



Det Tekniske Fakultet

Varmeløsninger til olielandsbyer
Energiteknologi 2018

Forfattere:

Jesper Fischer Nielsen
Johan Meinhard Johannesen

Vejledere:

Henrik Wenzel
Lars Yde

Summary

The overall goal of this project has been to come up with a cost optimal heating solution for oil villages in Denmark. The oil villages in Denmark are using fossil fuels to cover their heat demands. This is counter productive in terms of the danish climate action plan. Since regulation by law of fossil fueled individual heating solutions have been taken off the table, other methods for phasing out the use of fossil fuels must be found. With this project, enlightenment regarding the alternatives to oilfired boilers will be investigated and compared for better or worse.

To find the cost optimal heating solution for oil villages in Denmark, the oil village Åbyskov located in Svendborg municipality on Funen has been chosen as a base for testing out different scenarios using the simulation tool EnergyPRO.

To use Åbyskov as a base, data regarding the 117 buildings in the village have been gathered, including BBR, GIS, and a temperature profile for the area. Using this data the connection load was calculated and the yearly heat demand for the village was estimated on hourly basis. Knowing the connection load for the buildings in Åbyskov the dimensions of a possible district heating system could be estimated, including the costs for establishing the system.

With the heat demand in place, additional data was gathered for the simulations, including technology data, financial data, and emissions data.

Using Åbyskov as a base, six scenarios were setup for the village. Three scenarios where all of the heat demand would be covered with individual heat solutions, namely: oilfired boilers, pellet boilers, and air to water heat pumps. The other three scenarios were using united heating solutions for the village, namely: a strawfired biomass boiler, a woodchip fired biomass boiler, and a groundwater heat pump.

With these six scenarios in place, 60 simulations were made. The simulations were including three different variations of electricity spotprices and three different variations of heat demand for the village. In addition to this the simulations were made using multiple economic perspectives, including socioeconomics as well as private and company economic perspectives.

The results from these simulations were analyzed and compared in terms of heating prices of the net present values of the different scenarios. The results showed that the individual air to water heat pumps were superior to the alternative technologies in question. The air to water heat pump was superior both in terms of socioeconomic perspectives as well as private economic perspectives. The results of the standard scenarios were compared in terms of costs through lifetime. This showed that after about six years the oilfired boilers started to grow in total costs compared to both a pellet boiler and an air to water heat pump.

The sensitivity of these results were afterwards discussed in terms of important factors and impact on results. The discussed factors lead to a clear conclusion that the robustness of the air to water heat pump was great.

Since the heatpumps currently are available as a subscription solution where investment costs are reduced, the two options of either a subscription solution or a self owned heat pump were compared in terms of average heatprice over lifetime and total costs through the lifetime. The results showed that after about four years the subscription would surpass the self owned solution.

This ultimately lead to the conclusion that individual air to water heat pumps were the cost optimal solution for oil villages in Denmark if the villages had simmiliar structures compared to Åbyskov. For other solutions to surpass the heating price of the air to water heatpump it would require a significant heat source or higher density of buildings in the village.

Resumé

Det overordnede formål med dette projekt har været at finde den optimale varmeløsning for olielandsbyerne i Danmark, både med privat- og selskabsøkonomisk samt samfundsøkonomisk perspektiv. Olielandsbyerne i Danmark benytter fossile brændsler til at dække deres varmebehov, hvilket ikke bidrager til den grønne omstilling som Danmarks energi- og klimaplaner kræver. Da der ikke med lov er regulering af oliefyr rundt i landet, er man nødt til at finde andre metoder at udfase disse fossile opvarmningsformer.

