ikke var koordinerede og dermed fejl og dårlig effektivitet var resultatet.

Data er et central emne i nærværende sammenhænge. Mens teknologierne udvikles, er samlinger af data enormt vigtige. Dette lykkes dog ikke, selvom store forskningsprojekter i millionklasse, som f.eks. CITIES²⁶, har forsøgt det. De nyere tiltage om personbeskyttelse har sat en stopper i deling af energidata, da de pr. det nævnte lovgivning er personhenførbare data. Dermed tør virksomheder ikke dele energidata uden at gøre forsker og udviklere personlig ansvarlig for evt. fejlhåndteringer. Dette emne skal løses hurtigst muligt.

For at denne udvikling kan gennemføres skal der en hel masse uddannelse til i digitalisering, automatisering og ikke mindst gamle ingeniørtyder, matematik, statistik osv. Alternativt, skal værktøjerne bliver meget mere simple og anvendelige.

Der er et behov for at afprøve zone-styrede paradigme der er postuleret i den nærværende rapport. Det anbefales at søge et EUDP eller lignende projekt der kan afklare ideen første på mindre skala i en boligkompleks eller kontor og senere i et større bygningskompleks.

²⁶ <http://smart-cities-centre.org>

9 KONKLUSION

En fælles forsyning og en helhedsorienteret tankegang giver nogle muligheder, vi skal udnytte, analysere, demonstrere endnu mere. Der er en tendens til, at specielt landsbyerne går i retning af individuelle varmepumper og pillefyr, når varmeforsyningen skal løses. Det kræver ikke fælles beslutninger, kollektiv tilslutning og lokale ildsjæle, for at gå i den retning. Når oliefyret ikke kan mere, kan den enkelte boligejer kontakte den lokale vvs-installatør, og løsningen er i hus hurtigt og individuelt. Den individuelle vej er den letteste vej at gå. Det var også tilbagemeldingen fra den ene testby, Tebstrup i Skanderborg Kommune, som på borgermøde i det lokale forsamlingshus samt i dialog med boligejere ved energiscreeninger, var budskabet som primært kom frem.

Er det så vejen frem? – denne rapport har set på specielt 3 aspekter omkring kollektiv forsyning, og med udgangspunkt i varmedelen. En individuel tilpasset energiscreening, men alligevel med et fælles perspektiv om fordele ved fælles indkøb, kollektive entreprisetilbud samt måske fordele ved at udbyde og udføre det i klynger af et antal huse. Dernæst er set på flere alternativer til en fælles forsyning kontra individuelle varmepumper. Både energiscreening og varmeforsyning er dernæst kombineret med en vurdering af de nuværende muligheder inden for digitalisering herunder IoT og styringsperspektiver.

Det er overordnet rapportens vurdering, at der ligger flere udviklingsmuligheder i de kollektive perspektiver, og at det i højere grad vil opfylde Energikommisionens og Energipolitikens perspektiver for Danmark. Den helhedsorienteret tankegang og dermed at samtænke energieffektivitet, forsyning og digitalisering vurderes at være vejen frem. Det gælder også muligheder for organisering via eksisterende forsyningsselskaber og underentreprenører samt finansiering og den langsigtede stabile drift og vedligehold.

Det er rapportens konklusion omkring energiscreeningen, at det niveau der kendes fra kommuner og øvrige kommercielle bygningsejere, skal også bringes ud til private hjem, således at beslutningsgrundlaget bliver optimalt – både individuelt og kollektivt (akkumuleret). Det gælder både kvaliteten i de tiltag, som rapporterne lægger op til samt koblingen til forsyningen og digitaliseringen. Det sidste vil typisk kræve, at boligens varmeanlæg kan udnytte lav-temperaturfjernvarmen optimalt og på komfortmæssigt højt nok niveau. At de styringsmæssige perspektiver opfylder både lokale behov i boligen samt muligheden for integration op til forsyningen. Således at forsyningen få størst mulig gavn af data, og at data er pålidelige nok, at sensor og måler værdier er i overensstemmelse med krav fra forsyningen.

Den energiscreening der er valgt og udført i den sidste testby – Tebstrup, er således baseret på en stikprøve af ejendomme, som er karakteristiske for byen som helhed, og med fokus på reel inspektion af udvalgte boliger, med inddragelse af viden og måling i boligen. Viden om og hvordan boligen anvendes, måling og registrering af forbrugsdata samt grundig gennemgang af boligens klimaskærm herunder detailinspektion.

På baggrund af en stikprøve af boliger, gennemgang af BBR data samt visuel inspektion af resten af byen via kort og fysisk gennemgang af hele byen, er der sket en segmenteret tilgang til byen fra et forsyningsperspektiv og mulighederne i energireoveringsniveau. Tebstrup er på den baggrund opdelt i 3 segmenter (A-C), og i alt vurderes det at 246 ejendomme ud af 270 stk. har gavn af en form for energireovering, men at specielt 152 stk. vurderes ud fra rapporten økonomiske forudsætninger, at være reoveringsmodne. Energireoveringen af de 152 boliger giver en varmebesparelse på ca. 22% og en el besparelse på tæt ved 26%.

Rapporten lægger op til en samlet entreprise og en perspektivering, at en landsby som Tebstrup godt kan indgå en aftale med en eller flere entreprenører omkring energirenovering af en samlet pulje af boliger (152), over eksempelvis en årrække på måske 2-4 år. Det medfører udskiftning af ca. 1200 m² vinduer, montage af ca. 7.000 m² isoleringsbatts og op i mod 250 stk. cirkulationspumper inkl. montage. Det er en volumen, som vurderes at være attraktiv for én eller flere entreprenører og som ses tilsvarende i Kommunale ESCO entrepriser. Organiseringen er naturligvis afgørende, men nogle af de seneste kommunale ESCO entrepriser kan godt være eksempel til nærmere undersøgelse, som netop indgået med Ringsted Kommune og Kemp & Lauritzen, som ét perspektiv.

Rapportens perspektivering omkring energiscreening er, at volumen er tilstede for at indgå nogle samlede aftaler med én udvalgt entreprenør, der kan gøre investeringen endnu mere attraktiv. Fælles indkøb via én entreprenør og aftale om montage over måske 2-4 år kan have ESCO lignende karakter, i relation til prisgaranti, volumenpriser og kvalitetsudførelse. Dertil kommer mulighed og/eller krav til fælles finansieringsmodel via et forsyningsselskab og med en bank som bagvedliggende partner – er nogle perspektiver, som skal undersøges.

En fælles varmeforsyning er et andet centralt punkt for rapporten og konklusionen er, at lavtemperaturfjernvarme, for en del af byen, kan være vejen frem, og at energirenovering skal muliggøre og optimere den investering. Der er dog p.t. ikke god nok økonomi i at opdele denne boligklynge i 2 segmenter, hvor den bedst isolerede del modtager returvarmeledningen fra den anden klynge, for at opnå bedre afkøling (bedre drift af forsyningen med eksempelvis central varmepumpe) samt mindre fremløbstemperatur og lavere nettab. Tebstrup vil spare 6% på varmeprisen ved at holde fremløb på 45°C og retur på 30°C.

En af hovedkonklusionerne mht. forsyningen er, at en by som Tebstrup vil med fordel have 2-3 forsyningsklynger, og under rapportens forudsætninger er anbefalingen, 2 typer forsyning: Lavtemperatur fjernvarme (nærvare-løsning med central varmepumpe) og individuelle varmepumper evt. driftet af samme og fælles forsyningsselskab og afregnet via varmemaaleren. En yderligere opdeling af fjernvarmeområdet er ikke økonomisk rentable med rapportens forudsætninger – dels i et område, der modtager returledningen som primær forsyning, samt med varmepumper til at buster temperaturen, eller hvis der er tale om et område, der forsynes med et fælles brine-net. Dog anbefales det, at se på en differentieret tilgang til forsyningen, og med fælles driftsselskab samt langsigtet finansiering.

Energikommissionen taler generelt om digitalisering, ved bl.a. at opfordre til, at digitaliseringen skal udnyttes optimalt, der sker en rivende udvikling på det felt, og det skal være med til at styrke sammenhængen mellem forbrug og forsyning, og give forbrugerne nye ydelser. Digitaliseringen er også en væsentlig komponent i udvikling af et smart energisystem. Det er generelle termer og denne rapport har sat mere konkret ord på den udvikling, og det er primært opdelt i 2 områder – en netværksinfrastruktur (IoT) samt et styringskoncept omkring MPC teknologien og tankegangen om zone-perspektivet.

Det er rapportens konklusion omkring digitalisering (IoT, MPC, digitale komponenter og et zone-perspektiv), at udviklingen og fordelene primært drives kollektivt, via volumen samt ved en akkumuleret tilgang. Dermed kommer en kollektiv og fælles forsyning også udviklingen og nye produkter til gavn for slutbrugerne samt for en fælles aktør. Det anbefales at en fælles aktør, som et forsyningsselskab skal drive denne proces evt. med en eller flere teknologipartnere som underleverandører. Digitalisering indenfor boligsegmentet er nyt – kommercielt, men resultater fra større bygninger skal omsættes til mindre boliger, og gøres funktions- og prismæssigt mere attraktivt. Kollektive perspektiver skal fremmes og udnyttes mere både i relation til energirenovering, forsyning og digitalisering i et helhedssyn.

Bilag 1

Energirenovering uden energiscreening - case: Billum

Billum er beliggende i Varde kommune. Byen består af 221 husstande, som ifølge BBR-registeret hovedsageligt er opvarmet med biogas eller olie. I Billum har der de seneste år været stort engagement for energibesparelser på husniveau bl.a. med fællesindkøb af solceller. Der er ikke fjernvarme i Billum, men der er mulighed for tilkobling til fjernvarmenettet fra Oksbøl, som ligger ca. 3 km vest for Billum.



Luftfoto af Billum fra Google Maps.

Som det fremgår af ovenstående figur er Billum indkredset af store markarealer, som potentielt kan benyttes til solceller, solfangere eller jordvarmeslanger til produktion af vedvarende energi. Det kan også være muligt grundet den nære placering ved vestkysten, at opstille vindmøller til elproduktion.

Til beregning af energiforbruget er husstandene inddelt i grupper alt efter årstal. Inddelingen fremgår af denne tabel (Inddeling af husstande):

Bygningstype	Antal husstande
Ældre Parcelhuse	127
Nyere Parcelhuse	91
BR08 huse	3
Sum	221

Energiforbruget fremgår af næste tabel.

Årligt energiforbrug:	[KWh]
El	876.000
Varme	4.360.000

Årligt energibehov.

Ved energirenovering uden fysisk screeningsarbejde er det nødvendigt at lave antagelser om bygningsmasserne. Det vurderes at alle ejendomme der falder i kategorien ældre parcelhus (-1982) skal energirenoveres.

Energirenoveringen kan udføres til mange niveauer. Det vurderes at det ikke er fordelagtigt at energirenovere eksisterende bygningsmasse til nybyg-standard, men der vil være besparelspotentiale for de fleste husstande. Nedenstående klasser beskriver energirenoveringstiltag med omfang der kan udføres alt efter ambition om fremtidigt energiforbrug.

Renoveringstiltagene er inddelt i tre kategorier. Kategorierne beskriver omfanget af energirenoveringen og derved også størrelsen af investeringen i boligen. Tiltagene skal anses som minimumskrav for overholdelse af Klasserne. Hvis en ejendom allerede indeholder enkelte tiltag kan de betragtes som overholdt. For eksempel vil nybyggede huse kategoriseres som Klasse A hvis bygningsreglementets mindstekrav er overholdt. Ældre huse kan anvende listen som en guide til opgradering af ejendommen til en bedre Klasse.

Klasse C: *Mindstekrav* - Tiltagene oplyst i denne kategori skal udføres som minimum for alle husstande i plusenergiområdet. Disse tiltag medfører en reduktion af energiforbruget med mindst mulig investeringsomkostninger og lave tilbagebetalingstider (0-10år).

Klasse B: *Realistisk / Normal* - De oplyste tiltag i denne kategori er de almindeligste tiltag i en energirenovering. Disse tiltag medfører en markant reduktion af energiforbruget i boligen finansieret af en investering som ikke nødvendigvis er økonomisk rentabel. Tilbagebetalingstiden for tiltagene i denne kategori kan derfor være relativt høje (10-25år). Dette tiltag medfører dog en forøget merværdi i ejendommen samt et bedre indeklima.

Klasse A: *Idealistisk / Udvidet* - Disse tiltag skal medføre, at boligen opfylder bygningsreglementets gældende krav for nybyggeri. Dette betyder at det er nødvendigt med en gennemgribende renovering af ejendommen, hvor energibesparelsen ikke kan betale for renoveringsomkostningerne. Dog vil ejendommens værdi stige markant og kvaliteten af indeklimaet vil være som i et nybygget hus.

Konvertering fra Olie/gas

Som udgangspunkt skal ejendomme i et PlusEnergiOmråde opvarmes med miljøvenlige opvarmingskilder. Derfor skal eksisterende anlæg opvarmet med olie eller gas udskiftes med CO2 neutrale opvarmingskilder. Hvis muligt anvendes kollektiv forsyning af varme med nær- eller fjernvarme, men enkelte ejendomme placeret langt ude på ledningsnettet kan undlades tilkobling til det kollektive forsyningsnet og i stedet opvarme med miljøvenligt biobrændsel.

Klasse C:

Udskiftning af eksisterende fyr med mediet olie eller gas til nyt miljøvenligt anlæg. Etablering af nyt anlæg med fyring med miljøvenligt biobrændsel som f.eks. træpiller eller flis.

Klasse B:

Udskiftning af eksisterende fyr med mediet olie eller gas til nyt miljøvenligt anlæg. Det anbefales at tilkoble nærtliggende nær- eller fjernvarme hvis muligt. Ellers etableres nyt anlæg med fyring med miljøvenligt biobrændsel som f.eks. træpiller eller flis.

Klasse A:

Udskiftning af eksisterende fyr med mediet olie eller gas til nyt miljøvenligt anlæg. Det anbefales at tilkoble nærtliggende nær- eller fjernvarme hvis muligt. Ellers etableres nyt lavtemperatur varmeanlæg med jordvarme til en væske/væske varmepumpe. Hvis ikke jordvarme er til rådighed kan biobrændsel eller andre varmepumpeløsninger overvejes.

Udskiftning af vinduer

Hvis vinduerne i bygningen til opvarmede rum er med 2-lags termoruder fra omkring år 2000 eller tidligere er det rentabelt at udskifte vinduerne til vinduer med mindst 2-lags energiruder.

Udskiftning af vinduer medfører en tættere bygning. Dette medfører et øget behov for bortventilering af fugt for at undgå kondensdannelse og fugtskader.

Klasse C:

Rudeudskiftning således termoruder udskiftes til nye 2-lags energiruder eller bedre.

Det er nødvendigt at vinduesrammen er i tilstrækkelig god stand for at det er fornuftigt at udskifte ruderne. Hvis rammen er i dårlig stand eller det skønnes at restlevetiden er under 10 år skal hele vinduet udskiftes.

Klasse B:

Udskiftning af vinduer med 2-lags termoruder til nye vinduer med 2- eller 3-lags energiruder der overholder bygningsreglementets gældende krav.

Klasse A:

Udskiftning af vinduer fra før 2002 til nye 3-lags lavenergivinduer i Klasse A. I dette tiltag udskiftes både vinduer med termoruder og 1. generations energiruder ($U > 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Efterisolering af ydervægge

Rentabiliteten i efterisolering af klimaskærmen afhænger i høj grad af eksisterende mængde isolering og ydervæggens opbygning. Det er rentabelt at efterisolere hvis ydervæggen er opbygget som massiv ydervæg eller uisoleret hulmur.

Klasse C:

Efterisolering af uisolerede hulmure med granulat. Dette medfører en god besparelse på varmeforbruget samt resultere i varmere indvendige overflader.

Klasse B:

Efterisolering af uisolerede hulmure samt ind- eller udvendig efterisolering af massive ydervægge.

Der efterisoleres så gældende krav i bygningsreglementet er overholdt mht. varmetab igennem konstruktionsdelen. Hvis hulmur er isoleret med Leca udskiftes dette til ny isolering.

Det anbefales at efterisolere så den fremtidige isoleringsmængde er ca. 200mm mineraluld. Ved pladsmangel kan der anvendes en højisolierende skumbaseret isoleringsbatts hvor der kræves ca. 100mm isolering for at overholde nuværende krav. (F.eks. PUR-skum)

Klasse A:

Efterisolering af både uisolerede og isolerede ydervægge hvis den samlede mængde isolering ikke overskrider de anbefalede mængder i kategori b. Der efterisoleres så den fremtidige samlede isoleringsmængde er ca. 350mm almindelig isolering eller ca. 175mm højisolierende skumbaseret isoleringsbatts.

Efterisolering af loft/tag

Det er rentabelt at efterisolere lofter som er isoleret med 200mm isolering eller mindre. Oftest isoleres der med granulater af mineral- eller papiruld. Hvis der er isoleret til kip kræves samme mængde isolering, men prisen for efterisoleringen stiger.

Klasse C:

Efterisolering af loft med under 200mm isolering til en fremtidig isoleringstykkelse på mindst 300mm isolering. Ved efterisolering af tag skal der isoleres hvis den eksisterende isoleringstykkelse er 150mm eller mindre.

Klasse B:

Efterisolering af loft eller tag til en fremtidig isoleringstykkelse på mindst 300mm isolering.

Klasse A:

Efterisolering af loft eller tag til en fremtidig isoleringstykkelse på mindst 400mm isolering.

Reducering af elforbrug

Klasse C:

Løbende udskiftning af sprungne pærer til sparepære eller LED-pærer. Løbende udskiftning af udslidte hårde hvidevarer til nye produkter med A+-mærket som minimum. Grundig vurdering af mulige adfærdsændringer i boligen til reducere elforbrug.

Klasse B:

Udskiftning af belysning med gløde- eller halogenpærer til LED-pærer. Løbende udskiftning af udslidte hårde hvidevarer til nye produkter med A++-mærket som minimum. Grundig vurdering af mulige adfærdsændringer i boligen til reducere elforbrug.

Klasse A:

Udskiftning af belysning til LED-pærer. Udskiftning af hårde hvidevarer med et energimærke under A+ til nye produkter med A++-mærket som minimum. Grundig vurdering af mulige adfærdsændringer i boligen til reducere elforbrug.

Varmeanlæg

Dette tiltag indeholder distributionsnettet inden for boligen, med pumper, rørstrækninger, vekslere/holdere m.m.

Klasse C:

Efterisolering af rør i uopvarmede rum. Hvis muligt anbefales det at isolere med 50mm isolering. Udskiftning af ældre pumper til nye med lavere energiforbrug.

Klasse B:

Efterisolering af rør i uopvarmede rum med 50mm isolering hvor muligt. Udskiftning af ældre pumper til nye med lavere energiforbrug. Udskiftning af manuelle radiatorventiler til termostatstyrede radiatorventiler med enten forindstilling eller elektronisk automatik.

Klasse A:

Efterisolering af rør i uopvarmede rum med 50mm isolering hvor muligt. Udskiftning af ældre pumper til nye med lavere energiforbrug. Udskiftning af manuelle radiatorventiler til termostatstyrede radiatorventiler med elektronisk automatik. Etablering af vejrkompenseringsanlæg med mulighed for natsænkning af fremløbstemperatur.

Brugsvand**Klasse C:**

Efterisolering af varme rør og komponenter i uopvarmede rum. Hvis muligt anbefales det at isolere med 50mm isolering. Udskiftning af armaturer til vandsparende produkter.

Klasse B:

Efterisolering af varme rør i uopvarmede rum med 50mm isolering hvor muligt. Udskiftning af ældre pumper til nye med lavere energiforbrug. Udskiftning af armaturer til vandsparende produkter.

Klasse A:

Efterisolering af varme rør i uopvarmede rum med 50mm isolering hvor muligt. Udskiftning af ældre pumper til nye med lavere energiforbrug. Udskiftning af beholder/veksler til ny med høj virkningsgrad til dækning af ejendommens forbrug af varmt vand. Udskiftning af armaturer til vandsparende produkter.

CTS/Styring**Klasse C:**

Der installeres automatiske forbrugsmålere for el, vand og varme.

Klasse B:

Ved udskiftning af radiatorventiler til termostatventiler med elektronisk styring installeres et styringssystem så som et Danfoss One System.

Ved tilkobling til nær/fjernvarme benyttes der traditionel styring for at opretholde en fast fremløbstemperatur. Bygningernes varmesystemer opdateres således det er muligt at benytte vejrkompensering på forsyningssiden (produktion og net).

Klasse A:

Der installeres et styringssystem så som et Danfoss One System til at styre varmeanlægget i bygningen. Der etableres vejrkompenseringsanlæg til at sænke fremløbstemperaturen.

Ved tilkobling til nærvarme hvor de andre huse tilkoblet til samme værk er energirenoveret til klasse A er det muligt at lave en generel sænkning.

Mekanisk ventilation

Balanceret mekanisk ventilation giver på nuværende tidspunkt ikke en rentabel energibesparelse i sig selv, da tiltaget medfører et forøget elforbrug til at reducere varmekonsumet igennem et mindre ventilationstab. Dette er ikke rentabelt grundet en langt større pris pr kWh el end varme på nuværende tidspunkt. I fremtiden er planen at energi til

el og varme ensrettes på prisen samt primærenergifaktorer da el produceres med vedvarende energi og derfor ikke udleder CO₂.

Selvom etablering af balanceret ventilation med varmegenvinding ikke er rentabelt på nuværende tidspunkt anbefales det etableret i forbindelse med energirenoveringer, da en forøget lufttæthed i boligen ofte medfører problemer med indvendig kondensdannelse og skimmelsvamp. Ventilation medfører desuden en markant forbedring af det atmosfæriske indeklima og forøger ejendommens værdi.