Igennem dette projekt vil der blive belyst hvilke andre alternativer der er til oliefyr som varmeløsning i olielandsbyerne. For at finde den optimale varmeløsning for olielandsbyerne er landsbyen Åbyskov i Svendborg kommune på Fyn valgt som modelby. Der lavet simuleringer af forskellige scenarier i simuleringstvækket "EnergyPRO". For at kunne benytte Åbyskov som modelby er der blevet indsamlet både BBR og GIS data for landsbyen og dens 117 huse, samt en temperatursprofil for området. Ud fra denne data er tilslutningseffekten samt det samlede årlige varmeforbrug for åbyskov blevet estimeret. Ved at kende tilslutningseffekterne i Åbyskov blev der tegnet og dimensioneret et muligt varmenet for landsbyen.

Med varmebehovet for landsbyen på plads, blev der indsamlet den resterende data nødvendigt for at kunne køre simuleringer af forskellige scenarier. Dataen inkluderer blandt andet teknologidata, tilskud og afgifter, samt emissioner.

Herefter blev der opstillet seks scenarier med udgangspunkt i Åbyskov. Tre scenarier med individuelle varmeløsninger herunder oliefyr, pillefyr og luft til vand varmepumper og tre fælles varmeløsninger herunder, et halmfyret biomasse anlæg, et træflisfyret biomasse anlæg og en grundvandsvarmepumpe. For de seks scenarier blev der opstillet i alt 60 simuleringer der blandt andet dækker forskellige scenarier af varmebehov og elpris, men også dækker både de privat- og selskabsøkonomiske samt de samfundsøkonomiske opsætninger af scenarierne.

Resultaterne fra de 60 simuleringer blev systematisk opstillet i stablede søjlediagrammer hvor fordelingen af omkostninger var tydeliggjort. Søjlediagrammerne afspejlede den gennemsnitlige varmeprijs for scenarierne over deres projekterede levetid med en tilbagediskontering henover årene. Ud fra resultaterne var det den individuelle luft til vand varmepumpe som viste sig at være den optimale løsning, dette gælder for privat- og selskabsøkonomisk perspektiv så vel som det samfundsøkonomiske perspektiv. Følsomhedsanalysen i forhold til forhøjede elspotpriser ændrede ikke på dette resultat for varmepumpen. Som en ekstra illustration af resultaterne blev de seks privat- og selskabsøkonomiske standard scenarier samlet i et diagram som afspejler udviklingen af nutidsværdien over levetiden. På denne måde er det muligt at se hvornår de forskellige teknologier blev billigere end deres alternativer. Ud fra resultaterne blev der set, at oliefyrs scenariet efter seks år oversteg luft til vand varmepumpen i samlede omkostninger. Det betød at på kort sigt var oliefyret stadig en billig løsning, men hen over levetiden ville den overstige alle alternativer i omkostninger.

Da der fandtes forskellige måder at anskaffe sig en varmepumpe blev der lavet en sammenligning i mellem abonnements-løsningen og den selvejede varmepumpe. Ud fra resultaterne kunne det ses at der var en tydelig forskel på de forskellige løsninger selvom abonnementsløsningen kom med lavere investeringsomkostninger, så oversteg de samlede omkostninger for abonnementsløsningen den selvejede løsning efter blot 4 år.

Der kunne derfor konkluderes at individuelle luft til vand varmepumper var den bedste varmeløsning at skifte til for beboerne i Åbyskov.

Så man det i et bredere perspektiv ville det kræve en god varmekilde, som for eksempel overskudsvarme fra industri, eller større bygningstæthed end det var tilfældet i Åbyskov, før at luft til vand varmepumpen skulle kunne udkonkurreres af en eventuel fælles varmeløsning. Projektet var primært vinklet på olielandsbyer i Danmark, men der var et stort behov for alternative varmeløsninger andre steder som for eksempel på Færøerne, hvor oliefyr også er et udbredt valg af varmeløsning.