Energibesparelse ved energirenovering

Energibesparelsen ved renovering af ejendomme er i dette afsnit regnet som en modernisering af eksisterende hus. Energirenoverede huse er opdelt i tre grupper med dimensionerende årsvarmebehov beskrevet i varmeståbien:

Klasse C: Energiforbrug svarende til et nyere parcelhus. Dimensionerende årsvarmebehov på 114 kWh/m².

Klasse B: Energiforbrug svarende til BR08. Dimensionerende årsvarmebehov på 92 kWh/m².

Klasse A. Energiforbrug svarende til et BR15. Dimensionerende årsvarmebehov på 40 kWh/m².

Årsvarmebehovet beskriver det årlige varmebehov i kWh og inkludere både energi til opvarmning og brugsvand. Der er også tillagt en sikkerhedsfaktor idet f.eks. fjernvarmeselskaber anvender årsvarmebehovet til dimensionering af ledninger og anlæg. Derfor kan denne værdi der anvendes til bestemmelse af den fremtidige størrelse af nødvendig energiproduktion for at være et PlusEnergihus.

Rentabilitetsberegning for omdannelse til Plusenergiområde

Til vurdering af rentabiliteten i omdannelse af Billum til et PlusEnergiOmråde, mens projektet stadig er i skitsestadie, kræves en række antagelser, der forringer pålideligheden i beregningen. Dog kan beregningen anvendes, som en indikator på størrelsesordenen af omkostninger og besparelser ved omdannelsen. Omkostningerne ved etableringen af et PlusEnergiOmråde er opdelt i to områder: Energirenovering af ejendomme og etablering af forsyning.

Energirenovering af områdets ejendomme

Det er antaget, at alle ejendomme i området opbygget før 1982 med en energiklasse under klasse C, reducere deres energiforbrug således det fremtidige energiforbrug er tilsvarende energiklasse C som vist i denne tabel.

Nuværende ejendom	Antal	Fremtidig ejendom	Fremtidig energiklasse
Ældre parcelhus (-1982)	127	Klasse C: Nyere parcelhus	Energiklasse C
Nyere parcelhus (1982-2007)	91	Uændret	Uændret
BR08 hus (2008-)	3	Uændret	Uændret

Tabel med energirenoveringsgrader.

Priserne for energirenoveringen er beregnet ud fra erfarings- og opslagspriser for energirenoveringstiltag. Den samlede pris for renovering af en ejendom, afhænger i høj grad af, hvordan den nuværende ejendom er opbygget og hvilke energimæssige egenskaber den har. Dette er data, der er umulige at producere uden en gennemgang af områdets ejendomme. Derfor er der regnet på den sikre side ved at antage, at alle bygninger har samme energimæssigt udgangspunkt. Dette medfører en høj pris til energirenoveringen, som kan anses som en sikkerhedsmargin til de andre tiltag. Prisen er indeholdt investeringen i tilkobling til fjernvarme.

Prisreduktionen på 20% skyldes mængderabat på håndværkere samt fællesindkøb af materialer.

Fremtidig renoveringsklasse	Antal	Omkostninger [kr./stk.]	Sum [kr.]
Klasse C	127	142.600 kr.	18.160.000
Reduktion			20%
Sum			14.530.000

Tabellen viser pris for energirenovering af områdets ejendomme.

Etablering af lokal forsyning

Området skal forsynes med elektricitet og varme. Der er beregnet to tilfælde for to forskellige udregninger af primærenergifaktorer for Danmark – Bygningsreglementets primærenergifaktorer (BR) og "fremtidens primærenergifaktorer" beregnet af Passivhusinstituttet (PH). Primærenergibalancen for et PlusEnergiOmråde skal være positiv og den påvirkes af den mængde energi, der bevæger sig ind og ud af området.

Billum opvarmes efter nuværende forhold hovedsageligt med olie og biogas. Ved omdannelsen til et PlusEnergiOmråde etableres en kollektiv varmforsyning med fjernvarme fra Oksbøl, hvilket kræver nedgravning af fjernvarmeledninger i byen og tilkobling på netværket i Oksbøl. Den primærenergi der anvendes på fjernvarmen fra Oksbøl, som importeres ind i plusenergiområdet, skal opvejes af lokal produktion af el fra vedvarende energi. I Billum og omegn er der store markarealer, som kan udnyttes til elproduktion fra solceller. Derfor opvejes den importerede primærenergi i form af fjernvarme med egenproduceret solcellestrøm, hvorved det samlede energiregnskab bliver positivt.

Efter energirenoveringen har området et energi- og primærenergiforbrug, der fremgår af denne tabel. Det er antaget, at 20% af det samlede varmeforbrug anvendes til opvarmning af brugsvand.

Energi form	Egentligt forbrug	Bygningsreglementet 2015		Passivhusinstituttet	
		Primær energi-faktor	Primærenergi [kWh]	Primær energi-faktor	Primærenergi [kWh]
El	876.000	2,5	2.190.000	1,3	1.139.000
Varme	3.901.000	0,8	2.497.000	1,7	5.306.000
Brugsvand	780.000	0,8	624.000	1,3	1.014.000
SUM			5.311.000		7.459.000
Nødvendig elproduktion			2.124.000 kWh		5.738.000 kWh

Beregning af nødvendig elproduktion i forhold til valgte primærenergifaktorer

Elforsyning

Som det fremgår af ovenstående tabel, er der stor forskel på den nødvendige elproduktion ved brug af de forskellige primærenergifaktorer. Dette skyldes, at faktorerne både påvirker den mængde energi der importeres og eksporteres fra området. Dette medfører, at den producerede el ved bygningsreglementets faktorer multipliceres med en faktor 2,5 til sammenligning med faktor 1,3 fra Passivhusinstituttet. De to solcelleanlæg der er kan producere nok elektricitet til omdannelse af Billum til PlusEnergiOmråde fremgår af tabellen nedenfor. Priser er ekskl. moms.

	Nødvendig elproduktion [kWh/år]	Solcelleareal [m ²]	Ydelse [MW]	Årlig produktion [kWh/år]	Anlægsomkostninger inkl. køb af grund [kr.]	Årlig indtjening [kr./år]
BR	2.124.000	16.400	2,46	2.137.000	27.310.000	1.026.000
PH	5.738.000	44.100	6,62	5.747.000	73.430.000	2.759.000

Solcelleanlæg til dækning af områdets primærenergiforbrug.

Ved beregning af produktionen fra de to solcelleanlæg er der anvendt timeværdier for et referencesår. Det er antaget, at anlægget kommer under 60/40-ordningen med støtte til elprisen igennem PSO. Al strøm fra solcelleanlægget sælges til det kollektive elnet til en elpris på 60 øre/kWh de første 10 år, hvorefter prisen sænkes til 40 øre/kWh. Solcelleanlægget er med monokrystallinske solcellepaneler med en effektivitet på 15%. Der er antaget et årligt tab i effekt på 0,5%.

Varmeforsyning

Til transport af fjernvarme i Billum skal der etableres et distributionsnet fra Oksbøl fjernvarmeværk til hver husstand i Billum. Distributionsnettet skal fungere som energileder og varmeakkumulering med mulighed for lagring af varme i nettet.

Længden af vejene i Billum er målt op og opgjort jævnført nedenstående tabel. Hvert hus kobles på distributionsnettet via en stikledning, som tilkobles brugernes interne installationer i husstandene. Stikledningerne forudsættes at være gennemsnitligt 10 meter pr. styk.

De samlede ledningslængder fremgår af tabellen. Med erfaringer fra tidligere projekter er en overslagsberegning af pris for etablering af distributionsnet i Billum udarbejdet.

	Ledningslængder [m]	Pris pr meter [kr./m]	Pris [kr.]
Transmissionsledning fra Oksbøl	2.500	1.881	4.703.000
Hovedledning	2.941	1.600	4.706.000
Stikledning	2.190	900	1.971.000
Samlet			11.380.000

Ledningslængder og priser for Billum

Der er ikke udarbejdet detaljeret ledningsdimensionering, men blot bestemt en ledningsdimension ud fra tidligere udførte projekter.

Besparselsen for etablering af fjernvarme i Billum er beregnet som en forbedret pris per forbrugt kWh varme jævnført nedenstående tabel.

Nuværende forbrug	4.670.000	kWh
Gennemsnitlig varmepris	0,97	Kr./kWh
Samlede omkostninger	4.548.000	Kr.
Fremtidig forbrug	3.901.00	kWh
Varmepris pr. kWh	0,50	Kr./kWh
Abonnement	1.123	Kr./husstand
Effektbidrag	4.139	Kr./husstand
Omkostninger efter	3.114.000	Kr.
Besparelse	1.434.000	Kr./år

Besparelse ved etablering af fjernvarme i Billum

Samlede rentabilitetsberegninger

Til beregning af den samlede rentabilitet for omdannelse af Billum til et plusenergiområde medregnes prisen for etablering af solcelleanlæg, etablering af fjernvarmeledninger fra Oksbøl fjernvarmeværk samt den samlede pris for energireovering af områdets ejendomme. Dette medregnes som én samlet pris og opvejes af den samlede besparelse ved lavere energiforbrug af husstande, lavere varmepris som følge af fjernvarmetilslutningen og indtægter ved salg af strøm fra solcelleparken. Herudfra udregnes en simpel tilbagebetalingstid samt en Nuværdi. I tabellen fremgår beregningen hvor konsekvensen af de to forskellige definitioner af primærenergifaktorer fremgår.

Tiltag:	Pris	
	BR	PH
Energireovering af ejendomme		14.530.000 kr.
Varmeforsyning: Tilkobling til Oksbøl fjernvarmeværk		11.380.000 kr.
Elforsyning:		
Etablering af solcelleanlæg på mark	27.310.000 kr.	73.430.000 kr.
Samlet:	53.220.000 kr.	99.340.000 kr.
Besparelse		
Energireovering		749.000 kr./år
Etablering af fjernvarme		685.000 kr./år
Produktion fra solceller	1.026.000 kr./år	2.759.000 kr./år
Simplet tilbagebetalingstid	21,6 år	23,7 år
Nuværdi	2.317.000 kr.	-4.683.000 kr.

Beregning af Nuværdi og simpel tilbagebetalingstid for omdannelse af Billum til et PlusEnergiOmråde

I tabellen er en løsning for omdannelse af Billum til et PlusEnergiOmråde udregnet i to tilfælde med forskellige primærenergifaktorer. Grundet den lavere primærenergifaktor for el er det ikke gunstigt at opveje for manglende produktion af varme med en større produktion af el. Derfor vil der i løsningen med primærenergifaktorerne defineret af Passivhusinstituttet være gunstigt at producere varme med vedvarende energi fra f.eks. varmepumper eller solfangere.

Kontrol af positiv energibalance

I nedenstående tabeller fremgår beregningen af energibalancen for importeret kontra eksporteret energi for henholdsvis primærenergifaktorer fra BR15 og PH. Beregningsmetoden anvendt i tabellen er beskrevet i definitionsafsnittet.

Beregning med anvendelse af bygningsreglementets primærenergifaktorer:

				Energiformer				I alt
				Egenproduktion		Import		
Sum/Sum				Varme	El	El	Varme	
6589/6589				0	2.137	551	3.901	
Anvendelse	Forbrug	Rumvarme	3.121	0			3.121	
		VBV	780	0			780	
		Hus el	876		325	551		
		Eksport el	1.812		1.812			
				Faktor	2,5	2,5	0,8	
Vægtet import						1.377	3.121	4.498
Vægtet eksport					4.530			4.530
				Resultat				32

Beregning af energibalance for Billum efter tidligere beskrevne tiltag med BR15 primærenergifaktorer.

Beregning med anvendelse af primærenergifaktorer defineret af Passivhusinstituttet:

				Energiformer				Import		I alt
				Egenproduktion		Import				
Sum/Sum				Varme	El	El	Varme	El	Varme	Import
10198/10198				0	5.747	550	3.901	Faktor 714	6.320	7.035
Anvendelse	Forbrug	Rumvarme	3.121			3.121	1,7	0	5.306	
		VBV	780			780	1,3	0	1.014	
		Hus el	876		326	550	1,3	714	0	Eksport
		Eksport el	5.421		5.421		1,3			7.047
				Resultat						12

Beregning af energibalance for Billum efter tidligere beskrevne tiltag med primærenergifaktorer defineret af Passivhusinstituttet.

Hvis energibalancen markeret med gul i 2 ovenstående tabeller er positive kan området klassificeres som et Plusenergiområde. Beregningen påviser derfor at Billum ved udførelse af før nævnte tiltag kan omdannes til et område der producere mere energi end det forbruger.

Konklusion for bilag 1:

Det er muligt at omdanne Billum til et PlusEnergiOmråde med en fornuftig økonomi efter bygningsreglementets nuværende faktorer. Hvis der regnes med Passivhusinstituttets faktorer, fordobles anlægsinvesteringen, og nuværdien forringes. Ved valg af bygningsreglementets primærenergifaktorer er problemstillingen, at de specifikke faktorer er politisk bestemt, og derfor kan variere, hvilket medfører, at et PlusEnergiOmråde etableret efter BR15 faktorer ikke nødvendigvis er PlusEnergi når BR20 træder i kraft.

Et markanlæg med solceller er som regel en god investering hvis den kan modtage PSO-støtte, og komme under 60/40-støtten til afregningspriser. Dog er der 60/40 ordningen blevet afskaffet, efter dette notat er skrevet, og der er endnu ikke fundet en afløsning til ordningen.

Det ville være en god løsning med mange decentrale anlæg ejet af de enkelte husejere, således de kan komme under nettoafregningsordningen, og dermed ikke skal betale afgift for eget forbrugt strøm fra solcelleanlægget. Dog er der behov for så store mængder el i denne beregning, at sådanne anlæg ikke kan stå alene og der er behov for en central produktion af vedvarende energi.

Energirenovering af områdets ejendomme og tilslutning af fjernvarme modspiller hinanden, da de to tiltag skal dele samme besparelse. Der skal udvikles en metode, hvormed der skabes incitament til energirenovering, og forbrugere samtidig har adgang til en billig og grøn varmforsyning.

Bilag 2

Beregningsmetode for energiscreening

Der findes to relevante metoder til bestemmelse af en bygnings energiforbrug og potentialet for og af en energirenovering. Metode 1 udregner et teoretisk energiforbrug før og efter en energirenovering, mens metode 2 tager udgangspunkt i det virkelige energiforbrug.

Hvilken af de to metoder der anvendes kan have stor indflydelse på rentabiliteten i en energirenovering. Til den i projektet udførte energiscreening er der anvendt metode 2, med udregning af energiforbruget ud fra det virkelige el og varmeforbrug.

Denne løsning er valgt da det er muligt at medregne beboernes påvirkning af bygningens energiforbrug, og forslå energisparetiltag, der kan påvirke brugernes brug af bygningen til reducere af energiforbrug. Herudover spares der tid ved selve energiscreeningen da det ikke er nødvendigt at registrere alle bygningens energimæssige egenskaber, men kun dem der har potentiale for en rentabel energirenovering.

Metode 1 bruges dog til opskalering af energibesparelsen i % beregnet med metode 1. Det vil sige at hvis energiscreeningen viser at det er muligt at spare 20% af energiforbruget ved energiscreening for et hus af energimærke D, så opskaleres denne besparelse for alle huse i området med energimærke D. Energimærket er beregnet med metode 1.

Metode 1: Teoretisk beregning ud fra standard klimadata:

Beregning af teoretisk energiforbrug på baggrund af standardiserede klimadata. Denne metode anvendes af SBI i deres beregningsprogram til myndighedsgodkendelse af en bygning (Be15). Den anvendes også til beregning af en bygningens energimærke med bl.a. programmet Energi10.

Fordelen ved denne beregning er en detaljeret udregning af en bygningens energiramme som ikke påvirkes af brugerne. Dette betyder at man kan sammenligne bygningers energiforbrug kun ud fra bygningens egenskaber. Dette kan være en fordel ved sammenligning af en stor mængde ejendomme, da brugsmønster har stor indflydelse på det virkelige energiforbrug.

Ulemper ved denne beregningsmetode er den store forskel fra det virkelige forbrug. Hvis bruger af en ejendom ønsker en indetemperatur på 24°C er et energisparetiltag på udskiftning af vinduer eller efterisolering af klimaskærmen mere rentabelt end ved en indetemperatur på 20°C.

Herudover er det også en ulempe for ejendommens ejer at det beregnede energiforbrug ikke er det samme som der står på varme- eller elregningen. Besparelsen vil heller ikke være den virkelige reduktion i energiforbruget for den specifikke ejendom.

Metode 2: Beregning ud fra bygningens energiforbrug de seneste 3 år:

Metode 2 består af en redegørelse af det egentlige energiforbrug ud fra el- og varmeregninger, hvorefter der beregnes en teoretisk energibesparelse som fratrækkes det nuværende forbrug til bestemmelse af det fremtidige forbrug efter en energirenovering.

Beregningsmetoden forsøger at beregne det fremtidige forbrug efter en energirenovering så præcist som muligt ud fra ejendommens energimæssige kvaliteter og medregner brugernes indflydelse på energiforbruget. Ulemper ved denne beregning er at el- og varmeforbruget kan variere meget fra år til år og derved påvirke beregningsgrundlaget. Herudover medfører inkluderingen af brugeradfærd en usikkerhed ved skalering af resultaterne fra screeningen da to huse med samme energiramme kan have meget forskellige forbrug i virkeligheden pga. variation i brugernes adfærd og ønsker til boligen.

Kategorisering af ejendomme

Der er mange metoder til kategorisering af ejendomme. De mest oplagte til kategorisering af bygningers energiforbrug er ud fra bygningens alder eller energimærke. Kategorisering ud fra bygningens alder medfører en stor usikkerhed i energiforbruget da en stor del af ejendommene har energirenoveret i nogen grad f.eks. grundet slitage på vinduespartier eller udskiftning af tag. Hvis der er et energimærke udarbejdet for ejendommen vil dette give mange brugbare informationer inden energiscreeningen.

Data for ejendommens opførelsesår er mere tilgængelige end energimærket, da det ikke er alle huse der er energimærkede. Bygningsalderen fremgår dog altid i BBR-registeret. Hvis der er lavet et energimærke, f.eks. i forbindelse med salg af ejendom er denne også offentligt tilgængelig.

Til indeksering af et områdes ejendomme skal alle bygninger optælles efter følgende informationer:

- Areal (Bolig og erhvervsareal)
- Byggeår og årstal for større renovering
- Evt. Energimærke
- Opvarmningskilde

Alle disse informationer kan findes via BBR-registeret som blandt andre steder kan findes på følgende link: <http://boligejer.dk/ejendomsdata-ois/>

Efter optællingen skal bygningerne inddeles i kategorier ud fra energiforbruget. Det foreslås at kategorisere ud fra bygningens energimærke. De ejendomme der ikke har energimærke vurderes ud fra bygningens alder, og mindstekravet ved bygningens opførelse eller sidste gennemgribende energirenovering hvis det fremgår af BBR.

Udvælgelse af ejendomme til screening

Antallet af ejendomme der skal screenes afhænger af områdets størrelse og adspredelsen i bygningstyper. Ideelt burde alle ejendomme energiscreenes, men det vurderes at det er muligt at beregne et besparelspotentiale der kan skaleres op ved energiscreening af 8-12 ejendomme der er udvalgt så de er repræsentative for områdets ejendomme. Herefter kan den procentvise energibesparelse ved energiscreeningen beregnes for de energiscreenede huse og skaleres op til at dække over hele området.

Fokuspunkter ved energiscreening

Ved energiscreening af en ejendom tages der udgangspunkt i følgende punkter som er typiske punkter for ejendomme hvor det er muligt at energirenovere. Herudover skal brugerne af ejendommen interviewes hvor der kan komme yderligere punkter til tjekliste.

- Isolering i ydervæg, tag, loft og skunke
- Isoleringsevne og stand af vinduer
- Opvarmningskilde
- Belysning
- Cirkulationspumper
- Teknisk isolering i uopvarmede rum
- Evt. hårde hvidevarer
- Evt. ventilationsanlæg

Der er udarbejdet en tjekliste for energiscreeningen for at sikre at hele ejendommen bliver energiscreenet. Denne tjekliste er vedlagt som tillæg sidst i rapporten.

Det er vigtigt ved en energirenovering også at sælge forbedringen for ejendommens værdi samt forbedringen af indeklimaet, da rentabiliteten ofte er dårlig ved mange af de store tiltag som udskiftning af vinduer og efterisolering af klimaskærmen som ofte har tilbagebetalingstider omkring 20-40 år. Hvis man derefter medregner værdiforøgelse i ejendommen og forbedring af indeklimaet er det nødvendigvis ikke en dårlig investering selvom tilbagebetalingstiden med energibesparelsen er høj.

Fremgangsmåde ved energiscreening

På ejendommen:

- 1) Opstartsmøde med husets ejer og gennemgang af interviewskema, rundvisning på ejendom og planlægning af bygningsregistrering
- 2) Energiscreening – Gennemgang af tjekliste

På kontor:

- 3) Beregning af energibesparelsetiltag og udregning af teoretisk besparelse ved energiscreening.