Forord

Dette projekt blev udarbejdet mellem efteråret 2017 og foråret 2018. Projektet var et specialeprojekt for studieretningen Energiteknologi på Syddansk Universitet og omfattede samlet 80 ECTS point 40 for hver person. Projektet belyste en række varmeløsninger, fælles som individuelle, til en modelby som tog udgangspunkt i byen Åbyskov. Projektet havde til formål at vurdere hvilke løsninger der bedst kunne betale sig set ud fra et privat, selskabs og samfundsøkonomisk perspektiv. Forfatterne håbede på, at projektet kunne synliggøre hvilke forudsætninger der skulle tages stilling til ved implementeringen af nye varmeløsninger.

Vi ville gerne takke især Henrik Wenzel fra Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi og Lars Yde fra Energiplan Fyn, som har været tilknyttet dette specialeprojekt som vejledere. Begge har været yderst engageret og vist stor interesse for frembringelsen af projektet. De har bidraget med væsentlige inputs der har gjort det muligt at realisere et projekt som dette.

Vi ville gerne takke Charlotte Vesterlund fra Svendborg kommune. Hun har været yderst behjælpelig med fund af BBR-data for Åbyskov samt uddelingen af spørgeskema. Herudover har hun sat os i kontakt med en arbejdsgruppe, som har set nærmere på en fælles varmeløsning for byen.

Vi ville gerne takke Hans Abildgaard som har været tilknyttet den foromtalte arbejdsgruppe. Han har givet gode referencer til andre projekter der omhandler fælles varmeløsninger.

Vi ville gerne takke Gert Mortensen fra Energi Fyn. Vi har i samarbejde med Gert og Energi Fyn været rundt til kunder der skulle have en varmepumpe installeret. Dette har givet indsigt i hvilke spørgsmål eventuelle kunder har til installationen af varmepumper.

Vi ville gerne takke Jette Thygesen, lektor fra Juridisk Institut. Hun har været særdeles behjælpelig med vejledning af energiafgifter og tilskud.

Indhold

Summary	i
Resume	ii
Forord	iii
Figurer	vii
Tabeller	viii
Forkortelser	ix
1 Introduktion	1
1.1 Danmarks klimaplan	1
1.2 Olielandsbyerne	1
1.2.1 Udfasning af oliefyr	1
1.2.2 Åbyskov	1
1.3 Problemformulering og formål	2
2 Metode	3
2.1 Undersøgelse af emnet	3
2.2 Strukturering af projekt	3
2.3 Strategisk energiplanlægning	5
2.4 Valg af område	5
2.5 Indsamling af data	5
2.6 Estimering af varmekonsum	5
2.7 Design af fælles varmenet	5
2.8 Energisystemanalyse	5
2.9 Databehandling	6
2.10 Økonomiske analyser	6
3 Energoptimering i olielandsbyer	7
3.1 Energoptimering i huse	7
3.2 Varmepumpebesøg	7
3.3 Energertilskud	7
3.4 Energimærkning af huse	8
4 Estimering af varmebehovet i landsbyen Åbyskov	10
4.1 Indsamling af BBR data	10
4.2 Beregning af varmebehov	12
4.3 Beregning af tilslutningseffekten	13
4.4 Dimensionering	14
4.5 Varmenet i Åbyskov	17
5 Alternative varmeløsninger	18
5.1 Oliefyr	18
5.2 Pillefyr	19
5.3 Varmepumpe	20
5.3.1 Generelt	20
5.3.2 Virkemåde	20
5.3.3 Kølemiddel	21

5.3.4	CO ₂ -varmepumpen	22
5.3.5	Coefficient of performance	24
5.3.6	Varmekilder	25
5.3.7	Elpatronordningen	27
5.4	Solvarme	27
5.5	Biomasseanlæg	28
5.6	Varmelagring	29
5.7	Sæsonvarmelagre	30
5.8	Opsummering	30
6	Beregningsforudsætninger	31
6.1	Teknologidata	32
6.1.1	Varmenet	33
6.2	Brændselspriser	34
6.3	Elektricitet	35
6.4	Emissioner	37
6.5	Tilskud og afgifter	38
6.6	Elafgift	38
6.6.1	Elvarmeafgift	38
6.6.2	PSO-tariffen	39
6.6.3	System- og Distributionstariffer	39
6.6.4	Emissionsafgifter	39
6.7	Varmebehov	41
6.8	Variationer i beregningsforudsætninger	43
7	Modellering	44
7.1	Modeller for individuelle varmeløsninger	44
7.2	Modeller for fælles varmeløsninger	46
7.3	Privat- og selskabsøkonomisk analyse	47
7.4	Samfundsøkonomisk analyse	48
7.5	Nutidsværdier for scenarier med standard varmebehov	49
7.6	Nutidsværdier for scenarier med højt varmebehov	52
7.7	Nutidsværdier for scenarier med lavt varmebehov	53
8	Diskussion og fortolkning	56
8.1	Diskussion af forudsætninger samt resultater	56
8.1.1	Beregning af varmebehov	56
8.1.2	Beregning af tilslutningseffekt samt dimensionering	56
8.1.3	Alternative varmeløsninger	56
8.1.4	Energioptimering	57
8.1.5	Økonomiske analyser	57
8.1.6	Modellering	57
8.1.7	Potentialet for biomasse	57
8.1.8	Energiudspillet 2018	58
8.2	Varmepumpe på abonnement	58
8.3	Brugerundersøgelse	61
8.4	Ekspertviden	61
8.4.1	Varmeinstallatøren	61
8.4.2	Fysiker fra arbejdsgruppen	61
8.5	Andre projekter vedrørende fælles varmeløsninger	62
8.5.1	Uggelhuse	62
8.5.2	Føns	62

9	Konklusion	63
10	Perspektivering	63
	Litteratur	67
A	Varmebehov i en landsby	68
	A.1 Data	68
B	Alternative varmeløsninger	72
C	Beregningsforudsætninger	74
D	Diskussion og fortolkning	74
	D.1 Brugerundersøgelse	74
	D.1.1 Opbygning af spørgeskema	74
	D.1.2 Demografi	75
	D.1.3 Individuelle varmeløsninger	77
	D.1.4 Varmepumpe på abonnement	80
	D.1.5 Fælles varmeløsninger	81
E	Modellering	83
F	Diskussion og fortolkning	83

Figurer

1	Projektflowdiagram	4
2	Sammenhæng mellem byggeår og energimærkning	9
3	Huse der tilsluttes varmenettet i Åbyskov	10
4	Tegning over teoretisk varmenet i Åbyskov	11
	(a) Kortlægning af varmenettet til Åbyskov	11
	(b) Længde på linjer	11
5	Karakteristika på fordelingen af bygningers areal i Åbyskov samt varmeforbruget i husene på linjerne i varmenettet	13
	(a) Varmeforbrug på linjer	13
	(b) Areal fordelt på huses byggeår	13
	(c) Arealfordeling på type	13
6	Nutidsværdi for varmenet	17
7	Skitse af oliebrænder	18
8	Skitse af pillefyr	19
9	Skitse af kompressions-varmepumpe	20
10	T-S diagram, kredsproces for en ideel damp-kompression cyklus.	21
11	Fasediagram for CO_2	23
12	Kredsproces for en CO_2 -varmepumpe.	23
13	T-S diagram for Carnot køleproces.	24
14	Skitse af solvarme anlæg	27
15	Skitse af biomasseanlæg	29
16	Prisudvikling for Bio- og fossile brændsler	34
17	Beregnet spotpris, i grundforløbet, i de områder Danmark er direkte forbundet med	35
18	Fremskrivning af elspotprisen	37
19	Temperaturprofil for Åbyskov	41
20	Varmebehovsprofil for Åbyskov	42
21	Model for LTV VP	44
22	Model for oliefyfyr	45
23	Model for pillefyfyr	45
24	Model for Halmanlæg	46
25	Model for træflisanlæg	46
26	Model for grundvands-varmepumpe	47
27	Privat- og selskabsøkonomiske varmepriser fra scenarier med standard varmeforbrug	50
28	Samfundsøkonomiske varmepriser fra scenarier med standard varmeforbrug	51
29	Privat- og selskabsøkonomiske varmepriser fra scenarier med højt varmeforbrug	52
30	Samfundsøkonomiske varmepriser fra scenarier med højt varmeforbrug	53
31	Privat- og selskabsøkonomiske varmepriser fra scenarier med lavt varmeforbrug	54
32	Samfundsøkonomiske varmepriser fra scenarier med lavt varmeforbrug	54
33	Sammenligning af udvikling i nutidsværdi	55
34	Varmepumpe på abonnement udvikling af nutidsværdi over levetiden	59
35	Varmepris for abonnement og selvejet VP	60
36	Identifikation af varmekilder.	73
37	Fordeling af aldre	76
38	Fordeling af brugte varmeløsninger	77
39	Boblediagram over kvantitativ data vedrørende individuelle varmeløsninger	78
40	Word cloud angående holdninger til varmepumper	79
41	Holdning til varmepumpe på abonnement	80
42	Boblediagram over kvantitativ data vedrørende fælles varmeløsninger	81