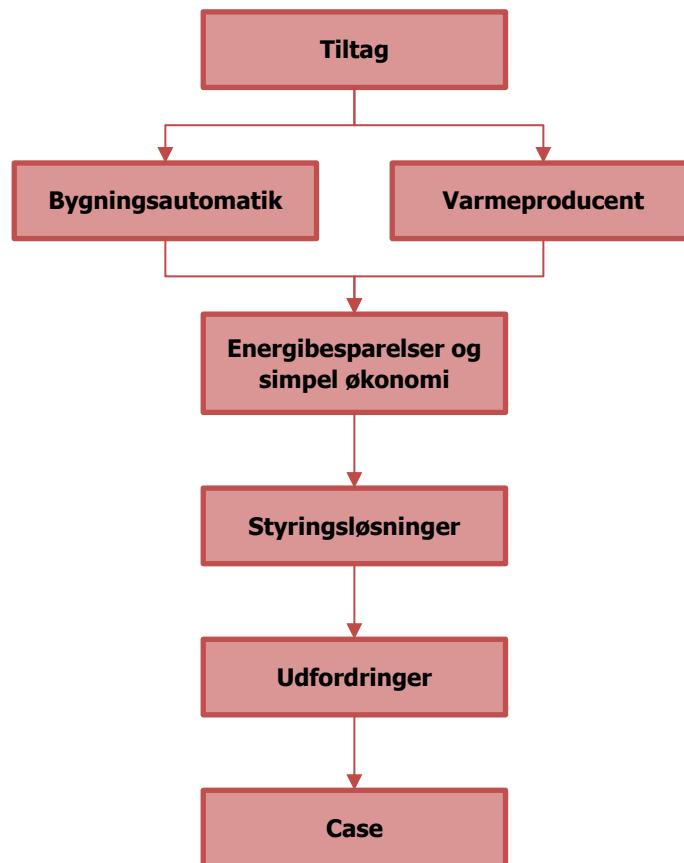
Udarbejdelse af en screeningsrapport med liste over tiltag og besparelser.

Bilag 3

CTS / Styring (Intelligente huse og bygninger)

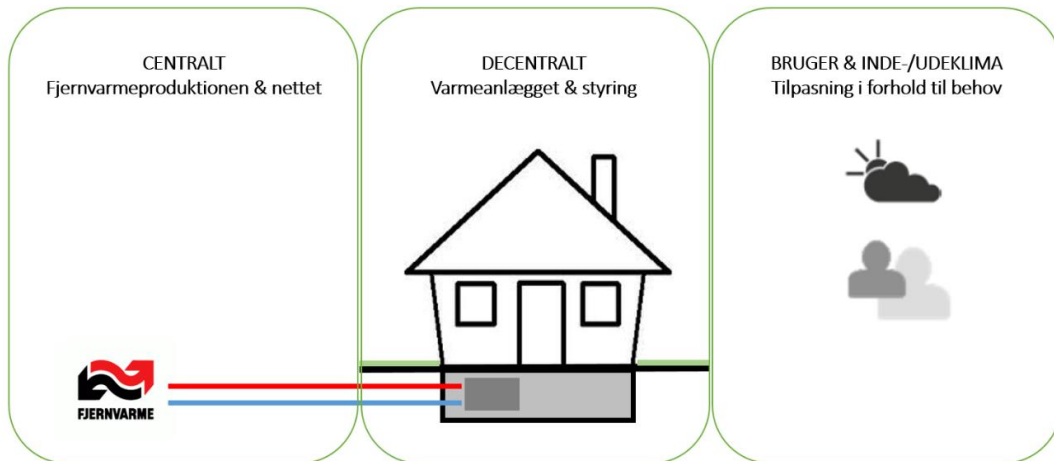
Følgende afsnit beskæftiger sig med de energibesparelser, der kan opnås via boligautomatik og central fjernvarmestyring samt hvilke udfordringer der kan ligge ved opførelse af et PlusEnergiOmråde på CTS/styrings siden.

Afsnittet beskriver indledningsvist de forskellige tiltag forslået i projektet. Efterfølgende underafsnit omhandler beregninger af energibesparelser samt simple tilbagebetalingstider. Disse er med til at danne grundlag for hvilke tiltag, der skal benyttes for hhv. en simpel og avanceret styringsløsning. Ved definition af den simple og avancerede styringsløsning, er det hermed muligt at estimere totale omkostninger samt besparelser. Til sidst beskrives hvilke udfordringer, der kan ligge ved implementering af styringstiltagene i allerede renoverede og ikke renoverede områder. Følgende figur viser fremgangsmåden i denne sektion:



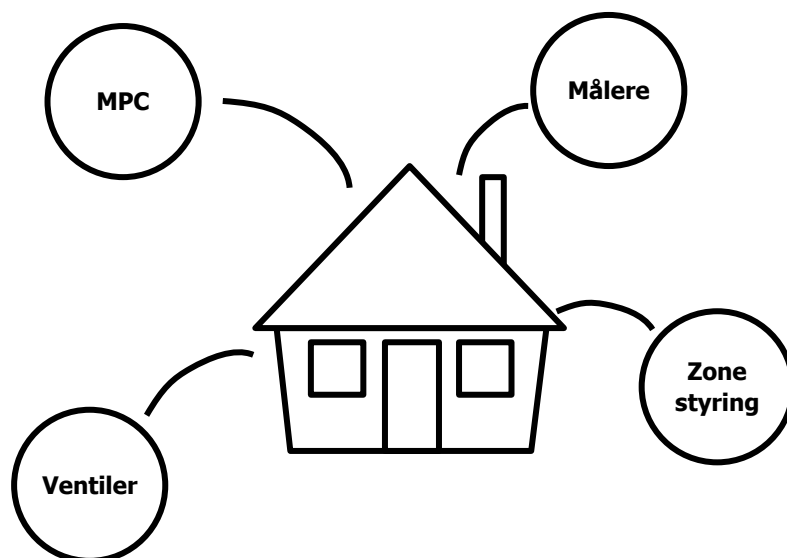
Hvilke energibesparelser der er at opnå via styring i de enkelte bygninger, afhænger meget af hvilke teknologier der benyttes på eksempelvis radiatorer, ventilationsanlæg, varme- og brugsvandsanlæg. De største besparelser der kan hentes, forventes at være i de situationer hvor installation af en eller flere styringsenheder installeres i forbindelse med andre renoveringsopgaver. Dette kan eksempelvis være, at der ved udskiftning af en manuel radiatorventil vælges en programmerbar termostatventil, som kan benyttes i et zonestyringsystem, frem for en standard termostatventil.

Der i dette afsnit mellem central og decentral side, hvor den centrale side er produktionssiden og den decentrale side er de enkelte huse eller klynger af huse.



Bygningsautomatik

I dette underafsnit beskrives tankerne bag de forskellige styringsrelaterede tiltag, der foreslås udført i boliger. De styringsrelaterede tiltag omfatter: forbrugsmålere med bi-målere, radiatorventiler, zonestyingsystemer, decentral vejrkompensering, decentralt lager, tilstedeværelsesstyring og Model Predictive Control (MPC).



Forbrugsmålere med bi-målere

Mange forbrugsmålere installeret skal stadig manuelt aflæses, hvorfor der med dette tiltag tænkes udskiftning af gamle forbrugsmålere til målere der har mulighed for automatisk aflæsning.

Ved udskiftning til målere med automatisk aflæsning bliver det derved også muligt at benytte mere avancerede afregnings- og styringsmetoder.

Der skal installeres minimum to målere på varmekonsumet, således det er muligt at registrere og udregne både det totale varmekonsum, opvarmningskonsumet og varmt brugsvandskonsumet.

Dette kan dermed synliggøre om det er bygningen, brugeradfærd eller kombinationen heraf, som der kan optimeres på.

Radiatorventiler

I dette skelnes der mellem tre typer af radiatorventiler; manuelle radiatorventiler, mekaniske termostatventiler og elektroniske termostatventiler.

Der forventes at være en besparelse ved udskiftning af hhv. manuelle radiatorventiler og mekaniske termostatventiler.

Zonestyringssystem

Et zonestyringssystem er et komplet system, der kan styre diverse installationer i en eller flere zoner i en bygning, herunder opvarmning, ventilation mv.

Et zonestyringssystem kan eksempelvis bestå af:

1. Elektroniske radiatortermostater på alle radiatorer
2. Vægtermostat pr. varmezone
3. Centralt varme-, brugsvandsproduktion eller ventilationsanlæg pr. hus
4. Controller for fjernvarme/varmeproduktion samt for evt. varmt brugsvand og ventilation.

Hvor nogle af de fordele sådanne et system kan medbringe er (urangeret):

- Langsommere og mere kontrolleret styring af ventiler
- Mere præcis måling af temperaturer
- Bedre placering af temperaturløbere
- Detektering af åbne vinduer
- Zoner håndteres ens og dermed bedre afkøling samt besparelse
- Mulighed for ferie og natsænkning
- Mulighed for fjernstyring samt at kontrollere varmekreds, varmt brugsvand, ventilation etc.

Decentral vejrkompensering

Det er ikke altid nødvendigt at have den høje fremløbstemperatur, som systemerne er dimensioneret efter. Er det varmere udenfor kan man derved med vejrkompensering sænke fremløbstemperaturen og dermed sørge for at ventilerne i systemet er så åbne som muligt, hvilket giver en bedre styring.

For at der kan benyttes vejrkompensering er det nødvendigt at installere en blandesløjfe. Foruden bedre styring vil vejrkompensering også give en kWh besparelse.

Decentralt lager

Ved decentralt lager er der tale om et lager i de enkelte boliger eller et kollektivt lager for flere boliger. Dette kan bruges til at reducere spidsbelastninger samt lagre energi fra overproduktion af energi.

Lageret kan eksempelvis udføres med en varmtvandsbeholder.

Tilstedeværelsesstyring

Tilstedeværelsesstyring er ofte kendt fra lysstyring med PIR-sensorer. Samme koncept kan benyttes til at detektere hvorvidt der er nogle til stede eller ej for dermed at styre varmeanlægget herefter.

Tilstedeværelsesstyring kan eksempelvis styres ved brug af: kalender, fjernstyring, PIR-sensorer, mobiltelefon, CO₂- og/eller VOC målinger. Benyttes der alarmanlæg med kamera og PIR sensorer, kan dette også benyttes til tilstedeværelsesstyring.

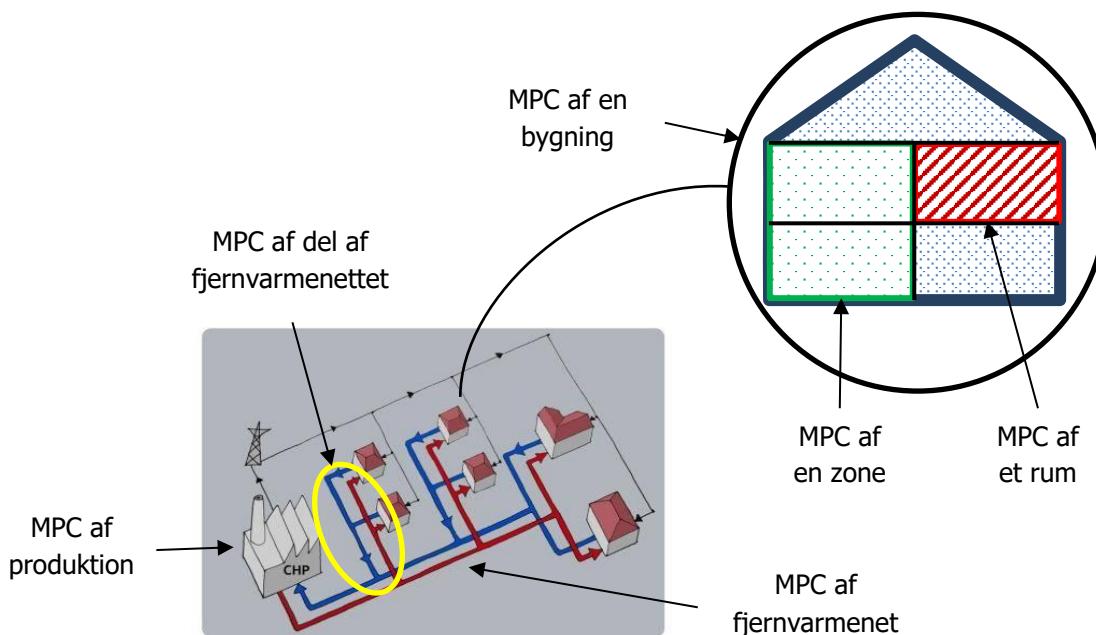
Der er dog en udfordring i at kunne detektere hvor mange der er tilstede i et lokale. Dette betyder derfor ofte at der bliver regnet med en standard belastning med mindre andet er angivet eller der sker udvikling inden for området.

Model Predictive Control (MPC)

Model Predictive Control (MPC) er en måde at styre eksempelvis den mængde af energi en bygning skal opvarmes med. Metoden benytter en model, i nævnte tilfælde en bygningsmodel, som kan benyttes til at estimere den fremtidige lufttemperatur ved en given udetemperatur, intern belastning samt estimeret opvarmningsmængde. Ved brug af bygningsmodellen, vejrforudsigelser, energiprisforudsigelser, demand response signaler fra energiproducenterne samt krav til indeklimaet, beregner MPC, en optimal opvarmningsprognose/profil, som giver det mindst mulige energiforbrug eller omkostninger.

Varmeproducenter kan ved ændring af energipris og demand response signaler påvirke varmestyringen i bygningerne, og dermed forskyde varmekonsum til tider, hvor der ønskes energiforbrug; for eksempel til tider hvor der er stor energiproduktion fra vedvarende energikilder.

Ved MPC kan man vælge at styre enkelte rum, flere rum som en zone eller hele bygninger efter samme princip. Derudover er det også muligt at benytte MPC på distributions- samt produktionssiden. Følgende figur illustrerer den mulige detaljeringsgrad for MPC.



Nogle af de fordele MPC medbringer er:

- Feedback til det varmeproducerende anlæg/varmeværk eller centralt/decentralt lager
- Færre tilfælde med meget høje og lave indetemperature, hvilket medfører bedre komfort
- Mindre unødvendig opvarmning grundet forudsigelser
- Mulighed for mere optimal varmeproduktion

Varmeproducent

Følgende underafsnit præsenterer de styringsrelaterede tiltag, som kan benyttes ved varmeproducenten. Varmeproducenten kan både være for individuelle anlæg og kollektive anlæg.

Når der ses på tiltag for varmeproducenten er de relaterede besparelser oftest kun synlige i energiprisen.

Tiltagende omfatter: central styring, centralt lager i fjernvarmenet, nærvarme og lavtemperatur fjernvarme.

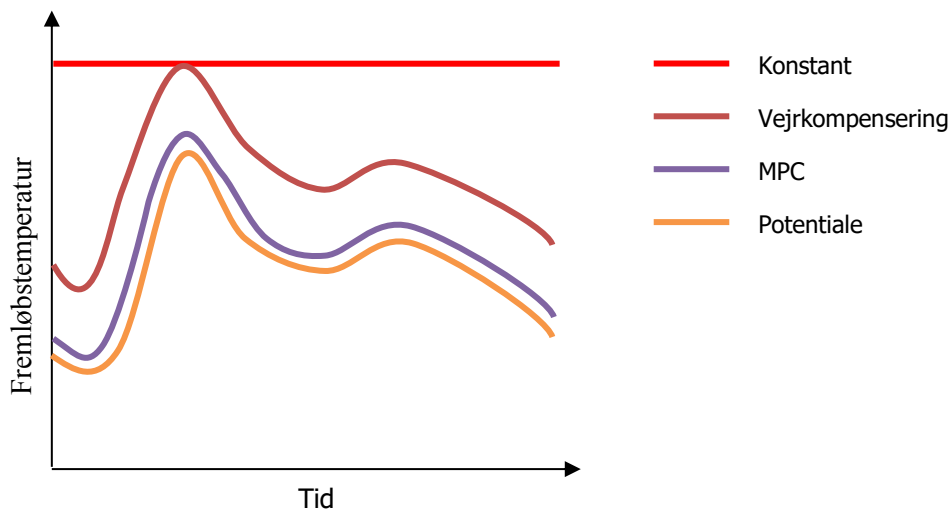
Central styring

Central styring omfatter hvorledes fjernvarmenettet og/eller produktionen styres. Dette betyder at der eksempelvis tages udgangspunkt i fjernvarmenettets udformning samt produktionsform for således at kunne have den mest optimale styring.

Hertil kan vejrkompensering benyttes til at justere fremløbstemperaturen fra produktionen således at den passer til de vejrforhold der er på daværende tidspunkt. Ved kollektiv forsyning vil fremløbstemperaturen blive justeret efter den laveste fællesnævner, med andre ord den mest kritiske bolig.

Et alternativ til vejrkompensering er benyttelse af Model Predictive Control, som eksempel firmaet OE3i benytter i deres løsninger. Her benyttes forudsigelser til at estimering af den mest optimale fremløbstemperatur, som dermed gør at varmekurven kommer tættere på et minimum, når sammenlignet med traditionel vejrkompensering.

Følgende figur viser hvilken effekt de forskellige tiltag kan have på fremløbstemperaturen.



Centralt lager i fjernvarmenet

Ved centralt lager i fjernvarmenettet skal forstås således at fjernvarmerørene dimensioneres på en måde, som gør det muligt at udnytte ledningsnettet som et varmelager.

Dette lager kan eksempelvis benyttes ved vedvarende energiproduktion eller ved overproduktion i stedet for benyttelse af varmtvandsbeholdere i de enkelte boliger.

Denne løsning er specielt fordelagtig, da peaks generelt vil udjævnes og varierende produktion kan udnyttes bedre.

Nærvarme

Nærvarme er lignende den fjernvarme med den forskel at fjernvarmenettet deles op i mindre lokale ledningsnet. Dette betyder at der vil være flere varmeproducerende anlæg i byen, men disse anlæg vil have et mindre nettab og kortere dødtid end ved fjernvarmescenariet.

Lavtemperaturfjernvarme

En af de store fordele ved lavtemperaturfjernvarme er det mindskede ledningstab eftersom medietemperaturen er lavere.

Et muligt scenarie er, at det besluttet at levere lavtemperaturfjernvarme til samtlige bygninger i byen. Dette betyder, at huse som ikke er energirenoveret til den klasse lavtemperaturfjernvarmen er dimensioneret for, vil være nødsaget til at installere et individuelt anlæg til supplering. I dette scenarie inkluderer forbrugerne i deres varmeforbrug og indirekte opfordres til at nedsætte deres forbrug, enten gennem ændring af vaner eller yderligere energioptimering.

Et andet scenarie er at fjernvarmenettet deles op i mindre sektioner, hvor disse derefter styres individuelt. Det kan hér være muligt at have lavtemperaturfjernvarme i nogle af disse sektioner, hvor det i andre ikke er muligt.

Energibesparelser og simpel økonomi

Følgende underafsnit præsenterer besparelser og anlægspriser for de styringsrelaterede tiltag præsenteret tidligere.

Der undersøges både for scenarier med bibeholdelse af olie/gas fyr og ved tilslutning til fjernvarme. Det forventes at der ved tilslutning til fjernvarme er en lavere energipris, hvilket reducerer det økonomiske besparelspotentiale.

Der benyttes en fjernvarmepris på 0,60 kr./kWh²⁷ og en gas/olie pris på 1,1 kr./kWh²⁸.

Installation af forbrugsmålere med bi-målere

Installation af forbrugsmålere med bi-målere medbringer ikke just nogle energibesparelser, men da det åbner op for mere avancerede aflæsnings- og afregningsmetoder skal disse installeres.

Det forventes, at der skal installeres elmålere, som har mulighed for at modtage data om energiproduktion.

Med hensyn til varme skal der både installeres en varmemåler på hovedforbruget og en på opvarmningsforbruget. Det at gøre dette er det muligt at udregne varmtvandsforbruget, som kan bruges til både forbrugsanalyse og planlægning af videre energibesparende tiltag.

Den totale pris er estimeret til 12000 kr.

Udskiftning af radiatorventiler

Energibesparelsen ved udskiftning af radiatorventil afhænger ofte af hvilken opvarmningsform der benyttes. Ifølge Videnscenteret for energibesparelser sparer man et sted mellem 130 – 150 kWh per radiatorventil udskiftet, hvis der skiftes fra manuel ventil til termostatventil eller fra mekanisk termostatventil til elektronisk styret termostatventil. Skifter man fra manuel ventil til elektronisk styret termostatventil er besparelsen ca. 260 – 310 kWh.

En mekanisk termostatventil og en elektronisk styret termostatventil antages ved volumen at kunne koste hhv. 150 kr. og 250 kr.

²⁷ Gennemsnitlig fjernvarmepris regnet på baggrund af:

<http://energitilsynet.dk/varme/statistik/prisstatistik/pr-15-marts-2015/>

²⁸ Antaget: 1 L olie = 10 kWh, pris fra:

http://www.gasprisguiden.dk/Home/ny_SammenlignOpvarmning, pris rundet ned for at være på den sikre side

Installation af zonestyringssystemer

Ved installation af et zonestyringssystem er det simpelt at udføre temperatursænkning i forskellige zoner om dagen, om natten, i ferier og lign. Derudover vil zoner håndteres ens og temperaturfølere vil være placeret mere hensigtsmæssigt end ved enkeltstående termostater. Foruden besparelserne ved udskiftning af radiatorventiler estimeres et zonestyringssystem at kunne medbringe 5 % yderligere energibesparelse.

Et zonestyringssystem med 6 zoner og 6 radiatorer i alt, vil omtrent koste 12500 kr.

Installation af decentral vejrkompensering

Ifølge Videnscenteret for energibesparelser kan der spares 5 % af forbruget til rumopvarmning ved benyttelse af vejrkompensering.

Et vejrkompeningsanlæg estimeres at koste 9000 kr. inkl. elektronik, pumpe, motorventil samt arbejde.

Installation af lager i form af varmtvandsbeholder

Det kan være svært at estimere hvor stor en indflydelse installation af varmtvandsbeholder vil have på de totale årlige omkostninger. Dog vil en varmtvandsbeholder kunne afhjælpe spidsbelastningerne, og dermed hjælpe med at reducere varmeprisen.