Tabeller

1	Grænseværdier for energimærkning af huse	8
2	Sammenhæng mellem ejendomsværdi og energimærkning	8
3	SBI - bygningers varmekonsum	12
4	Estimeret tilslutningseffekt i bygninger	14
5	Varmenettets kriterier	14
6	Udpluk af kølemidler, GWP målt i CO_2 ækvivalenter i en periode på 100 år	22
7	Solindfald i Danmark	28
8	Teknologidata for de varmeproducerende enheder der ligger til grund for simuleringerne	32
9	Teknologidata for estimering af omkostningerne forbundet med etablering af et fælles varmenet	33
10	Energistyrelsens partielle følsomhedsanalyser på elspotprisen	36
11	Emissionsværdier pr. anvendt brændsel målt i liter, kilo og MWh	37
12	Fordeling af afgifter på forskellige varmeproducerende teknologier	38
13	Nedtrapning af elvarmeafgiften	38
14	Nedtrapning af PSO afgiften i perioden 2018 til 2022	39
15	Emissionspriser opgjort i DKK/g. CH_4 samt N_2O bliver afregnet efter CO_2 prisen, derfor nødvendigt at måle det i CO_2 -ækvivalenter, dette gøres ved at multiplicer med en faktor på henholdsvis 25 for CH_4 og 298 for N_2O	40
16	CO_2 fremskrivning for ikke omfattet kvotepriser	40
17	Variationer i varmekonsum for individuelle samt fælles løsninger	43
18	Antal simuleringer fordel ud på forskellige varmekonsum. VP og G-VP skal forstås som varmepumpe og grundvandsvarmepumpe. Varmepumperne er simuleret med 3 forskellige elpriser	44
19	Variationer i varmekonsum samt kapaciteter for LTV VP scenariet	44
20	Variationer i varmekonsum samt kapaciteter for oliefyrs scenariet	45
21	Variationer i varmekonsum samt kapaciteter for pillefyrs scenariet	45
22	Variationer i varmekonsum samt kapaciteter for halmanlægs scenariet	46
23	Variationer i varmekonsum samt kapaciteter for træflisanlægs scenariet	46
24	Variationer i varmekonsum samt kapaciteter for grundvands-varmepumpe scenariet .	47
25	Privat samt selskabsøkonomisk oversigt over de forskellige teknologier og deres lønsomhed ved standard varmekonsum. Korrigeret NNV skal forstås som forholdet mellem basisscenarioet (oliefyre), og de andre pågældende scenarier. Prioritetsvalg skal forstås som den laveste værdi har den højeste prioritet	48
26	Samfundsøkonomisk oversigt over de forskellige teknologier og deres lønsomhed ved standard varmekonsum. Korrigeret NNV skal forstås som forholdet mellem basisscenarioet (oliefyre), og de andre pågældende scenarier. Prioritets valg skal forstås som den laveste værdi har den højeste prioritet	49
27	Varmpumpe på abonnement sammenlignet med selvejet	59
28	Estimeret tilslutningseffekt på linjerne	68
29	Loop til tilslutningseffekt på fremløbslinjerne	68
30	Loop til estimeret tilslutningseffekt på returløbslinjerne	69
31	Estimeret tilslutningseffekt på Fremløbslinjerne	70
32	Estimeret tilslutningseffekt på returløbslinjerne	71
33	Prisudvikling for Bio- og fossile brændsler i perioden fra 2018 til 2038	74
34	Oversigt over spørgsmål fra undersøgelsen.	75