Det estimeres at prisen for et stk. varmtvandsbeholder inklusiv installation vil koste 15000 kr.

Installation af tilstedeværelsesstyring

Det estimeres at der ved tilstedeværelsesstyring kan spares op mod 10 % af det totale energiforbrug.

Kan tilstedeværelsesstyringen kobles på et allerede eksisterende tyverisikringsanlæg estimeres omkostningerne til at være 7000 kr.

Installation af Model Predictive Control (MPC)

Hvilken besparelse der kan hentes ved benyttelse af MPC er endnu ikke dokumenteret godt nok, nogle undersøgelser antyder besparelspotentiale på 5-10 % hvor andre antyder helt op til 40 %. Besparelsens størrelse afhænger meget af det nuværende styringssystem, hvorfor mange undersøgelser opnår forskellige besparelspotentialer.

Eftersom der er tale om en ny styringsmetode, er det endvidere svært at estimere, hvor meget sådanne et system vil koste.

Central styring

Da der er mange forskellige typer af ledningsnet, er der også mange forskellige besparelser at hente med central styring. Det er derfor ikke muligt at komme med en konkret energibesparelse på nuværende tidspunkt. Der har i den forbindelse været dialog og møder med OE3i samt Neogrid, men en centralstyring som samtænker både den lokale styring i huset for diverse zoner og op imod en klynge af huse samt set fra et centralt perspektiv – findes der generelt ikke løsninger på, og som kan prisfastsættes præcist nok.

Af samme årsag er det heller ikke muligt at komme med en anlægspris.

Benyttelse af centralt lager i fjernvarmenet

Igen, da der er forskellige typer og størrelser af ledningsnet, er det svært at komme med et bud på hvilken besparelse der er tale om ved udnyttelse af den naturlige lagringskapacitet i fjernvarmenettet.

Etableringsomkostningerne af fjernvarmenettet ændrer sig ikke ved dette tiltag, der skal dog installeres noget styring, som kan håndtere dette.

Nærvarme

Energibesparelsen ved nærvarme afhænger meget af i hvor små/store kredse fjernvarmenettet deles op i.

For hver opdeling skal der etableres et ekstra produktionsanlæg. Priserne for hvert produktionsanlæg bliver mindre og mindre per anlæg des mindre områder, der skal forsynes.

Benyttelse af lavtemperatur fjernvarme

Benyttes der lavtemperatur fjernvarme frem for alm. fjernvarme spares der vis antal MWh fra nettabet. Antallet af MWh sparet afhænger af fjernvarmenettets størrelse.

Er der huse som ikke kan forsynes alene med lavtemperaturfjernvarme er det nødvendigt at installere et lokalt produktionsanlæg til spidsbelastninger. Sådanne et anlæg antages at koste 30.000 kr.

Simpel og avanceret styringsløsning

Med baggrund i forrige underafsnit samt nedenstående tabel, er der udarbejdet to styringsløsninger; en simpel og en avanceret.

Simpel løsning

Såfremt der etableres fjernvarme eller, at der allerede er etableret fjernvarme indebærer den simple løsning at der benyttes en central styring af fjernvarmen, som også kan tage højde for den naturlige lagringskapacitet. Såfremt det er til gunst skal fjernvarmenettet desuden opdeles i mindre zoner.

Decentralt skal der installeres moderne forbrugsmålere med bi-målere. Derudover anbefales det, at der installeres zone temperatur styring, og dermed også at der installeres elektroniske termostatventiler. Til sidst anbefales det at installere et vejrkompenseringsanlæg.

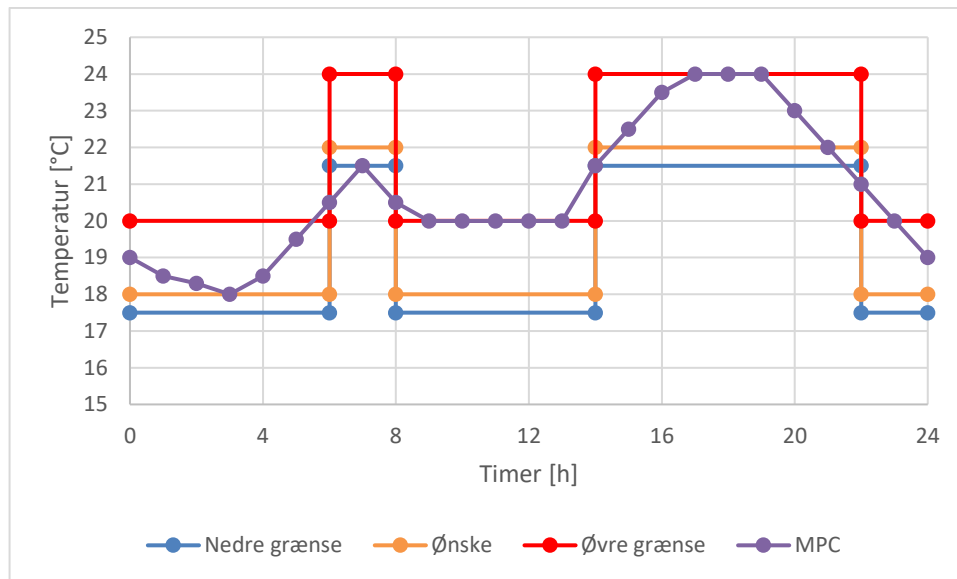
Avanceret løsning

For den avancerede løsning skal der etableret lavtemperaturfjernvarme. De boliger som ikke kan forsynes med alene lavtemperaturfjernvarme skal have en supplerende produktionsanlæg til spidsbelastninger.

Decentralt skal der installeres moderne forbrugsmålere med bi-målere. Derudover anbefales det at installere et Model Predictive Control (MPC) styringsanlæg, som kan håndtere både temperaturerne i zonerne efter udeklimaet og eventuelt håndtere lagret energi i varmtvandsbeholder. Et MPC styringsanlæg kræver, at der installeres elektroniske termostatventiler.

MPC skal benyttes til at udregne opvarmningsprofiler, som giver de laveste driftsomkostninger. Det forventes at der er variabel energipris, som gør det lukrativt at flytte energiforbrug til tider med grøn energiproduktion, i så fald bliver MPC ofte benævnt som Economic Model Predictive Control (EMPC). For at sørge for, at der ikke bliver et utilfredsstillende termisk indeklima, inkorporeres det at lufttemperaturen i de enkelte zoner

må være i et bestemt temperaturinterval, men helst skal være på det ønskede set punkt, se nedenstående figur for illustration af dette.



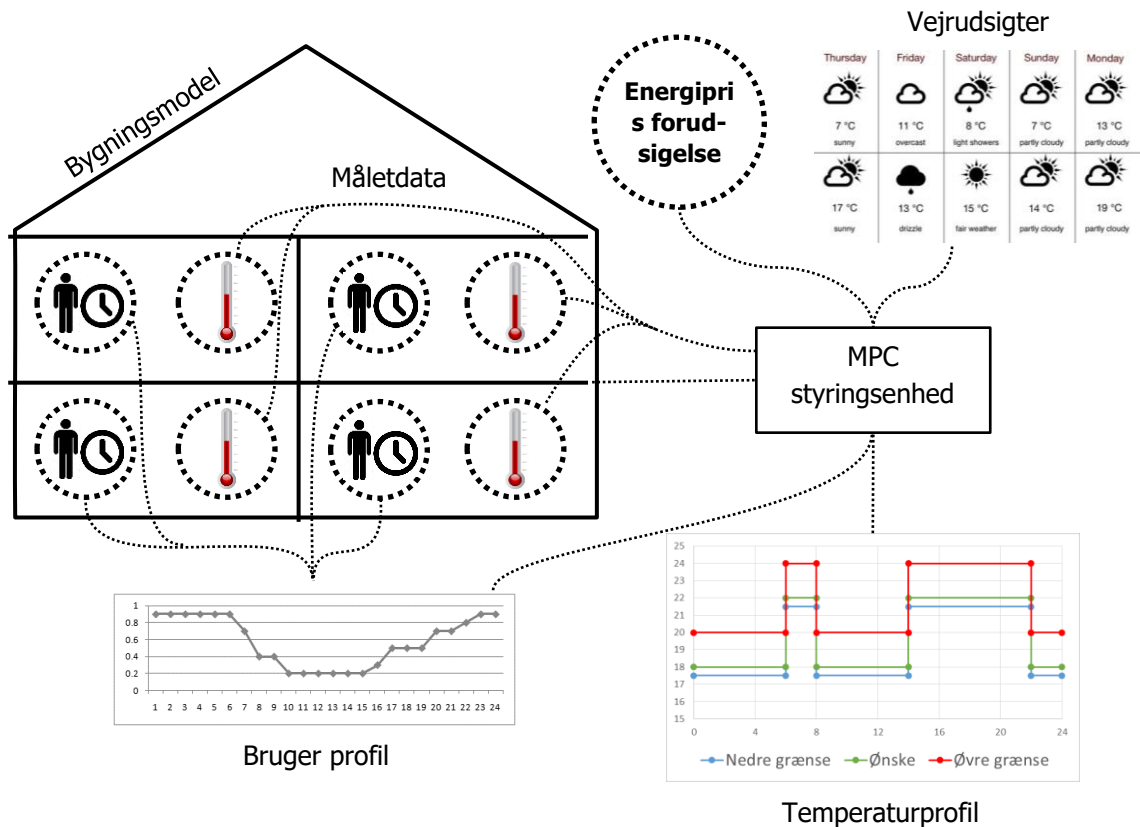
I denne figur vises et eksempel på hvordan MPC kan udregne at det økonomisk kan svare sig generelt at have en højere temperaturer end de ønskede set punkter, frem for at holde set punktet. Der kan eksempelvis være tale om en brugerprofil som gerne vil spare på penge frem for at have en lidt højere komfort

Det skal noteres at EMPC ikke altid medfører et mindre energiforbrug, sammenlignet med en almindelig temperaturoptimering. Derimod sørger EMPC for, at der bruges energi når prisen er lavest, og dermed giver den laveste driftsøkonomi.

Til EMPC skal der:

- Være en controller som kan fungere som styringsenhed
- Være variable energipriser, som styres efter udbud og efterspørgsmål
- Udarbejdes simple bygningsmodeller
- Registreres hvornår personerne er til stede i en eller flere brugerprofiler
- Udarbejdes en brugerflade til ønskede indetemperaturer samt tilladte afvigelser og evt. tilstedeværelsesprofiler
- Indhentes vejrudsigter, fx gennem www.yr.no
- Opsættes og indhentes måledata fra zonerne i de enkelte bygninger, minimum temperaturer
- Være et varmesystem, som kan styres af styringsenheden (radiatorventiler, ventilation, gulvvarme etc.)

Følgende figur illustrerer de informationer, som skal benyttes for at MPC kan implementeres i bygningerne.



Energiprisen er en altafgørende faktor for hvor meget af energiforbruget i bygningerne, der flyttes. Er prisen konstant vil styringen i bygningerne alene sørge for at lufttemperaturerne ligger så tæt på sætpunkterne som muligt, og at de sjældent vil have over- og undersving. Til gengæld er det ikke muligt at udnytte grøn energiproduktion til det fulde.

Det anbefales at energiprisen udregnes ud fra følgende parametre:

- Kapacitet af distributionsnetværk
- Grøn energiproduktion (vejr)
- Overproduktion

For at simplificere energipriserne kan der laves forskellige pristrin frem for en kontinuerligt varierende energipris. Uanset om der bliver tale om pristrin eller en kontinuerligt varierende energipris er det vigtigt at fastlægge hvor aggressiv prisændringerne skal være.

Et godt udgangspunkt er 200 % forskel mellem laveste og højeste energipris. Ved større forskelle vil styringen af bygningerne flytte endnu mere forbrug på bekostning af den termiske komfort i de enkelte zoner.

Opsummering af styringsløsninger

I følgende tabel er den simple og avancerede styringsløsning præsenteret.

	Simpel løsning	Avanceret løsning
CENTRALT		
Central styring af fjernvarme & i zoner	X (MPC)	
Lager (fjernvarmenet)	X	
Lavtemperaturfjernvarme		X
DECENTRALT		
Elektroniske termostatventiler	X	X
Vejrkompensering inkl. blandesøjfe og pumpestyring	X	X (MPC)
Forbrugsmålere med bi-målere	X	X
Zone temperatur styring	X	X (MPC)
Lager (termisk masse og tank)		X
BRUGER & INDE-/UDEKLIMA		
Tilstedeværelsesstyring		X
Model Predictive Control (MPC)		X

Styringsrelaterede udfordringer

Der kan være forskellige udfordringer, som skal løses, når de præsenterede styringsrelaterede tiltag skal implementeres i henholdsvis eksisterende byggeri og nybyggeri.

Følgende underafsnit præsenterer nogle af disse udfordringer.

Udfordringer ved eksisterende byggeri

I eksisterende byggeri kan det være at de eksisterende systemer, så som varmesystemet, ikke er egnet til avanceret styring. Dette betyder derfor, at der skal yderligere investering til for at få den ønskede effekt.

Er der derimod foretaget et eller flere renoveringstiltag for nyligt, som ikke er kompatible med de ønskede styringssystemer, vil rentabiliteten også forværres. Det er her nødvendigt at investere enten nye anlæg eller modifikationer til de renoverede anlæg.

Til sidst er der også udfordringen ved at de personer, som benytter bygningen, ikke bruger systemerne korrekt. En måde dette kan afhjælpes på er ved at systemerne skal være meget simple og/eller meget fejlsikre.

Udfordringer ved nybyggeri

En udfordring ved nybyggeri kan være at det ikke kan svare sig økonomisk at udføre de meget dyre tiltag når bygningernes energiforbrug er meget lave.

Igen er der også ved nybyggeri en udfordring ved, at personerne i bygningerne, ikke altid bruger systemerne korrekt. Som ved eksisterende byggeri anbefales det at systemerne skal være meget simple og/eller meget fejlsikre.

Bilag 4

Juridiske bestemmelser for el med vedvarende energi

Som udgangspunkt har alle i Danmark ret til adgang til den kollektive elforsyning imod betaling for egetforbrug. Dog er der høje afgifter på el i Danmark hvilket giver incitament til privat produktion af el som i nogle tilfælde er fritaget for betaling af afgift. Regler for afgiftsfritagelse for el produceret med et vedvarende energianlæg er beskrevet herunder.

Afgiftsfritagelse for el produceret med VE-anlæg

Elektricitet fremstillet ved vindkraft, vandkraft, solenergi eller anden vedvarende energi er undtaget fra betaling af afgift hvis det forbruges af producenten selv forstået som et direkte forbrug via et internt elnet. Forbrug ud over egenproduktion via det kollektive elforsyningsnet er ikke fritaget for afgift.

Ejer- og andelsforeninger har mulighed for at flere el-forbrugere kan slås sammen til en elforbruger. Foreningen kan herefter nettoafregne produktionen fra et VE-anlæg i forbrugernes samlede forbrug under forudsætning af at det er forbrugerne der ejer 100% af anlægget. Det samlede elforbrug måles på en fælles hovedmåler og hver enkelt andelshaver skal have installeret bilmåler, hvor den enkelte forbrugers elforbrug måles og afregnes.²⁹

En boligforening kan få nettoafregning på timebasis for produceret el med et VE-anlæg til fællesformål som belysning på fællesområder, vaskeri med mere. Den 1. august 2013 trådte en lov i kraft der havde til formål at give lejere og udlejere samme mulighed for nettoafregning og afgiftsfritagelse som ejere og andelshavere. Loven beskrev en individuel og kollektiv model for nettoafregning med udlejere.

- Den individuelle model giver lejere mulighed for at nettoafregne egetforbrug fra et el producerende VE-anlæg som er eget af udlejer, men tilsluttet lejerens forbrugsinstallation. I denne model nettoafregnes lejerens elforbrug og lejeren har kontraktforholdet med el leverandøren. Denne model anvendes typisk i rækkehus eller andre huse med et enkelt lejemål.
- Den kollektive model giver udlejer mulighed for at nettoafregne en eller flere lejemåls fælles og individuelle forbrug når lejeren er tilsluttet udlejerens forbrugsinstallation. VE-anlægget er ejet af udlejer som har kontraktforholdet med udlejer og også står for indkøb, salg og afregning af el. Denne model anvendes typisk for ejendomme med flere lejemål som f.eks. etageejendomme.³⁰

Afregningspriser for VE-produceret strøm

Der er ikke ens priser for produceret el med solceller og vindmøller.

Solgt strøm fra solceller afregnes med 60 øre/kWh de første 10 år og derefter 40 øre/kWh. Dog blev der i 2013 etableret en støtteordning som skulle fremme brugen af solceller. Der blev opstillet en pulje på 20 MW hvor prisen per kWh solgt strøm øges med støtte fra staten. De 20 MW skulle fordeles over henholdsvis solcelleanlæg på under 6kWp (10MW) fællesanlæg på tag (5MW) og fællesanlæg på jord (5MW). De faste afregningspriser gælder

²⁹ <http://www.skat.dk/SKAT.aspx?oID=2061604>

³⁰

http://mbl.dk/files/dokumenter/lovstof/orientering_om_aendring_af_bekendtgørelse_om_si_deaktiviteter_i_almene_boligorganisationer_m_v_solcelleanlaeg_m_v.pdf

i 10 år hvorefter der afregnes med 40 øre/kWh. Afregningspriserne i støtteordningen fremgår af figuren herunder.³¹

Faste afregningspriser i 10 år (kr/kWh)	2013	2014	2015	2016	2017
1. Solcelleanlæg <= 6 kW per husstand	1,30	1,16	1,02	0,88	0,74
2. Fællesanlæg på tag/bygninger	1,45	1,28	1,11	0,94	0,77
3. Fællesanlæg på jord og lign.	0,90	0,84	0,78	0,72	0,66

Støtteordningen afventer stadig godkendelse fra EU, hvilket betyder at der endnu ikke er udbetalt støtte til solcelleejere.

For vindmøller afregnes solgt el som udgangspunkt samme regler som ved solceller med 60 øre/kWh. Der er dog en forhøjet prisafregning for små møller som fremgår herunder:³²

- 250 øre/kWh for møller mindre end 10 kW
- 150 øre/kWh for møller mellem 10 kW og 25 kW

Opsætning af husstandsvindmøller fra 3-25kW skal inden opsættelse godkendes af godkendelsessekretariatet og modtage byggetilladelse fra kommunen.

Skatteregler og fradrag

I Danmark er salg af elektricitet produceret af VE-anlæg skattepligtigt. Der skal ikke betales skat af den del af den producerede strøm der anvendes til at dække eget forbrug, men kun den andel som overføres til det kollektive elnet. Der er et bundfradrag på 7000kr hvilket medfører at de fleste private ejere af VE-anlæg, som forbruger størstedelen af den egenproducerede strøm, ikke producerer nok til at skulle betale skat. Hvis der er overproduktion og en ejer af et VE-anlæg sælger mere en 7000kr strøm beskattes beløbet herover med 60%.³³

Rådighedstarif

Mange forsyningsselskaber har indført en ekstra tarif til solcelleejere kaldet rådighedstarif. Rådighedsbetalingen skal betales af den mængde produceret elektricitet der bliver forbrugt af anlæggets ejer, og skal dække omkostningerne fra netselskabet som stadig har el kapacitet til rådighed på nettet. Rådighedstariffen er defineret af Dansk Energi og godkendt af Energistyrelsen som en vejledning til forsyningsselskaberne. Vejledningen gælder for alle størrelser anlæg og består af et tilslutningsbidrag, årligt abonnement samt en variabel net-tarif. Størrelsen på tariffen er forskellig for de forskellige tilslutningsselskaber, men merudgiften er omkring 1000 kr om året for en almindelig husstand med et solcelleanlæg på omkring 6kWp.

³¹ <http://www.energitjenesten.dk/nye-afregningspriser-pa-solcelle-el-leveret-til-nettet.html>

³² <http://www.energitjenesten.dk/vindmoller-i-kroner-og-ore.html>

³³ <http://www.skat.dk/skat.aspx?old=13954>

Bilag 5

Definition af et PlusEnergiOmråde.

Et PlusEnergiOmråde er ikke nødvendigvis som en samling af plusenergihuse, men kan også bestå af almindelige huse med fælles forsyning som producere mere energi end området forbruger.

Plusenergihus

Et PlusEnergihus defineres som et hus der producere mere primærenergi end det forbruger over et år. Et PlusEnergihus overholder de forventede danske energiforsyningskrav til 2050 med 100% vedvarende energi.

Definitionen er beskrevet af den tyske arkitekt Rolf Disch der med "Solar Settlement"-projektet i Freiburg, Tyskland beskrev begrebet som en opgradering af et Passivhus.³⁴

Det centrale krav, som er nødvendigt for, at en bygning kan defineres som et plusenergihus, er at det over et år, har en positiv energibalance. Bygningen er derfor ikke nødvendigvis selvforsynende med energi men tilsluttet til det kollektive elnet og evt. fjernvarmenet, som kan overtage ved manglende lokal energiproduktion.

Herved er der brug for aktive og passive energitiltag. De passive tiltag dækker bl.a. over en højtisolerende klimaskærm og energieffektivt inventar. De aktive tiltag dækker over energiforsyningen, som oftest indeholder solceller, solfangere eller varmepumper. Det er vigtigt med både aktive og passive energitiltag i bygningen, før det kan blive et PlusEnergihus.

Eksempler på plusenergihuse

Konceptet PlusEnergihus er udbredt på byggemarkedet, men anlægsprisen er større end almindelige bygninger, hvilket medfører at der er relativt få energiplushuse. I Tyskland er konceptet populært og der er flere firmaer, der specialiserer sig i, at opføre plusenergihuse. Nedenfor er der vist eksempler på byggerier opført efter plusenergikonceptet.

Mirow, Tyskland:

I Tyskland er begrebet plusenergihus mere populært end på det danske marked, hvor det først er blevet populært inden for de seneste år. På dette billede fremgår et PlusEnergihus i byen Mirow. Huset producere el og varme med solenergi og overskydende solvarme føres i lagertank i kælderen. Ifølge bygherren på projektet producere huset 7.000 kWh ekstra elektricitet end det forbruger, som derfor sælges til det kollektive elnet.³⁵



Plusenergihus i Mirow, Tyskland

³⁴ <http://www.enob.info/de/nullenergie-plusenergie-klimaneutrale-gebäude-im-stromnetz-20/nullenergiegebäude-als-gebäude-reality/>

³⁵ <http://www.sueddeutsche.de/geld/das-plus-energie-haus-mit-strom-geld-verdienen-1.39132>

Syd Energi Esbjerg, Danmark:

Syd Energi Esbjerg har i 2011-2013 bygget byt domicil som PlusEnergi. Bygningen på 13.500m² opvarmes og afkøles af varmepumper med nedgravede jordslanger. Til produktion af elektricitet er der opsat næsten 2.000 m² solceller som medførte at bygningen er Danmarks største PlusEnergihus. Bygningen er desuden også certificeret passivhus.³⁶



SE's (Syd Energi) domicil i Esbjerg

Solar Settlement Freiburg, Tyskland:

Solar settlement er en samling af 59 plusenergihuse i Tyskland. Det er et forsøg af et tysk arkitektfirma kaldet Rolf Disch, på at føre plusenergikonceptet over til områder med plusenergihuse. Hvert hus i Solar Settlement er et individuelt PlusEnergihus. Husene er bygget af bæredygtige materialer og energien produceres af de tagplacerede solceller med en samlet maksimal produktionskapacitet på 445 kWp. Solar Settlement er opvarmet med fjernvarme fra et kraftvarmeværk der opvarmes med træflis og naturgas. Kraftvarmeværket dækker bygningernes varmebehov samt spidsbelastninger for el.³⁷



Solar Settlement i Freiburg

Feldheim, Tyskland:

Feldheim er en tysk landsby med 130 indbyggere. Byen er selvforsynende med energi, som produceres fra en stor vindmøllepark, en solcellepark samt et biogasanlæg som omdanner majs og gylle fra de omkringliggende gårde til nærvarme. Der er også bygget en varmeværk, som fyrer med træpiller til at afhjælpe biogasanlægget ved spidslaster. Byen har anlagt eget el- og nærvarmenet.

Næste skridt for byen er opførelse af et batterikraftværk til lagringskapacitet på 5 MWh.³⁸



Plusenergibyten Feldheim, Tyskland

³⁶ http://www.dem-esb.dk/wp-content/uploads/2015/05/Esbensen_Ref_SydEnergi.jpg

³⁷ <http://rolfdisch.de/index.php?p=home&pid=78&L=1&host=2#a564>

³⁸

http://www.danskenergi.dk/viewerjs/#..~/media/NyhedsbladetDesktop/2014/Nyhedsbladet_2014_13.pdf

Energi-øen Samsø, Danmark:

Samsø tog i 1997 beslutningen om at omdanne sig til en vedvarende energi-ø. Dette skulle gennemføres ved at blive 100% selvforsynende med vedvarende energi. De opsatte 11MW havvindmøller til produktion af elektricitet og fjernvarmeværker der fyrer med halm, flis og solvarme. Samsø er 100% selvforsynende med elektricitet og 70% selvforsynende med varme. De sidste 30% på varmesiden skal gennemføres vha. energireoveringer af øens private ejendomme.³⁹



Havvindmøller uden for Samsøs kyst

Primærenergifaktorer

I PHPP (Passiv House Planning Package) udviklet af Passivhaus instituttet benyttes, ligesom i Be10, en række faktorer, til at omregne husets forbrug af forskellige energiformer til et tilsvarende forbrug af primærenergi. PHPP benyttes til at eftervise om et hus overholder passivhus kriterierne, mens Be10 benyttes til, at eftervise om et hus overholder energiklasserne i bygningsreglementet.

Idet det f.eks. antages, at el produceres i et kraftvarmeværk ved afbrænding af f.eks. biobrændsel, er primærenergifaktoren et udtryk for, hvor meget biobrændsel (udtrykt i kWh indhold), som skal benyttes til at producere 1 kWh el.

I Danmark anvendes ofte primærenergifaktorer defineret af SBI til Be10. Disse primærenergifaktorer der fremgår af **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**, er udregnet ud fra den nuværende energiproduktion til og med den forventede energiproduktion i 2020.

	Varme	Fjernvarme	El
2010	1,0	1,0	2,5
2015	1,0	0,8	2,5
2020	1,0	0,6	1,8

Primærenergifaktorer defineret i Be10

Da der i fremtiden vil ske en transformation af energisystemet til at være baseret på vedvarende energi, vil ovennævnte energifaktorer ændre sig, efterhånden som der indføres mere og mere vedvarende energi i det overordnede energisystem. Som en konsekvens af det, har man i den nyeste version af PHPP (version 9) indført nye primærenergifaktorer, som gælder for et fremtidigt samfund baseret 100% på vedvarende energikilder.

Faktorerne fremkommer ved, at man for hvert land forudsætter, hvilke vedvarende energikilder det fremtidige samfund vil være baseret på. I Danmark vil vindenergi være en dominerende primær energikilde for el. Da flere vedvarende energikilder (herunder vindenergi) er fluktuerende, kan det imidlertid ikke antages, at f.eks. en varmepumpe til

³⁹ <http://energiakademiet.dk/vedvarende-energi-o/>

opvarmning kan drives direkte af produceret vindenergi. Det antages derfor at en del af den producerede vedvarende energi må lagres, for at kunne benyttes til forskellige formål.

Primærenergifaktorerne er derfor udregnet i forhold til, at en del af den producerede energi i større eller mindre grad, afhængigt af hvilket behov der dækkes (f.eks. opvarmningsbehov om vinteren, eller jævnt fordelt behov for husholdnings-el), må lagres med deraf følgende tab.

For Danmark er der af Passivhaus Institutet udregnet vedvarende primærenergifaktorer (PER) som fremgår af denne tabel.

Husholdnings el	1,3
Varmt brugsvand	1,3
Rumopvarmning	1,7
Køling	1,0

Fremtidens primærenergifaktorer defineret i PHPP (version 9)

Ovennævnte faktorer er relateret til en fremtidig forsyningssituation. Hvis antagelserne om, hvordan et fremtidigt VE baseret energisystem vil se ud i Danmark, er korrekte, vil faktorerne ikke ændre sig, efterhånden som det vedvarende energisamfund realiseres. Faktorerne er således til en vis grad fremtidssikrede. Endvidere er de forankret i Passivhaus systemet, som er udbredt især i udlandet.

I ovenstående tabel fremgår et eksempel for beregning af et områdes energibalance med ovennævnte primærenergifaktorer for vedvarende energi. Vedvarende energi som produceres inden for området og som eksporteres vægtes med faktoren 1,0. I eksemplet er området opvarmet med varmepumper og har et stort solcelleanlæg.

Enheder f.eks. MWh	Områdets samlede behov (el)	Solcelle produktion	Solcelle el som anvendes direkte	Energi som importeres * PER	Solcelle el som eksporteres
Husholdnings-el	30		8	$(30-8)*1,3=28,6$	
Varmt brugsvand	30		8	$(30-8)*1,3=28,6$	
Rumopvarmning	40		4	$(40-4)*1,7=61,2$	
Køling	0			0	
Solcelle el		140	20		$(140-20)*1,0=120$
I alt	100	140	20	118,4	120
Opvarmet etageareal				10.000 m ²	
Importeret energi pr. m ²				11,8 kWh/m ²	

Beregning af et områdes energibalance med primærenergifaktorer defineret i PHPP (version 9)

Området er et PlusEnergiOmråde, da der eksporteres (120 MWh) mere, end der importeres (118,4 MWh).

Ovennævnte definition tilgodeser imidlertid ikke den fordel, der er for det omliggende energisystem, hvis der skal leveres så lidt energi som muligt til området. Det foreslås derfor også i projektet at operere med plusenergiområder af forskellige grader (eller klasser), hvor klasserne defineres af, hvor meget energi der skal importeres til området pr. m² opvarmet etageareal.

Parametre der har indflydelse på projektet

Til redegørelse af muligheder samt udfordringer i omdannelse af et eksisterende lokalområde til et PlusEnergiOmråde, undersøges hvilke parametre, der har indflydelse på projektet.

Energiproduktion

Nødvendig energiproduktion samt hvilken type af system der skal producere denne energi, afhænger primært af det bygnings- og det brugeradfærdsrelaterede energiforbrug samt lokalområdets karakteristika. I de følgende afsnit er der beskrevet nogle af de overvejelser, som skal inkluderes i processen, når det energiproducerende system skal projekteres.

Nødvendig energiproduktion

For at kunne dimensionere det energiproducerende system, er det nødvendigt at bestemme det nødvendige energibehov. Energiforbrugets størrelse kan baseres på forskellige scenarier som f.eks.:

- Det bygningsrelaterede energiforbrug, der er beregnet ud fra boligens alder og energiforbrug iht. varmeståbilen. Ved summering kan områdets energiforbrug bestemmes.
- Vurdering af hvorvidt energiforbruget kan reduceres via energirenovering, som prioriteres i forhold til økonomiske og tekniske parametre, der resulterer i en individuel og dernæst klyngemæssig anbefaling.
- Vurdering af hvorvidt energiforbruget kan nedbringes via bedre styring og dermed en umiddelbar reduktion af det beregnede energiforbrug for bygningen samt klyngen.
- Vurdering af det brugeradfærdsrelaterede forbrug. Brugeradfærdsanalysen i et givent hus vil resultere i en vurdering af energiforbrugets fleksibilitet, altså om energien kan anvendes på et andet tidspunkt, og hvor stor en del af energiforbruget, der er fleksibelt.

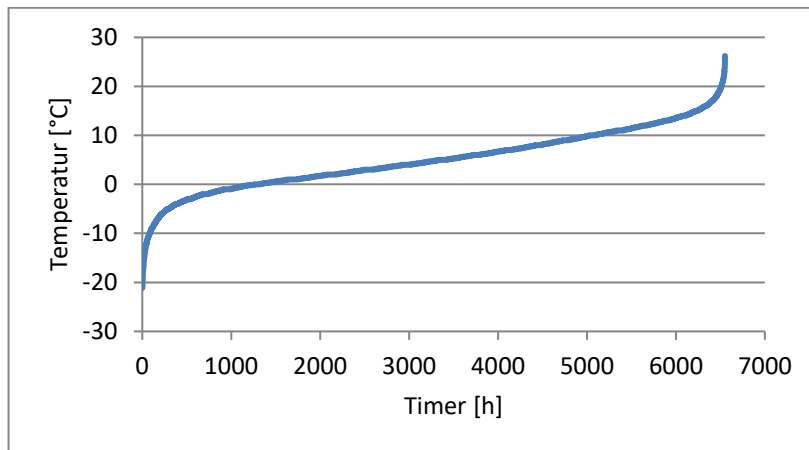
Kollektiv kontra individuel produktion

Inden et specifikt system vælges til at dække energibehovet, er det nødvendigt at vurdere hvorvidt det energiproducerende system skal være kollektivt, individuelt eller en kombination heraf.

Det positive ved de kollektive systemer er, at bygningsejeren ofte slipper for at vedligeholde det energisystemet som ved eksempelvis et pillefyr. De kollektive systemer har også oftere mere kvalificerede personer til at styre anlæggene, og dermed er der endvidere også større forsyningsikkerhed end ved de individuelle systemer.

De individuelle systemer er dog i mange tilfælde billigere lettere at implementere og kræver ikke store fællesarealer til produktionsanlæg, men kan implementeres i bygningen eller inden for ejendommens matrikel.

Det skal tages med i overvejelserne hvilke systemer, der skal dække spidsbelastningerne. Med hensyn til varme er dette om vinteren i de koldeste timer, hvor det for el er forskellige tider af døgnet. Et kollektivt varmeproducerende system vil være betydeligt overdimensioneret i forhold til standardbelastningen, da der er få timer med lave temperaturer, hvilket fremgår af nedenstående figur.



Varighedsdiagram over udetemperaturen

Alt efter priserne på de forskellige systemer kan det være en fordel at vurdere, hvor store dækningsgrader de forskellige systemer skal have. Det skal vurderes om der skal lægges et loft ind over varmekonsumet og evt. elforbruget. F.eks. kan loftet ligge ved et varmekonsum på 90 kWh/m², og brugere som ikke kan minimere deres energiforbrug via brugeradfærd eller energirenovering må tilkøbe spidsbelastningen fra lokalt eller måske central / eksternt anlæg.

Ved dimensionering af kollektive varmeproducerende systemer er det endvidere vigtigt at undersøge, hvilket distributionstab der vil være. Afstanden mellem bygningerne kan være med til at bestemme for det konkrete lokalområde om, det er muligt at lave et fuldt kollektivt system, decentrale kollektive systemer eller om det er mest fordelagtigt at have individuelle systemer.

Eksisterende varmesystem i bygningerne

Eftersom ikke alle bygninger er opvarmet via et vandbåret varmesystem er nødvendigt at undersøge hvorledes de eksisterende bygninger er opvarmet inden projektet igangsættes.

Er bygningen opvarmet ved brug af el-radiatorer eller brændeovn / masseovn har bygningen højst sandsynligt intet vandbåret varmesystem. Varmeflader i et ventilationsanlæg kan også være opvarmet med el, og i dette tilfælde vil der ofte heller ikke være noget vandbåret varmesystem.

Er der ikke et vandbåret varmesystem bør det overvejes, hvorvidt det er rentabelt at få installeret et 2-strengt vandbåret system kontra opvarmning med en vand-luft eller luft-luft varmepumpe og dermed bruge ventilation som opvarmningsform.

Hvis bygningen har et 1-strengt vandbåret varmesystem bør det overvejes, hvorvidt det er muligt at få et 2-strengt system eller gulvvarme i stedet. På trods af de omkostninger det har et lave sådanne systemer, så har det 1-strengede system en problematik om, at alle radiatorer skal være i brug for at opvarme den sidste radiator i rækken, hvilket hverken gulvvarme eller det 2-strengede system har.

Det kan også med fordel undersøges, hvorvidt de eksisterende systemer vil egne sig til et lavere temperaturer end det typiske 70/40°C temperatursæt. Disse overvejelser hænger ofte sammen med de energibesparende tiltag, som udføres på bygningerne for at reducere energibehovet til opvarmning.

Forsyningsikkerhed

Som tidligere nævnt, så har forsyningsikkerhed værdi for forbrugeren. I de fleste tilfælde anses det som værende uacceptabelt, hvis der ikke skulle være adgang til enten varmt vand eller strøm til at tænde ovnen eller tv'et når det er ønsket.

Med hensyn til varmeproducerende anlæg er det ofte muligt at skabe en vis form for forsyningsikkerhed for de enkelte forbrugere. Med hensyn til produktionen af el er denne sværere at imødekomme, specielt da de lokale el-producerende anlæg ofte er meget vejrafhængige (vindmøller og solceller). Da elproduktionen er fluktuerende, bør det derfor overvejes at beholde dele af eksisterende elproduktion, som forsyner bygningerne i dag til at dække spidsbelastningen.

Bygningsrelateret energiforbrug

Bygningsrelateret energiforbrug skal forstås det totale energiforbrug i ejendommen fratrukket energiforbrug til husholdning. Parametre som relateres til det bygningsrelaterede energiforbrug, er ofte noget som kan forbedres gennem investeringer i form af energirenovering.

Energiforbrug til opvarmning

I boliger består det bygningsrelaterede energiforbrug primært af den energi, som der skal bruges til opvarmning. Hvor meget der skal opvarmes afhænger af den ønskede indetemperatur i bygningen. Som standard i DS418 regnes varmetabet ud fra en indetemperatur på 20°C, men i realiteten er der ofte varmere i de danske boliger. En tommelfingerregel er, at der bruges 5 % mere energi til opvarmning per grad indetemperaturen øges. Hvis der eksempelvis installeres et kollektivt system til en grundlast og et individuelt system i hver bygning til spidslasterne, vil det individuelle system også kunne bruges til at tage sig af den højere indetemperatur, som den enkelte forbruger ønsker. Dermed reduceres den nødvendige effekt, et kollektivt system skal levere.

Hvis bygningerne står overfor at skulle have skiftet diverse systemer eller dele af systemer i den nærmeste fremtid, kan der ofte argumenteres for at disse bygninger bør være iblandt de første som istandsættes. Alderen af bygningen og systemerne deri kan hermed være en indikator for hvilke bygninger der bør få udskiftet hvad, og i hvilken rækkefølge det bør blive gjort.

Hvilken type systemer der kan bruges for det konkrete lokalområde afhænger af, hvor meget plads der er til at huse de forskellige systemer - både lokalt og privat. Hvis der eksempelvis ikke er plads til at lægge flere kilometer jordvarmeslanger i lokalområdet, er det formegentlig ikke et stort jordvarmeanlæg, der skal laves for den pågældende landsbydel.

Energiforbrug til ventilation

Størstedelen af danske bygninger har ventilation. Hvorvidt det er i form af et reelt ventilationssystem, emhætteaftræk eller toilet/bad ventilatorer varierer meget fra bygning til bygning. Ventilation øger varmetabet og øger dermed også varmebehovet i en bygning. Samtidigt står ventilation også for en vis mængde af det årlige elforbrug. Ventilation forbedrer dog det atmosfæriske indeklima i bygningen samt mindsker risiko for fugtskader.

I nyere bygninger eller bygninger der har undergået en gennemgribende renovering, er der i mange tilfælde installeret et balanceret ventilationsanlæg. Ventilationsanlæggene skaber komfort ved at sørge for, at der er en tilstrækkelig mængde frisk luft til rådighed, idet nyere bygninger bliver for tætte til at naturlig ventilation kan ske gennem sprækker i klimaskærmen. Hvis ikke de tætte huse ventileres tilstrækkeligt er der risiko for forekomster af indvendig kondensdannelse og skimmelsvamp, hvilket kan medføre helbredsproblemer for beboerne.

Brugeradfærdsrelaterede energiforbrug

Det brugeradfærdsrelaterede energiforbrug er de energiforbrug, som kan variere meget alt efter hvilken type af person, der agerer i en bygning. Disse energiforbrug består primært af varmtvands og elforbrug til husholdning, hvor sidstnævnte er alt fra køkkenudstyr til underholdning i form af stereoanlæg, tv, mv.

Energiforbrug til varmtvandsproduktion

Energiforbruget til varmtvandsforbruget afhænger meget af de personer, som benytter bygningen, og det kan være svært at dimensionere et anlæg til at kunne klare alt varmtvandsforbrug i alle situationer. Hvis en familie med to teenagere flytter ind i et hus, som tidligere havde et system dimensioneret til to ældre mennesker, så vil systemet formegentlig ikke kunne følge med grundet teenagernes forbrugsvaner. Hvis det almindelige varmesystem ikke kan varme varmtvandsbeholderen nok op, kan en el-patron bruges.

En varmtvandsbeholder kan også bruges til at lagre overskydende energi som produceres vha. vedvarende energikilder. Dermed undgås det, at den overskydende energi går til spilde.

Elforbrug til privat brug

At dimensionere et anlæg til at dække det private elforbrug kan være udfordrende, idet elforbruget kan være enormt varierende. Vedvarende energiproduktion af el er fluktuerende, og de nye afregningsregler gør det svært at benytte al den producerede el inden den skal sælges videre. Da en stor andel af den producerede el sælges til det kollektive elnet med en lavere pris uden elafgift, kan det være svært at skabe en positiv økonomi selvom anlægget producerer mere energi end der forbruges på et år.

Bygningsrelaterede parametre med indflydelse på projektet

I det følgende er nævnt de belyste parametre og deres betydning for projektet. Fra nedenstående tabel ses det at forsyningssikkerhed og det omfang de opførte systemer skal vedligeholdes, skaber en værdi for bygningsejeren. Derudover ses det, at hvorledes spidsbelastningerne håndteres har en betydning for størrelsen og antallet af systemer.

For at vide hvorvidt det er mest rentabelt at energioptimere bygningerne kontra at installere et større varmeanlæg, er det nødvendigt at vide hvilken tilstand bygningen og dens systemer er og hvilken temperatur der ønskes inde i bygningen. Med disse informationer kan der dermed dannes et argument for hvad der bør gøres i de enkelte situationer.