Forkortelser

Δ	Varmt brugsvand
γ	Kinematiske viskositet
Φ	Tilslutningseffekt
ρ	Densitet
A_i	Annuiteter
<i>BBR</i>	Bygnings- og Boligregistret
C_p	Specifikke varmekapacitet ved konstant tryk
<i>CO</i>	Carbon monoxide
CO_2	Carbon dioxide
<i>COP</i>	Coefficient of Performance
d_i	Rørdiameter
f	Friktionsfaktor
<i>GIS</i>	Geographic Information System
<i>GVP</i>	Grundvands-varmepumpe
<i>GWP</i>	Global Warming Potential
<i>LFA</i>	Logical Framework Approach
<i>LTV</i>	Luft Til Vand
<i>NM VOC</i>	Non-Methane Volatile Organic Compound
<i>NNV</i>	Nettonutidsværdi
NO_x	Nitrogen Oxides
Pa	Pascal
<i>PSO</i>	Public Service Obligations
Re	Reynolds tal
s	Samtidighedsfaktor
<i>SBi</i>	StatensByggeforskningsinstitut
<i>SCOP</i>	Seasonal Coefficient of Performance
SO_2	Sulfur dioxide
t	Temperatur
$T - S$	Temperatur og Entropi
<i>TKVP</i>	Transkritisk varmepumpe
<i>UHC</i>	Unburned hydrocarbon
v	Strømningshastighed
<i>VP</i>	Varmepumpe

1 Introduktion

Følgende afsnit vil give en indledende forklaring samt begrundelse af projektets emne og problemstilling.

1.1 Danmarks klimaplan

Danmark er et af landene der ligger sig i spidsen for den grønne omstilling, i den forbindelse har regeringen også lavet en klimaplan for fremtiden.

I regeringens klimaplan har man som hovedmål at nedsætte udledningen af drivhusgasser med 40% i år 2020 sammenlignet med år 1990. På længere sigt er der i år 2050 et mål om at nedsætte udledningen med 80-95% sammenlignet med år 1990.

Som ledende land i den grønne omstilling tilstræbes der, at vise at det er muligt at foretage denne omstilling og samtidig opretholde landets vækst og velfærd [1].

Som led i planen er der nedlagt en strategi for energirenovering af bygninger i Danmark. Energi- renovering i kombination med en massiv udbygning af den vedvarende energi skal til sammen gøre det muligt at nå målet om en nedsat udledning i år 2050.

I år 2014 kom cirka 40% af hele Danmarks energiforbrug fra opvarmning, og drift af apparater i bygninger. Selve opvarmningen udgør 35% af det endelige forbrug. Dette forbrug skal sænkes væsentligt inden år 2050, og det skal ske omkostningseffektivt [2].

1.2 Olielandsbyerne

I Danmark findes der områder som ikke har adgang til et fjernvarme- eller gasnet, disse områder bliver kaldt olielandsbyer. Grundlaget for navnet er som det lyder, at her bruges en stor mængde oliefyr til at dække opvarmningsbehovet.

1.2.1 Udfasning af oliefyr

I takt med den grønne omstilling og regeringens klimaplan, vil det være nødvendigt at udfase brugen af fossile brændsler i olielandsbyerne. Udfasningen af oliefyrene skal på nuværende tidspunkt ske frivilligt, og det er derfor nødvendigt at komme med fordelagtige alternativer for beboerne i olielandsbyerne.