Parameter	Betydning for projektet
Forsyningsikkerhed	Værdi for bygningsejer
Vedligehold	Værdi for bygningsejer; eksempelvis gennem anvendelse af index for gennemsnitlig vedligehold
Pris for systemer	Økonomi
Eksisterende systemtyper i bygninger	Synliggørelse af mulige systemer for fremtidigt energisystem
Spidsbelastning	Størrelse af systemer, antal forskellige systemer
Dækket elforbrug – standard kontra reelle tal	Størrelse af el-producerende systemer
Dækningsgrad af elforbrug i bygningerne	Størrelse af el-producerende systemer
Afstand mellem boliger	Distributionstab ved mindre og større kollektive systemer
Afkald på kontrol over varmesystem	Styring af varmesystem efter vejrudsigter, forudsigelser om produktion samt afstemt med forudsigelse af forbrug (registrering af brugers ønsker om fx økonomi kontra komfort → hurtig kontra langsom responstid)
Ønsket indetemperatur kontra standard værdi	Forventet energibehov, dimensionering af kollektive systemer
Bygningernes tilstand <ul style="list-style-type: none"> - Mængde af isolering i vægge, loft og gulve - Type af ruder - Alder og type af vindueskarme - Længde og type af linjetab - Infiltrationstab - 'Ventilationstab' 	Nuværende energibehov, potentialeanalyse for reducere af energibehov, temperatursæt i varmesystemer
Eksisterende bygninger og systemers alder	Identificering af indsatsområder
Plads til rådighed til diverse systemer; kollektivt og privat	Valg af systemtype
Ventilering af bygningerne	Øget varmetab og dermed energibehov, større elforbrug ved ventilationsanlæg
Varmtvandsbeholdere i bygninger	Øget fleksibilitet ved udjævning af energiproduktion og lagring af grøn energi samt forsyningsikkerhed

Bygningsrelaterede parametre samt deres betydning for projektet

Interviewskema

Data om ejendommen:

Boligareal:

Bebygget areal:

Opførelsesår:

Ombygningsår:

Energimærke:

Opvarmingskilde:

Varmeforbrug:

Elforbrug:

Spørgsmål	Uddybelse	Bemærkninger/Svar
Brugstider samt brugsmønster	Generel brugstid for ejendommen Er der generelt timer hvor der er ingen hjemme? (F.eks. opdelt i hverdag/weekend)	
Placeringen og antal af teknikskabe	Hvor mange teknikskabe findes på ejendommen, hvor er de placeret og hvad indeholder de?	
Er der uhensigtsmæssigheder og/eller gener ved ejendommen?	Gener for ejendommens brugere, med henblik på bl.a. Installationer, drift, trækgener, overophedning, fugt, vandindtrængning, mug, støj, støv og vedligeholdelsesstand.	
Hvilken temperatur ønskes i ejendommen	Brugere af ejendommen som til sammen har et ønske omkring inde temperaturen. F.eks. højere eller lavere temperaturer i visse lokaler	

Energibesparelser	F.eks. - natsænkning af temperatur - vejrkompensering af fremløb - reducere af standby-forbrug - m.m.	
Klimaskærm	Har brugeren kendskab til isoleringsmængder i ydervægge, terræn-/etagedæk, tag/loft evt. skunk? Er der kolde vægge? Hvor gammelt er taget (Normal levetid på tagkonstruktion er 50 år) Adgang til loft?	
Vinduer	Har brugeren datablade på vinduerne eller kendskab til deres energimæssige kvaliteter?	
Ventilation i ejendommen	I hvilket omfang er ejendommen ventileret.	
Varmeanlægget i ejendommen	Hvordan og med hvad er ejendommen opvarmet (Radiatorer, gulvvarme, ventilation mm) Hvordan er det opbygget, f.eks. 1- eller 2. strengs anlæg.	

Brugsvandsanlæg i ejendommen	Hvordan er brugsvandsanlægget opbygget. Er det beholder eller veksler? Er der cirkulation af varmt vand?	
Belysning	Er der generelt udskiftet belysning til LED eller sparepærer. Er der udvendige belysning? Tænder der automatisk ved skumring eller er det på ur/kontakt?	
Tilbagebetalingstid	Holdning til længde	
Andet		

Ejendom 1

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	123 m ²
Bebygget areal:	75 m ²
Opførelsesår:	1939
Energimærke:	D (Energimærke fra 2016))
Opvarmingskilde:	Træpillefyr
Varmeforbrug:	23.500 kWh = ca. 14.000 kr
Elforbrug:	4.000 kWh = ca. 9.000kr

Ejendommen er beliggende ved hovedgaden i Tebstrup og er hus med halvanden plan og delvist opvarmet kælders. Ejendommen er opført som opvarmet med Oliefyr i BBR-registeret, men ejeren har udskiftet fyret til et mere miljøvenligt pillefyr.

Der er udarbejdet en energimærkerapport for ejendommen, som er gældende indtil 2026. Denne rapport er anvendt som supplement til energiscreeningen.

Nærmere beskrivelse af ejendommen fremgår under nedenstående tiltag. Der er kun medtaget tiltag, hvor energirådgiver vurderer et potentiale for en rentabel energirenovering.

Energibesparelsetiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelsetiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelsetiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Varmebesparelse:	13.300 kWh
Elbesparelse:	200 kWh
Samlet investering:	205.700 kr
Simpel tilbagebetalingstid:	24,5 år

Forudsat elpris: 2,3 kr/kWh

Forudsat varmepris for træpiller: 0,6 kr/kWh

Tiltagsoversigt:

1. Efterisolering af hanebåndsloft
2. Efterisolering af skunkvægge
3. Efterisolering af kældervæg
4. Udskiftning af vinduer
5. Udskiftning af pumpe ved pillefyr
6. Udskiftning af belysning til LED

Tiltag:**• Tiltag 1 - Efterisolering af hanebåndsloft****Eksisterende forhold:**

Hanebåndsloftet er isoleret med 100 mm isolering. Der er er lagt gulv over hele loftet, og det benyttes i dag som depot samt adgang til skorsten.

Energimærkerapporten viser, at der på loftet er isoleret med 200 mm isolering. Resultater nedenfor i parentes er løsningen med 200 mm isolering som eksisterende forhold i tilfælde af, at der blev opmålt forkert ved energiscreeningen den 19/3.

Forslag:

Efterisolering med 300 mm isolering til en fremtidig isoleringstykkelse på 400 mm isolering. Hævning af gulv således nuværende brug af loftrummet er uændret.

Varmebesparelse:

Det forventes at spare **822 kWh/år** i opvarmning af ejendommen, hvilket svarer til ca. **490 kr/år**.

(Alternativt: 317 kWh/år og ca. 190 kr/år)

Prisoverslag:

Prisen for indkøb inkl. fragt af 300 mm isoleringsbatts fra f.eks. Rockwool samt materialer til hævning af gulvet er ca. **4.800 kr.** (Alternativt: 3.800 kr)

Prisen er forudsat, at ejendommens ejer selv udfører arbejdet samt at materialer til gulvet genbruges.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen vil være betalt tilbage med energibesparelsen efter **10 år**. (Alternativt 20 år)

Bemærkninger:

Den forventede levetid på efterisoleringen er ca. 40 år, hvis det udlægges korrekt og holdes relativt rent.

• Tiltag 2 – Efterisolering af skunkvægge**Eksisterende forhold:**

Skunkvæggene er en integreret del af tagrummet og fungerer som adgangsvej til hanebåndsloftet med en stige. Væggen er kun delvist isoleret med 0 til ca. 100 mm isolering. Til beregning af isoleringsevnen regnes der med en gennemsnitlig isoleringstykkelse på 50mm.

Ved screening af ejendommen blev kun denne ene ende af huset (mod øst) besigtiget. Den vestlige side er antaget isoleret tilsvarende den østlige.

Forslag:

Demontering af den gamle isolering og efterisolering af hele fladen med 300 mm isoleringsbatts. Der isoleres også bag stige til loft.

Varmebesparelse:

Det forventes at spare **1000 kWh/år** i opvarmning af ejendommen, hvilket svare til ca. **600 kr/år**.

Prisoverslag:

Indkøb og fragt af 300 mm isoleringsbatts inkl. materialer til fastgørelse af trappe til hanebåndsloft forventes at koste ca. **3.400 kr**.

Prisen er forudsat at ejendommens ejer selv udfører arbejdet.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen vil være betalt tilbage med energibesparelsen efter **5,6 år**.

Bemærkninger:

Arealet af skunkvæggene er skønnet. Arbejdet bør udføres i forbindelse med tiltag 1.

Fra gangen til skunken er der monteret en almindelig indvendig dør. Hvis denne opleves kold, eller der mærkes træk fra døren, forslås denne enten udskiftet til en tæt og isoleret dør, eller montering af isolering og tætningslister på døren.

• Tiltag 3 – Efterisolering af kældervæg**Eksisterende forhold:**

Kældervægge er ifølge energimærkningsrapporten fra 2016 en massiv mur. Temperaturen i kælderen er gennemsnitligt vurderet til 20°C. Beregningen i energimærket fra 2016 forventes retvisende hvorfor resultater for denne er genbrugt.

Forslag:

Fra energimærket:

"Udvendig efterisolering med 200 mm isoleringsplader på kælderydervægge. Der skal anvendes et godkendt efterisoleringsprodukt til kælderydervægge. Arbejdet bør udføres i sammenhæng med isolering af samtlige kælderydervæggearealer, placeret både under og over terræn. De samlede isoleringsarbejder skal derfor udføres til så stor dybde som muligt, dog ikke dybere end kældervæggsfundamentet. Normalt mindst svarende til samme niveau som underside af indvendigt kældergulv for at bryde kuldebroen. Efter opsætning af den udvendige isolering, udføres der en regntæt inddækning øverst på efterisoleringen. Den skal udformes, så vand der løber ned ad facaden, bliver bortledt fra væggene effektivt. Hvis der ikke forefindes et omfangsdræn, bør dette etableres i forbindelse med efterisoleringsarbejdet."

Varmebesparelse:

Fra energimærket: Ca. **7.000 kWh/år = 4.200 kr/år**.

Prisoverslag:

Fra energimærket: **111.300 kr**.

Simpel tilbagebetalingstid:

Med investering og besparelsen i energimærket betales tiltaget hjem igennem energibesparelsen efter ca. **27 år**.

Bemærkninger:

Tilbagebetalingstiden virker umiddelbart lang, men levetiden på tiltaget er ca. 50 år så rentabiliteten er god. Hvis dele af arbejdet kan udføres af boligejer burde investeringen falde markant, og tilbagebetalingstiden forkortes.

Dette tiltag vil betyde, at indeklimaet i kælderen forbedres grundet reduceret kuldestråling fra indervæggene og forbedret mulighed for opvarmning af rum i kælder. Tiltaget er foreslået, fordi kælderen er opvarmet til ca. 20°C og vurderet i brug til ophold. Hvis dette ikke er tilfældet skal tiltaget ikke udføres, men i stedet kan temperaturen i kælderen sænkes.

• Tiltag 4 – Udskiftning af vinduer**Eksisterende forhold:**

De fleste vinduer på ejendommen er ældre trævinduerne med 2-lags glas. Der er udskiftet enkelte vinduer til nye. I de nye vinduer er ikke muligt at se rudetypen udefra, men de forventes at udskiftet efter år 2000, hvorfor de med stor sandsynlighed er med energiglas, og derfor ikke skal udskiftes.

Indgangsdøren til ejendommen er af træ og med 2-lags rude uden energiglas. Dør til altan på 1.sal er tilsvarende uden energiglas.

Forslag:

Udskiftning af alle trævinduer med 2-lags glas uden energibelægning. Vinduer der foreslås udskiftet fremgår af screeningsbilaget med rødt. De to yderdøre udskiftes også til nye døre med lavt varmetab.

Det anbefales at udskifte vinduerne til nye med 3-lags lavenergiglas af energimærke A. Disse er gode til at holde varmen inde i huset og samtidig lukke solvarme ind til reducere af opvarmningsbehovet.

Varmebesparelse:

Ved udskiftning af alle vinduerne forventes det at spare **4.200 kWh/år**, hvilket svare til ca. **2.500 kr/år**.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af vinduer og døre forventes at koste ca. **83.000 kr**.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen er betalt tilbage med energibesparelsen efter **32,8 år**.

Bemærkninger:

Tilbagebetalingstiden på næsten 33 år er lang, men almindelig for en vinduesudskiftning. Rentabiliteten er dog god, da vinduerne har en forventet levetid på 50 år. Desuden er vinduerne vedligeholdelsesfrie, så der spares omkostninger til årlig behandling.

Brugere vil mærke et forbedret indeklima med de nye vinduer ved reduceret trækgener grundet forøget tæthed af bygningen, samt en reduktion i kuldestråling og kuldenedfald fra vinduerne. Dog skal man være opmærksom på, at der skal luftes mere ud sammenlignet med nuværende forhold. Dette skyldes tætningen af bygningen som reducere opvarmningsbehovet, men medfører en risiko for forøget luftfugtighed.

Grundet fejl i energiscreeningsbilaget er vinduesoptællingen på den østlige facade ikke gemt. Vinduesarealet på østfacaden er derfor antaget tilsvarende den vestlige facade.

• Tiltag 5 – Udskiftning af pumpe ved træpillefyr

Eksisterende forhold:

Ved træpillefyret var der monteret en ældre pumpe fra IMP pumps af typen NMT 25/40. Pumpen og varmeinstallationen er ikke isoleret.

Forslag:

Udskiftning af pumpen til en ny pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 25-40 med AutoAdapt funktion. Der medfølger sammen med pumpen en isoleringskappe, som anbefales påmonteret. Herudover vurderes det, at opvarmningen fra fyret og de resterende tekniske installationer bidrager til opvarmning og affugtning af kælderen, hvorfor rørene ikke foreslås isolerede.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumpen, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes, hvilket vil svare til ca. **175 kWh/år**.

Elbesparelse:

Den nye pumpe kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **200 kWh** elektricitet.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen bliver ca. **3000 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Tiltaget betales tilbage i form af minde elregning og reduceret opvarmningsbehov over **5,3 år**.

Bemærkninger:

Grundet manglende data for IMP-pumpen er besparelsen beregnet på baggrund af en tilsvarende pumpe fra Grundfos.

• Tiltag 6 – Udskiftning af belysning til LED

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen hovedsageligt er med sparepære.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærerne er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes vurderes en elbesparelse på ca. **1.100 kWh/år** Hvilket svare til **2.500 kr/år**.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

Investering og besparelse for dette tiltag er ikke medtaget i den summerede investering og besparelse.

Ejendom 2

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	93 m ²
Bebygget areal:	69 m ²
Opførelsesår:	1942
Energimærke:	G (Energimærke fra 2008)
Opvarmningskilde:	Oliefyr fra ca. 1993 af typen Block MK II.
Varmeforbrug:	Oplyst: 2.000-3.000 l olie - Regnet med 22.500 kWh = ca. 25.900 kr/år Suppleret af en fastbrændselsovn.
Elforbrug:	Ukendt. Vurderes til ca. 4.000 kWh/år = ca. 9.000 kr/år

Ejendommen er beliggende ved hovedgaden i Tebstrup og er hus med halvanden plan og uopvarmet kælder. Ejendommen er opvarmet med Oliefyr. Opvarmningen i stuen er suppleret med en fastbrændselsovn. Erfaring fra andre ejendomme viser at denne ekstra opvarmning ikke medfører en stor energibesparelse, men i stedet bidrager til hævnning af temperaturen fra de almindelige 20-21°C. Dette vurderes også som tilfældet her, da det oplyses at der generelt er omkring 24-25 grader i boligen. Der blev dog ikke registreret så høje temperaturer udenfor køkken og stue, hvorfor der i beregningerne er anvendt en indvendig temperatur på 20°C. Den evt. forhøjede indetemperatur kan anses som sikkerhed i beregningerne.

Der er udarbejdet et energimærke for ejendommen, som udløb i 2013. Denne rapport er anvendt som supplement til energiscreeningen, med forståelse for at der er udført renoveringstiltag siden 2008 hvor den blev udarbejdet. Energimærket i 2008 var G, men siden da er der udført energibesparende tiltag som bl.a. efterisolering af hultmure og etagedæk mod kælder. Derfor vurderes det nuværende energimærke ikke at være et G, men i stedet omkring D til E.

Energirenoveringen er inddelt i tiltag hvor de individuelle dele af ejendommen, hvor der vurderes potentiale for energirenovering, er beskrevet.

Energibesparelsetiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelsetiltag som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelsetiltag udføres vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmningskilde fra oliefyr til varmepumpe

Varmebesparelse:	5.477 kWh	= 23% af nuværende forbrug (54% sparet på varmeregningen)
Elbesparelse:	200 kWh	= 5% af nuværende forbrug
Samlet investering:	155.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	12,2 år	

Forudsat elpris: 2,3 kr/kWh
Gennemsnitlig varmepris for varmepumpen: 0,70 kr/kWh

Ekskl. Konvertering af opvarmingskilde:

Varmebesparelse:	3.586 kWh	= 15% af nuværende forbrug
Elbesparelse:	200 kWh	= 5% af nuværende forbrug
Samlet investering:	58.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	12,7 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Forudsat varmepris for olie:	1,15 kr/kWh	

Tiltagsoversigt:

1. Efterisolering af hanebåndsloft
2. Efterisolering af skunkvægge
3. Efterisolering af vægge mod hems
4. Udskiftning af vinduer
5. Udskiftning af pumpe ved oliefyr
6. Udskiftning af belysning til LED
7. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:

- Tiltag 1 - Efterisolering af hanebåndsloft

Eksisterende forhold:

Hanebåndsloftet er isoleret med 100mm isolering. Loftet bliver kun brugt som adgangsvej til skorsten.

Forslag:

Efterisolering med 300mm isolering til en fremtidig isoleringstykkelse på 400 mm isolering. Hævning af gulv/gangbro til skorsten således nuværende brug af loftrummet er uændret.

Varmebesparelse:

Efterisolering af loftet vil medføre en varmebesparelse på ca. **750 kWh**, hvilket svarer til **863 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Indkøb af isoleringsbatts af tilsvarende kvalitet som Rockwool samt genetablering af gangbro/gulv i loftrum forventes at koste ca. **5.000 kr**, hvis arbejdet kan udføres af boligejer.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen forventes at kunne betale sig selv hjem efter **5,8 år** i form af et lavere olieforbrug.

Bemærkninger:

Det er forudsat, at nuværende materialer til loft/gangbro til skorsten kan genbruges.

Arealet er vurderet ud fra satellitfotos af ejendommen.

- Tiltag 2 – Efterisolering af skunkvægge

Eksisterende forhold:

Skunken fungerer som adgangsvej til loftrummet. Der er adgang til skunken igennem en almindelig indvendig dør. Skunken er isoleret med 100 mm isolering alle steder, undtagen ved trappen til loftrummet som tilsyneladende er uisoleret.

Forslag:

Det foreslås at efterisolere skunkvæggen med en 200 mm isoleringsbatts af fabrikat som Rockwool eller tilsvarende. Trappen demonteres og efterisoleres med mindst 200mm isolering, inden trappen genetableres.

Der skal ved efterisoleringen ligges fokus på at undgå kuldebroer da disse vil fjerne en stor del af besparelsen af efterisoleringen.

Varmebesparelse:

Efterisolering af skunkvæggen og fjernelse af kuldebroen ved trappen forventes, at medføre en reduktion i varmetabet på **296 kWh/år**, hvilket svarer til ca. **340 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Hvis arbejdet udføres af boligejer, forventes indkøb og fragt af isolering samt materialer til ny trappe at koste ca. **2.300 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden på tiltaget er ca. **5,9 år**, og betales tilbage i form af reduceret olieforbrug.

Bemærkninger:

Efter den yderligere isolering er monteret, kan døren undersøges. Hvis den er for kold, eller der opleves træk, kan den udskiftet til en tættere og bedre isoleret dør. Alternativt kan den efterisoleres mod skunken, og påmonteres tætningslister.

Ved screening blev kun den ene østlige del af skunken vist. Det beregnede tiltag er kun for det der blev set på screeningen. Hvis der er en tilsvarende i den vestlige del af huset bliver investeringen og besparelsen større.

Arbejdet bør udføres i forbindelse med tiltag 1.

- Tiltag 3 – Efterisolering af vægge mod hems

Eksisterende forhold:

Vægge i loftrum mod hems er isoleret med 100mm isolering. Isoleringen er i pæn stand.

Forslag:

Montering af en ekstra isoleringsbatts med en tykkelse på 200mm udenpå den eksisterende isolering.

Varmebesparelse:

Det forventes en varmebesparelse på ca. **274 kWh/år**, hvilket svarer til **314 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Indkøb og fragt af isoleringsbatts koster ca. **1.600 kr.** Det forudsættes at boligejer selv kan montere isoleringen korrekt.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tiltaget vil kunne betale sig selv hjem i form af lavere olieforbrug efter **5,1 år.**

Bemærkninger:

Boligejer skal være opmærksom på isolering af evt. kuldebroer. Arbejdet bør udføres i forbindelse med tiltag 1 og 2.

- Tiltag 4 – Udskiftning af vinduer

Eksisterende forhold:

Vinduer i ejendommen er 1-lagsruder ved indgangen og i kælderen, samt 2-lags ruder i resten. Nogle 2-lags ruder er udskiftet til nye med energiglas.

Alle vinduer mod kælder foreslås ikke udskiftet, da kælderen er uopvarmet. Hvis kælderen i fremtiden skal være opvarmet, skal vinduerne udskiftes.

Forslag:

I screeningsbilaget er vinduerne registreret og inddelt i 3 typer: blå: 1-lags ruder mod opvarmede rum som foreslås udskiftet, rød: 2-lags ruder uden energibelægning som foreslås udskiftet og grøn, som er 2-lags ruder med energibelægning som ikke udskiftes.

Vinduerne udskiftes til 3-lags ruder med lavenergibelægning og energimærke A. Det er fordelagtigt at investere i gode vinduer med lavt energiforbrug, da der er stor forskel på kvaliteten. Det anbefales ligeledes at investere i vedligeholdelsesfrie vinduer, da de som udgangspunkt har en længere levetid.

Varmebesparelse:

Udskiftning af alle vinduer medfører en besparelse på **2.000 kWh/år** hvilket svarer til ca. **2.300 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Indkøb og montage af vinduer og døre forventes at koste ca. **46.000 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen forventes betalt tilbage i form af reduceret olieforbrug indenfor **19,9 år.**

Bemærkninger:

Tilbagebetalingstiden på 19,9 år er lav for en vinduesudskiftning. Rentabiliteten er god, da vinduerne har en forventet levetid på 50 år. Desuden er vinduerne vedligeholdelsesfrie, så der spares omkostninger til årlig behandling.

Brugere vil mærke et forbedret indeklima med de nye vinduer ved reduceret trækgener grundet forøget tæthed af bygningen samt en reduktion i kuldestråling og kuldenedfald fra vinduerne. Dog skal man være opmærksom på, at der skal luftes mere ud sammenlignet med nuværende forhold. Dette skyldes tætningen af bygningen, som reducere opvarmningsbehovet, men medfører en risiko for forøget luftfugtighed.

- Tiltag 5 – Udskiftning af pumpe ved oliefyr

Eksisterende forhold:

Ved træpillefyret er der monteret en ældre pumpe fra Grundfos af typen UPS 25/40. Pumpen er ikke isoleret.

Forslag:

Udskiftning af pumpen til en ny pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 25-40 med AutoAdapt funktion.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumpen, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes, hvilket vil svare til ca. **252 kWh/år** tilsvarende **290 kr/år**.

Elbesparelse:

Den nye pumpe kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **200 kWh** elektricitet tilsvarende **460 kr/år**.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen bliver ca. **3.000 kr**.

Simpel tilbagebetalingstid:

Pumpen forventes betalt tilbage i form af lavere elregning og reduceret olieforbrug indenfor **4 år**.

Bemærkninger:

Ved konvertering fra oliefyr til varmepumpe medfølger en ny pumpe, hvorfor det skal afklares og fyret skal skiftes inden udskiftning af pumpen.

- Tiltag 6 – Udskiftning af belysning til LED

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen er en blanding af sparepære, glødepærer og led. De pære der anvendes mest er allerede udskiftet til LED.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærerne er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes vurderes en elbesparelse på ca. **407 kWh/år** hvilket svare til **937 kr/år**. Dette forudsættes at en større del allerede er udskiftet.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

- Tiltag 7 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Eksisterende forhold:

Ejendommen er opvarmet med et oliefyr fra 1993. Ejendommens varmeanlæg er en blanding af nyere og ældre radiatorer.

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmningskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter, at det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmningsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt at opsætte en fælles varmepumpeløsning, vil investeringen være lidt større, men driftsprisen lavere, således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører en varmebesparelse da fyrets virkningsgrad ikke er 100%. Varmebesparelsen er ca. **2.300 kWh/år**.

Den store besparelse i dette tiltag kommer ikke fra kWh-besparelsen, men i stedet besparelsen for en lavere driftspris på varmepumpen. Hvis der regnes med en COP-værdi på 3,0 som gennemsnit for året, vil den fremtidige varmepris blive 0,70 kr/kWh sammenlignet med 1,15 kr/kWh for oliefyret.

Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energirenoveringen, men ekskl. besparelsen for udskiftning af oliefyret) vil ligge på 18.900 kWh/år, hvilket vil koste ca. 21.750 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret ligge på 17.000 kWh, hvilket koster ca. 11.900 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **9.850 kr/år**.

Elbesparelse:

Der er en mindre besparelse, idet den eksisterende pumpe til oliefyret erstattes af en nyere pumpe i varmepumpen. Denne besparelse fremgår af tiltag 5.

Prisoverslag:

Det forventes, at den nye varmepumpe inkl. evt. indkøb og montage af 1-2 nye radiatorer vil koste ca. 90.000 kr.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for varmepumpen forudsat at alle tiltag udføres er ca. **9,1 år**. Hvis der ikke er behov for nye radiatorer, vil tilbagebetalingstiden falde.

Bemærkninger:

Det anbefales at vente med udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.

Ejendom 3

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	95 m ²
Bebygget areal:	95 m ²
Opførelsesår:	1967
Energimærke:	D (Energimærke fra 2007)
Opvarmingskilde:	Oliefyr fra ca. 2006 af typen Vølund 815.
Varmeforbrug:	Ca. 20.000 kWh = 23.000 kr/år
Elforbrug:	Antaget 4.000 kWh

Ejendommen er beliggende på en sidevej til hovedgaden i Tebstrup. Boligen er et etplanshus med opvarmet kælder under en del af huset. Resten er med krybekælder. Ejendommen er opvarmet med Oliefyr. Siden energimærket blev lavet i 2007 er der kommet nyt tag i hvilken forbindelse loftet blev efterisoleret til datidens standard. Energimærket vurderes passende.

Boligejer har problemer med træk fra stort vinduesparti i stuen, hvilket skyldes utætte tætningslister, samt et stort glasareal der medfører kuldenedfald. Der udskiftes ikke vinduer på ejendommen da alle er med 2-lags ruder med energibelægning. Det anbefales dog at udskifte tætningslisterne på vinduespartiet og derved forøge tætheden.

Energirenoeringen er inddelt i tiltag hvor de individuelle dele af ejendommen, hvor der vurderes potentiale for energirenoering, er beskrevet.

Energibesparesestiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparellestiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparellestiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmingskilde fra oliefyr til varmepumpe

Varmebesparelse: 2.576 kWh = ca. 13% af nuværende forbrug
(47% sparet på varmeregningen)

Elbesparelse: 100 kWh = ca. 3% af nuværende forbrug

Samlet investering: 105.500 kr

Simpel tilbagebetalingstid: 9,6 år

Forudsat elpris: 2,3 kr/kWh

Varmepris for varmepumpen: 0,70 kr/kWh

Ekskl. Konvertering af opvarmingskilde:

Varmebesparelse:	1.576 kWh	= ca. 8 % af nuværende forbrug
Elbesparelse:	100 kWh	= ca. 3 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	18.500 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	9,1 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Forudsat varmepris for olie:	1,15 kr/kWh	

Tiltagsoversigt:

1. Efterisolering af dæk mod krybekælder
2. Udskiftning af tætningsliste ved vindue i stue
3. Udskiftning af pumpe ved fyr
4. Udskiftning af belysning til LED
5. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:

- Tiltag 1 - Efterisolering af dæk mod krybekælder

Eksisterende forhold:

Boligejer har problemer med kolde gulve mod krybekælderen. Ved inspektion af kælderen blev der målt en isoleringstykkelse på ca. 80 mm på undersiden af gulvet.

Forslag:

Efterisolering på undersiden af dækket mod krybekælderen. Hvis det er muligt at påføre på eksisterende isolering, kan dette gøres med Wetspray af papiruld, der kan klæbe på undersiden. Isoleringstykkelsen er dog begrænset til ca. 150 mm.

Varmebesparelse:

Efterisolering af dækket vil medføre en varmebesparelse på **1.350 kWh/år**, hvilket svarer til ca. **1.560 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Ifølge Papiruld.dk vil det koste omkring **15.000 kr.** at efterisolere en almindelig krybekælder, og da der er fin adgang til krybekælderen, vurderes dette passende.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden vil være ca. **9,6 år**.

Bemærkninger:

Ved efterisolering af en krybekælder skal det sikres at udluftningsriste ikke tilstoppes, således krybekælderen fortsat ventileres.

Det er muligt, at en del af kulden i gulvet kommer fra linjetab i samlingen mellem ydervæg og dækket imod krybekælderen. Det blev ikke undersøgt ved screeningen, om denne kuldebro er isoleret i forvejen. Det vil ikke være økonomisk rentabelt at efterisolere denne kuldebro.

Alternativt til efterisoleringen af dæk mod krybekælder kan gulvkonstruktionen udskiftes ved etablering af gulvvarme.

- Tiltag 2 – Udskiftning af tætningsliste ved vindue i stue

Eksisterende forhold:

I stuen er der et stort vinduesparti med en skydedør. Tætningslisten mellem skydedøren og vinduet er slidt og lukker ikke tæt.

Forslag:

Udskiftning af tætningsliste således det ikke længere trækker ind igennem vinduespartiet.

Varmebesparelse:

Tætning af vinduespartiet vil medføre en besparelse på **132 kWh/år** hvilket svarer til ca. **150 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Der er vurderet en investering på **500 kr** til materialer og ny tætningsliste.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen er betalt tilbage i form af reduceret olieforbrug efter **3,3 år**.

Bemærkninger:

- Tiltag 3 – Udskiftning af pumpe ved fyr

Eksisterende forhold:

Ved oliefyret er der monteret en pumpe fra Grundfos af typen Alpha+ 25/40. Pumpen er ikke isoleret.

Forslag:

Udskiftning af pumpen til en ny pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 25-40 med AutoAdapt funktion.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumpen, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes på ca. **89 kWh/år** tilsvarende **100 kr/år**.

Elbesparelse:

Den nye pumpe kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **100 kWh** elektricitet tilsvarende **230 kr/år**.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen bliver ca. **3.000 kr**.

Simpel tilbagebetalingstid:

Pumpen forventes betalt tilbage i form af lavere elregning og reduceret olieforbrug indenfor **9 år**.

Bemærkninger:

Ved konvertering fra oliefyr til varmepumpe medfølger en ny pumpe, hvorfor det skal afklares inden udskiftning af pumpen.

Pumpens forventede levetid er 20 år.

- Tiltag 4 – Udskiftning af belysning til LED

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen er en blanding af sparepære, glødepærer m.m.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærene er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes til LED-pærer vurderes en elbesparelse på ca. **830 kWh/år** hvilket svare til **1.900 kr/år**.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

- Tiltag 5 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Eksisterende forhold:

Ejendommen er opvarmet med et oliefyr fra 2006. Ejendommens varmeanlæg er en blanding af radiatorer i stuen og gulvvarme i kælder

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmingskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter at, det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmingsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt, at opsætte en fælles varmepumpeløsning vil startsinvesteringen være lidt større, men driftsprisen lavere således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører en varmebesparelse da fyrets virkningsgrad ikke er 100%. Varmebesparelsen er ca. **1.000 kWh/år**.

Den store besparelse i dette tiltag kommer ikke fra kWh-besparelsen, men i stedet besparelsen for en lavere driftspris på varmepumpen. Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energirenoeringen, men ekskl. besparelsen for udskiftning af oliefyret) vil ligge på 18.400 kWh/år, hvilket vil koste ca. 21.200 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret ligge på 17.500 kWh, hvilket koster ca. 12.200 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **9.000 kr/år**.

Elbesparelse:

Der er en mindre besparelse, idet den eksisterende pumpe til oliefyret erstattes af en nyere pumpe i varmepumpen. Denne besparelse fremgår af tiltag 5 uden investeringen.

Prisoverslag:

Det forventes at den nye varmepumpe inkl. evt. indkøb og montage af 1-2 nye radiatorer vil koste ca. 90.000 kr.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for selve varmepumpen forudsat at alle tiltag udføres, er ca. **10 år**. Hvis der ikke er behov for nye radiatorer vil tilbagebetalingstiden falde.

Bemærkninger:

Det anbefales at vente med udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.

Brugsvand opvarmes med elpatron om sommeren når fyret slukkes. Forbruget hertil er ukendt og er derfor ikke medregnet i tiltaget. Dette virker som sikkerhed for beregningen.

Ejendom 4

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	136 m ²
Bebygget areal:	136 m ²
Opførelsesår:	1978
Energimærke:	-
Opvarmingskilde:	Oliefyr
Varmeforbrug:	1.200 l/år = ca. 12.000 kWh – Suppleret med brændeovn.
Elforbrug:	3.500 kWh

Ejendommen er en 1-plans ejendom fra 1978 i Tebstrup. Ejendommen er opvarmet med et nyere oliefyr med styring der sænker fremløbstemperaturen om natten. Ejendommen har siden opførelsen fået udskiftet vinduer til nye med 2-lags energiglas. Ejendommen er med isolerede ydervægge.

Nærmere beskrivelse af ejendommen fremgår under nedenstående tiltag. Der er kun medtaget tiltag, hvor energirådgiver vurderer et potentiale for en rentabel energirenovering.

Energibesparelestiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelestiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelestiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmingskilde fra oliefyr til varmepumpe

Varmebesparelse:	1845 kWh	= 15 % af nuværende forbrug (49% sparet på varmeregningen)
Elbesparelse:	0 kWh	= 0 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	90.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	13,4 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Varmepris for varmepumpen:	0,70 kr/kWh	

Ekskl. Konvertering af opvarmingskilde:

Varmebesparelse:	1845 kWh	= 15 % af nuværende forbrug
Elbesparelse:	0 kWh	= 0 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	2000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	9,3 år	

Forudsat elpris: 2,3 kr/kWh

Forudsat varmepris for olie: 1,15 kr/kWh

Tiltagsoversigt:

1. Efterisolering af loft
2. Udskiftning af belysning til LED
3. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:

• Tiltag 1 – Efterisolering af loft

Eksisterende forhold:

Loftet er isoleret med mellem 150 mm og 200 mm isolering. Der er en gangbro i hele ejendommens længde.

Forslag:

Efterisolering af loftet til en fremtidig isoleringstykkelse på 400 mm. Gangbroen hæves til at passe den nye isoleringstykkelse.

Varmebesparelse:

Efterisolering af loftet vil medføre en varmesparelse på **1.850 kWh/år** hvilket svarer til ca. **2.100 kr/år**.

Prisoverslag:

Efterisolering af loft og hævnning af gangbroen forventes at koste ca. **20.000 kr**, hvis boligejer selv kan udføre arbejdet.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen vil være betalt tilbage i form af lavere varmeregning efter **9,3 år**.

Bemærkninger:

Efterisolering af loftet vil hjælpe til at holde på varmen i huset, hvilket vil medføre at natsænkningen af temperaturen ikke mærkes i samme omfang som i dag.

• Tiltag 2 – Udskiftning af belysning til LED

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen hovedsageligt er med halogen og sparepære.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærerne er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist

herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes vurderes en elbesparelse på ca. **1.200 kWh/år** Hvilket svare til **2.750 kr/år**.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

Investering og besparelse for dette tiltag er ikke medtaget i den summerede investering og besparelse.

• Tiltag 3 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe**Eksisterende forhold:**

Ejendommen er opvarmet med et oliefyr fra 2009. Ejendommens varmeanlæg er med radiatorer

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmningskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter at, det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmningsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt, at opsætte en fælles varmepumpeløsning vil startsinvesteringen være lidt større, men driftsprisen lavere således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører ikke en varmebesparelse da fyrets virkningsgrad vurderes at være ca. 100%.

Den store besparelse i dette tiltag kommer fra for en lavere driftspris på varmepumpen. Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energireoveringen) vil ligge på 10.160 kWh/år, hvilket vil koste ca. 11.700 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret koste ca. 7.100 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **4.600 kr/år**.

Prisoverslag:

Det forventes at den nye varmepumpe vil koste ca. 70.000 kr forudsat at ingen radiatorer skal udskiftes

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for selve varmepumpen forudsat ingen tiltag udføres, er ca. **12,9 år**. Hvis der ikke er behov for nye radiatorer vil tilbagebetalingstiden falde.

Udskiftning til en varmepumpe vil påvirke tilbagebetalingstiden for de andre tiltag i en negativ retning. Tilbagebetalingstiden for varmepumpen vil være **15,3 år** hvis alle tiltag udføres.

Bemærkninger:

Det anbefales at vente med en evt. udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.

Ejendom 5

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	120 m ²
Bebygget areal:	120 m ²
Opførelsesår:	1977
Energimærke:	-
Opvarmingskilde:	Oliefyr
Varmeforbrug:	1.200 l/år = ca. 12.000 kWh
Elforbrug:	ca. 3.500 kWh/år

Ejendommen er fra 1977 og opført i 1-plan. Vinduer på ejendommen er udskiftet til nye med 2-lags energiglas og loftet er efterisoleret til ca. 300 mm. Ejendommen er opvarmet med et olie-fyr med en gammel kedel men nyere brænder. Der er opsat et solcelleanlæg på ejendommen som er under den gamle ordning med mulighed for lagring af el på det offentlige elnet i et år. Det er oplyst at der ikke betales el da solcelleanlægget årligt producere mere end der forbruges.

Nærmere beskrivelse af ejendommen fremgår under nedenstående tiltag. Der er kun medtaget tiltag, hvor energirådgiver vurderer et potentiale for en rentabel energireovering.

Energibesparesestiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelsestiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelsestiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmingskilde fra olie-fyr til varmepumpe

Varmebesparelse: 1.640 kWh = 14 % af nuværende forbrug
(52 % sparet på varmeregningen)

Elbesparelse: 200 kWh = 6 % af nuværende forbrug

Samlet investering: 111.000 kr

Simpel tilbagebetalingstid: 15,8 år

Forudsat elpris: 2,3 kr/kWh

Varmepris for varmepumpen: 0,70 kr/kWh

Ekskl. Konvertering af opvarmingskilde:

Varmebesparelse:	1.100 kWh	= 9 % af nuværende forbrug
Elbesparelse:	200 kWh	= 6 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	24.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	14 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Forudsat varmepris for olie:	1,15 kr/kWh	

Tiltagsoversigt:

1. Udskiftning af yderdøre
2. Udskiftning af pumpe ved fyr
3. Udskiftning af belysning til LED
4. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:**• Tiltag 1 – Udskiftning af yderdøre****Eksisterende forhold:**

Der er to indgangsdøre til ejendommen der ikke er udskiftet som de resterende vinduer. Dørene er med 2-lags termoruder.

Forslag:

Udskiftning af yderdøre til nye af energiklasse A med lavere varmetab og forøget lufttæthed.

Varmebesparelse:

Udskiftning af døre vil medføre en besparelse på **850 kWh/år** hvilket svarer til ca. **970 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

Indkøb og montage af de to døre forventes at koste ca. **21.000 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen er betalt tilbage i form af lavere olieforbrug efter **21,7 år.**

Bemærkninger:

Tilbagebetalingstiden på klap 22 år virker lang, men levetiden på en ny vedligeholdelsesfri dør er ca. 50 år hvorfor rentabiliteten er god.

• Tiltag 2 – Udskiftning af pumpe ved fyr

Eksisterende forhold:

Ved fyret var der monteret en ældre pumpe fra Grundfos af typen UPS 25/40. Pumpen er ikke isoleret.

Forslag:

Udskiftning af pumpen til en ny pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 25-40 med AutoAdapt funktion. Der medfølger sammen med pumpen en isoleringskappe, som anbefales påmonteret. Herudover vurderes det, at opvarmningen fra fyret og de resterende tekniske installationer bidrager til opvarmning og affugtning af kælderen, hvorfor rørene ikke foreslås isolerede.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumpen, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes, hvilket vil svare til ca. **252 kWh** pr. år.

Elbesparelse:

Den nye pumpe kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **200 kWh** elektricitet.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen bliver ca. **3.000 kr.** inkl. moms.

Simple tilbagebetalingstid:

Tiltaget betales tilbage i form af minde elregning og reduceret opvarmningsbehov over **4 år**.

Bemærkninger:

• Tiltag 3– Udskiftning af belysning til LED

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen hovedsageligt er med sparepære og/eller halogen.

Forslag:

Solcelleanlægget gør, at det ikke er rentabelt at udskifte den eksisterende belysning til LED, da ejendommen generelt ikke har en elregning. Dog giver det god mening at reducere elforbruget fra belysning hvis der udskiftes opvarmningskilde til en varmepumpe, da den vil kunne bruge det meste af den strøm solcellerne producerer hvorfor der vil være et elforbrug at reducere.

Det anbefales derfor på sigt at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærene er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist

herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes vurderes en elbesparelse på ca. **1.050 kWh/år** Hvilket svare til **2.400 kr/år**, forudsat at der betales for den strøm belysningen bruger. Dette vil være tilfældet hvis der konverteres opvarmingskilde til en varmepumpe.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

Investering og besparelse for dette tiltag er ikke medtaget i den summerede investering og besparelse.

• **Tiltag 4 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe**

Eksisterende forhold:

Ejendommen er opvarmet med et oliefyr fra 1996 med nyere brænder. Ejendommens varmeanlæg er radiatorer med manuelle termostater.

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmingskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter at, det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmningsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt, at opsætte en fælles varmepumpeløsning vil startsinvesteringen være lidt større, men driftsprisen lavere således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører en varmebesparelse da fyrets virkningsgrad ikke er 100%. Varmebesparelsen er ca. **600 kWh/år**.

Den store besparelse i dette tiltag kommer ikke fra kWh-besparelsen, men i stedet besparelsen for en lavere driftspris på varmepumpen. Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energirenoeringen, men ekskl. besparelsen for udskiftning af oliefyret) vil ligge på 10.900 kWh/år, hvilket vil koste ca. 12.550 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret ligge på 11.360 kWh, hvilket koster ca. 7.250 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **5.300 kr/år**.

Elbesparelse:

Der er en mindre besparelse, idet den eksisterende pumpe til oliefyret erstattes af en nyere pumpe i varmepumpen. Denne besparelse fremgår af tiltag 5 uden investeringen.

Prisoverslag:

Det forventes at den nye varmepumpe inkl. evt. indkøb og montage af 1-2 nye radiatorer vil koste ca. 90.000 kr.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for selve varmepumpen forudsat ingen tiltag udføres, er ca. **15,1 år**. Hvis der ikke er behov for nye radiatorer vil investeringen og tilbagebetalingstiden falde.

Udskiftning til en varmepumpe vil påvirke tilbagebetalingstiden for de andre tiltag i en negativ retning. Tilbagebetalingstiden for hele investeringen vil være ca. **17 år** hvis alle tiltag udføres.

Bemærkninger:

Denne beregning er uden at medregne solcelleanlægget. Der vil være en god synergi i varmepumpen og solcelleanlægget. Især under den gamle ordning da solcelleanlægget producere strøm om sommeren som bruges af varmeanlægget om vinteren. Det forventes at elforbruget med varmepumpen vil stige med ca. 3.500 kWh/år hvor en stor del kan dækkes af solcelleanlægget. Tilbagebetalingstiden på varmepumpen forudsat at halvdelen af strømmen anvendt af varmepumpen er 10,1 år.

Det anbefales at vente med udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.

Ejendom 6

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	120 m ²
Bebygget areal:	74 m ²
Opførelsesår:	1927
Energimærke:	D (2016)
Opvarmingskilde:	Oliefyr
Varmeforbrug:	ca. 20.000 kr/år = ca. 17.400 kWh/år
Elforbrug:	Vurderet ca. 3.000 kWh/år

Ejendommen er en 2-plans villa fra 1927 placeret i Tebstrup. Ejendommen er opvarmet med et oliefyr og et varmeanlæg med radiatorer og gulvvarme. Ejendommen har et opvarmet udhus hvor oliefyret er placeret. Udhuset er opvarmet med en radiator samt varmetabet fra fyret hele året. Der er udskiftet en del vinduer til nye med energiglas i opholdsrum.

Der er lavet et Energimærke til ejendommen gældende til 2026, som er brugt som supplement til energiscreeningen.

Nærmere beskrivelse af ejendommen fremgår under nedenstående tiltag. Der er kun medtaget tiltag, hvor energirådgiver vurderer et potentiale for en rentabel energirenovering.

Energibesparelsetiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelsetiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelsetiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmingskilde fra oliefyr til varmepumpe

Varmebesparelse:	3.890 kWh	= 22 % af nuværende forbrug (53 % sparet på varmeregningen)
Elbesparelse:	200 kWh	= 7 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	115.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	10,5 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Varmepris for varmepumpen:	0,70 kr/kWh	

Ekskl. Konvertering af opvarmingskilde:

Varmebesparelse:	2.550 kWh	= 15 % af nuværende forbrug
Elbesparelse:	200 kWh	= 7 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	28.250 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	8,3 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Forudsat varmepris for olie:	1,15 kr/kWh	

Tiltagsoversigt:

1. Efterisolering af loft og loftlem
2. Frostsikring af hobbyrum
3. Udskiftning af vinduer
4. Udskiftning af pumpe ved fyr
5. Udskiftning af belysning til LED
6. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:**• Tiltag 1 – Efterisolering af loft og loftlem****Eksisterende forhold:**

Loftet er isoleret med isoleringsbatts med en målt tykkelse på 170mm. Der er ingen gangbro på loftet og det anvendes ikke som depot. Loftslemmen til loftrummet er gammel og dårligt isoleret og ikke tæt.

Forslag:

Udskiftning af loftlem til en ny tæt lem med bedre isoleringsevne. Efterisolering på loftet med indsprøjtet isoleringsgranulat til en fremtidig isoleringstykkelse på 400mm. Inden efterisoleringen skal tæthed af dampspærre kontrolleres og eventuelt repareres.

Varmebesparelse:

Efterisolering af loftet og udskiftning af loftslemmen vil medføre en besparelse på ca. **1.300 kWh** hvilket svarer til ca. **1.480 kr** med oliefyret.

Prisoverslag:

Indkøb og montage af isolering og ny loftslem forventes at koste ca. **17.500 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen er betalt tilbage efter **11,6 år.**

Bemærkninger:

Dette tiltag vil medvirke til at fjerne problemet med opvarmning af ejendommens 1.sal.

- **Tiltag 2 – Frostsikring af hobbyrum**

Eksisterende forhold:

Hobbyrummet er bygget som et opvarmet rum med 1-lags glas i vinduerne og formentlig uisolerede ydervægge. Rummet holdes dog varmt med spildvarme fra oliefyret og en enkelt radiator der står tændt året rundt for at holde en behagelig temperatur i rummet.

Forslag:

Da rummet ikke er tiltænkt at være opvarmet anbefales det at slukke for radiatoren så den ikke opvarmer rummet. Dette vil betyde at temperaturen falder til en 10-15°C da rummet kun opvarmes med spildvarme fra oliefyret. Hvis oliefyret udskiftes til en varmepumpe vil temperaturen falde yderligere.

Varmebesparelse:

Hvis radiatoren sættes til frostsikring, vil det medføre en besparelse på **890 kWh** hvilket svare til ca. **1.000 kr/år**.

Prisoverslag:

Der vil ikke være en investering i dette tiltag.

Bemærkninger:

Hvis ikke der ønskes at sænke temperaturen i rummet bør vinduerne udskiftes som del af tiltag 3.

- **Tiltag 3 – Udskiftning af vinduer**

Eksisterende forhold:

En del af vinduerne er udskiftet på ejendommen. I huset er der stadig enkelte vinduer med 2-lags termoruder, der ikke er skiftet. I hobbyrummet er der 1-lagsvinduer der er meget utætte. 1-lags ruderne har etableret en ikke-tæt forsatsrude uden energiglas.

Forslag:

Udskiftning af de resterende termovinduer (2 stk.) til nye vinduer med 3-lags glas af energimærke A. 1-lags vinduer er ikke medregnet da det antages at hobbyrummet fremover holdes koldt. I tilfælde af at dette ikke ønskes er de alternative resultater vist i parentes.

Varmebesparelse:

Udskiftning af de to vinduer vil medføre en besparelse på **250 kWh/år** hvilket svare til ca. **280 kr** med oliefyret. (Alternativt: 660 kWh/år og 760 kr/år)

Prisoverslag:

Udskiftning af vinduer forventes at koste ca. **8.000 kr.** (Alternativt: 17.400 kr)

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen vil være betalt tilbage efter **28,9 år.** (Alternativt: 22,9 år)

Bemærkninger:

Udskiftning af vinduer vil medføre en mærkbar komfortforbedring i de berørte rum, da kuldeneffald reduceres markant ved 3-lags ruder.

En tilbagebetalingstid på 29 år er lang, men da vinduernes forventede levetid er ca. 50 år er rentabiliteten god.

• Tiltag 4– Udskiftning af pumpe ved fyr**Eksisterende forhold:**

Ved fyret var der monteret en ældre pumpe fra Grundfos af typen UPS 25/40. Pumpen og varmeinstallationen er ikke isoleret.

Forslag:

Udskiftning af pumpen til en ny pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 25-40 med AutoAdapt funktion. Der medfølger en isoleringskappe, som anbefales påmonteret.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumpen, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes, hvilket vil svare til ca. **252 kWh** pr. år.

Elbesparelse:

Den nye pumpe kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **200 kWh** elektricitet.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen bliver ca. **3.000 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Tiltaget betales tilbage i form af minde elregning og reduceret opvarmningsbehov over **4 år**.

Bemærkninger:**• Tiltag 5 – Udskiftning af belysning til LED****Eksisterende forhold:**

Det er oplyst at belysningen på ejendommen hovedsageligt er med LED-pærer og enkelte halogenpærer.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærerne er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist

herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis den resterende belysning udskiftes til LED vurderes en elbesparelse på ca. **350 kWh/år** Hvilket svare til **800 kr/år**.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

Investering og besparelse for dette tiltag er ikke medtaget i den summerede investering og besparelse.

• Tiltag 6 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe**Eksisterende forhold:**

Ejendommen er opvarmet med et oliefyr fra 1999. Ejendommens varmeanlæg er en blanding af radiatorer og gulvvarme.

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmningskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter at, det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmningsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt, at opsætte en fælles varmepumpeløsning vil investeringen være lidt større, men driftsprisen lavere således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører en varmebesparelse da fyrets virkningsgrad ikke er 100%. Varmebesparelsen er ca. **1.570 kWh/år**.

Den store besparelse i dette tiltag kommer ikke fra kWh-besparelsen, men i stedet besparelsen for en lavere driftspris på varmepumpen. Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energireoveringen, men ekskl. besparelsen for udskiftning af oliefyret) vil ligge på 14.850 kWh/år, hvilket vil koste ca. 17.100 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret ligge på 13.500 kWh, hvilket koster ca. 9.400 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **7.700 kr/år**.

Elbesparelse:

Der er en mindre besparelse, idet den eksisterende pumpe til oliefyret erstattes af en nyere pumpe i varmepumpen. Denne besparelse fremgår af tiltag 5 uden investeringen.

Prisoverslag:

Det forventes at den nye varmepumpe inkl. evt. indkøb og montage af 1-2 nye radiatorer vil koste ca. 90.000 kr.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for selve varmepumpen forudsat ingen tiltag udføres, er ca. **10 år**. Hvis der ikke er behov for nye radiatorer vil tilbagebetalingstiden falde.

Udskiftning til en varmepumpe vil påvirke tilbagebetalingstiden for de andre tiltag i en negativ retning. Tilbagebetalingstiden for varmepumpen vil være ca. **11,8 år** hvis alle tiltag udføres.

Bemærkninger:

Det anbefales at vente med udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.

Ejendom 7

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	220 m ²
Bebygget areal:	137 m ²
Opførelsesår:	1980 – 1. sal er fra 1994.
Energimærke:	-
Opvarmingskilde:	Oliefyr
Varmeforbrug:	1.500-1.700 l/år = ca. 16.000 kWh
Elforbrug:	ca. 3.750 kWh/år

Ejendommen er en stor 2-plans villa fra 1980 opført som typehus. Boligen er opvarmet med et oliefyr og varmeanlægget er med radiatorer. Der er et ældre ventilationsanlæg i ejendommen som har indtag i krybekælderen. Anlægget er slukket det meste af tiden og tændes kun i få tilfælde til ventilation af baderum.

Nærmere beskrivelse af ejendommen fremgår under nedenstående tiltag. Der er kun medtaget tiltag, hvor energirådgiver vurderer et potentiale for en rentabel energireovering.

Energibesparesestiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelsestiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelsestiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmingskilde fra oliefyr til varmepumpe

Varmebesparelse:	2.490 kWh	= 16 % af nuværende forbrug (49 % sparet på varmeregningen)
Elbesparelse:	200 kWh	= 5 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	119.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	12,6 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Varmepris for varmepumpen:	0,70 kr/kWh	

Ekskl. Konvertering af opvarmingskilde:

Varmebesparelse:	1.780 kWh	= 11 % af nuværende forbrug
Elbesparelse:	200 kWh	= 5% af nuværende forbrug
Samlet investering:	35.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	13,9 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Forudsat varmepris for olie:	1,15 kr/kWh	

Tiltagsoversigt:

1. Rudeudskiftning
2. Udskiftning af pumper ved fyr
3. Udskiftning af belysning til LED
4. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:**• Tiltag 1 - Rudeudskiftning****Eksisterende forhold:**

Vinduer på ejendommen er trævinduer i god stand. De fleste ruder er med 2-lags termoruder uden energibelægning. Det vurderes at restlevetiden på vinduerne er over 25 år hvorfor en rudeudskiftning er mulig.

Forslag:

Udskiftning af alle termoruder til nye 2-lags ruder med energibelægning og dermed lavere varmetab.

Varmebesparelse:

En rudeudskiftning vil medføre en varmebesparelse på **1.530 kWh/år** hvilket svarer til ca. **1.760 kr/år** med oliefyret.

Prisoverslag:

I alt udskiftes ca. 22 m² ruder hvilket forventes at koste ca. **32.000 kr** at indkøbe og montere. Prisen er et forsigtigt bud. Det er muligt at det kan gøres billigere.

Simpel tilbagebetalingstid:

Investeringen er betalt tilbage efter **18,2 år**.

Bemærkninger:

Tiltaget medfører komfortforbedringer i form af reduceret kuldestråling og -nedfald ved de udskiftede vinduer. Det bliver også nemmere at holde på varmen efter udskiftningen.

- **Tiltag 2 – Udskiftning af pumper ved fyr**

Eksisterende forhold:

Ved træpillefyret var der monteret en ældre pumpe fra Wilo af typen PN10.

Forslag:

Udskiftning af pumpen til en ny pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 25-40 med AutoAdapt funktion. Der medfølger sammen med pumpen en isoleringskappe, som anbefales påmonteret. Herudover vurderes det, at opvarmningen fra fyret og de resterende tekniske installationer bidrager til opvarmning og affugtning af kælderen, hvorfor rørene ikke foreslås isolerede.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumpen, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes, hvilket vil svare til ca. **200 kWh** pr. år.

Elbesparelse:

Den nye pumpe kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **252 kWh** elektricitet.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen bliver ca. **3.000 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Tiltaget betales tilbage i form af minde elregning og reduceret opvarmningsbehov over **4 år**.

Bemærkninger:

Grundet manglende data for Wilo-pumpen er besparelsen beregnet på baggrund af en tilsvarende pumpe fra Grundfos.

- **Tiltag 3 – Udskiftning af belysning til LED**

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen hovedsageligt er med LED-pærer. Ejer vurderer at ca. 75% er udskiftet.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærerne er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes vurderes en elbesparelse på ca. **580 kWh/år** Hvilket svare til **1.300 kr/år**.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

Investering og besparelse for dette tiltag er ikke medtaget i den summerede investering og besparelse.

• Tiltag 4 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe**Eksisterende forhold:**

Ejendommen er opvarmet med et oliefyr fra 2004. Ejendommens varmeanlæg er med radiatorer.

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmingskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter at, det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmingsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt, at opsætte en fælles varmepumpeløsning vil startsinvesteringen være lidt større, men driftsprisen lavere således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører en varmebesparelse da fyrets virkningsgrad ikke er 100%. Varmebesparelsen er ca. **800 kWh/år**.

Den store besparelse i dette tiltag kommer ikke fra kWh-besparelsen, men i stedet besparelsen for en lavere driftspris på varmepumpen. Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energirenoeringen, men ekskl. besparelsen for udskiftning af oliefyret) vil ligge på 15.200 kWh/år, hvilket vil koste ca. 18.400 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret ligge på 13.500 kWh, hvilket koster ca. 9.400 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **9.000 kr/år**.

Elbesparelse:

Der er en mindre besparelse, idet den eksisterende pumpe til oliefyret erstattes af en nyere pumpe i varmepumpen. Denne besparelse fremgår af tiltag 5 uden investeringen.

Prisoverslag:

Det forventes at den nye varmepumpe inkl. evt. indkøb og montage af 1-2 nye radiatorer vil koste ca. 90.000 kr.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for selve varmepumpen forudsat ingen tiltag udføres, er ca. **11,6 år**. Hvis der ikke er behov for nye radiatorer vil tilbagebetalingstiden falde.

Reducering af energiforbruget vil påvirke tilbagebetalingstiden på udskiftning til en varmepumpe i en negativ retning da det er en billigere driftspris der er den største besparelse ved varmepumpen.

Tilbagebetalingstiden for varmepumpen vil være **13 år** hvis alle tiltag udføres.

Bemærkninger:

Det anbefales at vente med udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.

Ejendom 8

Beskrivelse af ejendom:

Boligareal:	146 m ²
Bebygget areal:	146 m ²
Opførelsesår:	1976
Energimærke:	-
Opvarmingskilde:	Oliefyr
Varmeforbrug:	1.100-1.200 l/år = ca. 11.500 kWh/år
Elforbrug:	Ca. 4.000 kWh/år

Ejendommen er et 1-planshus fra 1976. Der er udført tiltag på ejendommen for at sænke energiforbruget, som f.eks. en vinduesudskiftning i 2010, hulmursisolering, efterisolering af loftet og etablering af et solvarmeanlæg.

Nærmere beskrivelse af ejendommen fremgår under nedenstående tiltag. Der er kun medtaget tiltag, hvor energirådgiver vurderer et potentiale for en rentabel energirenovring.

Energibesparelsetiltag:

Der er generelt taget udgangspunkt i, at ejendommen kun skal renoveres med rentable energibesparelsetiltag, som kan betales tilbage indenfor tiltagets forventede levetid. Hvis alle energibesparelsetiltag udføres, vil det have følgende besparelse og økonomi:

Inkl. konvertering af opvarmingskilde fra olieforbrænding til varmepumpe

Varmebesparelse:	1.200 kWh	= 10 % af nuværende forbrug (45 % sparet på varmeregningen)
Elbesparelse:	400 kWh	= 10 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	90.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	13 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Varmepris for varmepumpen:	0,70 kr/kWh	

Ekskl. Konvertering af opvarmningskilde:

Varmebesparelse:	500 kWh	= 4 % af nuværende forbrug
Elbesparelse:	kWh	= 10 % af nuværende forbrug
Samlet investering:	6.000 kr	
Simpel tilbagebetalingstid:	4 år	
Forudsat elpris:	2,3 kr/kWh	
Forudsat varmepris for olie:	1,15 kr/kWh	

Tiltagsoversigt:

1. Udskiftning af pumper ved fyr
2. Udskiftning af belysning til LED
3. Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Tiltag:**• Tiltag 1 – Udskiftning af pumper ved fyr****Eksisterende forhold:**

Ved fyret var der monteret to ældre pumper fra Grundfos af typen UPS 15/40.

Forslag:

Udskiftning af pumperne til nye pumpe fra Grundfos af typen Alpha2 15-40 med AutoAdapt funktion. Der medfølger sammen med pumpen en isoleringskappe, som anbefales påmonteret.

Varmebesparelse:

Der vil være et reduceret varmetab fra pumperne, hvis den medfølgende isoleringskappe påsættes, hvilket vil svare til ca. **450 kWh** pr. år.

Elbesparelse:

De nye pumper kører med et lavere energiforbrug, hvilket medfører en årlig besparelse på **282 kWh** elektricitet.

Prisoverslag:

Indkøb og montering af pumpen koster ca. **6.000 kr.**

Simpel tilbagebetalingstid:

Tiltaget betales tilbage i form af minde elregning og reduceret opvarmningsbehov over **5,1 år.**

Bemærkninger:

• Tiltag 2 – Udskiftning af belysning til LED

Eksisterende forhold:

Det er oplyst at belysningen på ejendommen hovedsageligt er med sparepære og ikke LED.

Forslag:

Det anbefales at udskifte alle lyskilder til LED-pærer. Der er sket rigtig meget med LED-teknologien, og det er nu muligt at få pærer med samme eller bedre lyskvalitet som de gamle halogen og glødepærer. Pærerne er dyrere end f.eks. halogenpærer eller sparepære, men det markant lavere energiforbrug opvejer for dette. Desuden har LED-pærer en længere levetid sammenlignet med andre pæretyper.

Tilbagebetalingstiden for udskiftning af pærer afhænger dog meget af brugstiden og armaturtypen. Hvis denne skulle beregnes som del af denne rapport, ville det blive for stort et skøn. Derfor er elbesparelsen vist herunder et potentiale hvis alt udskiftes til LED, men der er ikke regnet en investering eller tilbagebetalingstid.

Det anbefales at udskifte lyskilder i de rum som har en stor brugstid, som f.eks. køkken, stue og enkelte værelser. I andre rum burde lyskilden udskiftes til LED, når de eksisterende pærer sprænger.

Elbesparelse:

Hvis alt belysning udskiftes vurderes en elbesparelse på ca. **1.300 kWh/år** Hvilket svare til 2.980 kr/år.

Prisoverslag:

-

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden er ikke beregnet i dette tilfælde grundet for mange antagelser. Generelt vil LED-belysning kunne betale sig selv hjem over 5-10 år.

Bemærkninger:

Investering og besparelse for dette tiltag er ikke medtaget i den summerede investering og besparelse.

• Tiltag 3 – Konvertering fra oliefyr til varmepumpe

Eksisterende forhold:

Ejendommen er opvarmet med et nyere oliefyr. Der er også et solvarmeanlæg, som medfører at oliefyret er slukket i store perioder af sommeren.

Forslag:

Konvertering af oliefyret som opvarmningskilde til en ny varmepumpe. Den bedste løsning afhænger af, hvorvidt det er muligt at etablere en fælles løsning med varmepumper i området. Denne beregning forudsætter at, det ikke er muligt, og der i stedet indsættes en luft/vand varmepumpe til dækning af ejendommens opvarmningsbehov og varmt brugsvand.

Hvis det er muligt, at opsætte en fælles varmepumpeløsning vil startsinvesteringen være lidt større, men driftsprisen lavere således det samlet set er en bedre forretning end en individuel varmepumpe.

Solfangeranlægget kan sagtens anvendes som del af varmepumpen, som forvarmning af en vandbaseret varmepumpe.

Varmebesparelse:

Udskiftning af fyret medfører en varmesparelse da fyrets virkningsgrad ikke er 100%. Varmebesparelsen er ca. **700 kWh/år**.

Den store besparelse i dette tiltag kommer ikke fra kWh-besparelsen, men i stedet besparelsen for en lavere driftspris på varmepumpen. Det fremtidige forbrug (inkl. besparelsen for energirenoeringen, men ekskl. besparelsen for udskiftning af oliefyret) vil ligge på 10.400 kWh/år, hvilket vil koste ca. 12.700 kr at varme op med oliefyret. Tilsvarende vil forbruget inkl. udskiftning af oliefyret ligge på 12.200 kWh, hvilket koster ca. 7.250 kr at varme op med varmepumpen. Dette betyder, at der ligger en besparelse i udskiftning af oliefyret til en varmepumpe på **5.450 kr/år**.

Elbesparelse:

Der er en mindre besparelse, idet den eksisterende pumpe til oliefyret erstattes af en nyere pumpe i varmepumpen. Denne besparelse fremgår af tiltag 5 uden investeringen.

Prisoverslag:

Det forventes at de eksisterende radiatorer kan dække varmebehovet med en lavere fremløbstemperatur. Den nye varmepumpe vil koste ca. **70.000 kr**.

Simpel tilbagebetalingstid:

Tilbagebetalingstiden for selve varmepumpen er ca. **12,9 år**. Hvis der er behov for nye radiatorer vil tilbagebetalingstiden stige.

Bemærkninger:

Det anbefales at vente med udskiftning af radiatorer for at teste om der opstår et problem i stedet for at udskifte som del af konverteringen til varmepumpe. Ofte kan de eksisterende radiatorer sagtens dække varmebehovet.