1.2.2 Åbyskov

I Svendborg kommune arbejder man målrettet henimod at nedsætte det samlede energiforbrug og CO_2 udslip. Ifølge byrådets målsætninger tilstræber man bæredygtighed i fremtidens byggeri, fokus på energirigtige løsninger, og at blive en CO_2 neutral kommune i år 2050. Blandt andet fremgår det at kommunalt nybyggeri hvor de selv er bygherre, skal mindst opføres efter bygningsklasse 2020.

Svendborg kommune er i forbindelse med kommunens udvikling også medlem af organisationerne Cittaslow og GO2Green, som begge støtter op om den grønne omstilling. Der arbejdes i kommunen også på energioptimering af den eksisterende kommunale bygningsmasse, og der er i den forbindelse opnået besparelser for ca. 2,3 mio kroner i perioden år 2014–2016. Private initiativer bliver der også støttet op om i form af tilskud til energitjek i private boliger [3].

I Svendborg kommune ligger olielandsbyen Åbyskov, landsbyen er sammen med tre andre landsbyer i Svendborg kommune blevet undersøgt af firmaet PlanEnergi for deres potentiale i forhold til en fælles nærvarme løsning. Konklusionen fra disse undersøgelser blev, at det største potentiale for en fælles varmeløsning ligger i Åbyskov. Derfor er der i dette projekt blevet lavet et samarbejde med Svendborg kommune, for nærmere at undersøge mulighederne for en fælles nærvarme-løsning i landsbyen.

Svendborg kommune har som opfølgning på undersøgelserne fra PlanEnergi opsat et gratis borgermøde i Åbyskov, hvilket resulterede i nedsætning af en arbejdsgruppe som skulle undersøge mulighederne for opsætning af en fælles varmeløsning. Arbejdsgruppen har på nuværende tidspunkt konkluderet, at et fælles halmfyret anlæg ikke ville være en optimal løsning for borgerne i Åbyskov [4].

1.3 Problemformulering og formål

Dette leder op til en problemstilling der omhandler udfasningen af brug af fossile brændsler i olielandsbyerne i Danmark. Hvordan foretages en optimal udfasning af oliefyrene, set i både privat- og selskabsøkonomisk perspektiv samt et samfundsøkonomisk perspektiv?

For at belyse denne problemstilling vil der i dette projekt blive gjort følgende:

- Der vil blive taget udgangspunkt i Åbyskov som modelby og dermed udgangspunkt for simulering af forskellige scenarier for olielandsbyer.
- Der vil blive opstillet forskellige sammenlignelige scenarier for varmforsyning i landsbyen.
- Resultaterne ville blive analyseret og diskuteret, for at vurdere hvilken varmeløsning der er bedst i forhold til både privat- og selskabsøkonomisk perspektiv samt et samfundsøkonomisk perspektiv.

2 Metode

Følgende afsnit vil give en kortfattet forklaring af hvilke metoder som er blevet brugt i udarbejdningen af projektet.

2.1 Undersøgelse af emnet

Ved undersøgelse af emnet er der foretaget litteratursøgning inden for emnet og de tilhørende aspekter. Søgningen er udført med nøgleord som har relation til emnet. Målet med litteratursøgningen, er at finde lignende projekter og dermed erfaringer, der kan supplere med relevante emner som kan tilføjes til projektet.

Alt relevant materiale som er fundet bliver samlet i en systematisk inddelt mappe, for at give det optimale overblik over materialet.

2.2 Strukturering af projekt

Projektets strukturering er inspireret af et "Logical Framework Approach"(LFA - Forkortelse). LFA metoden er en dynamisk tilgang til projektet, hvor ændringer i projektet kan ske undervejs, alt afhængigt af resultater og antagelser der opstår. Denne tilgang er især brugbar ved projekter som indeholder mange usikkerheder, fordi der tages højde for potentielle ændringer.

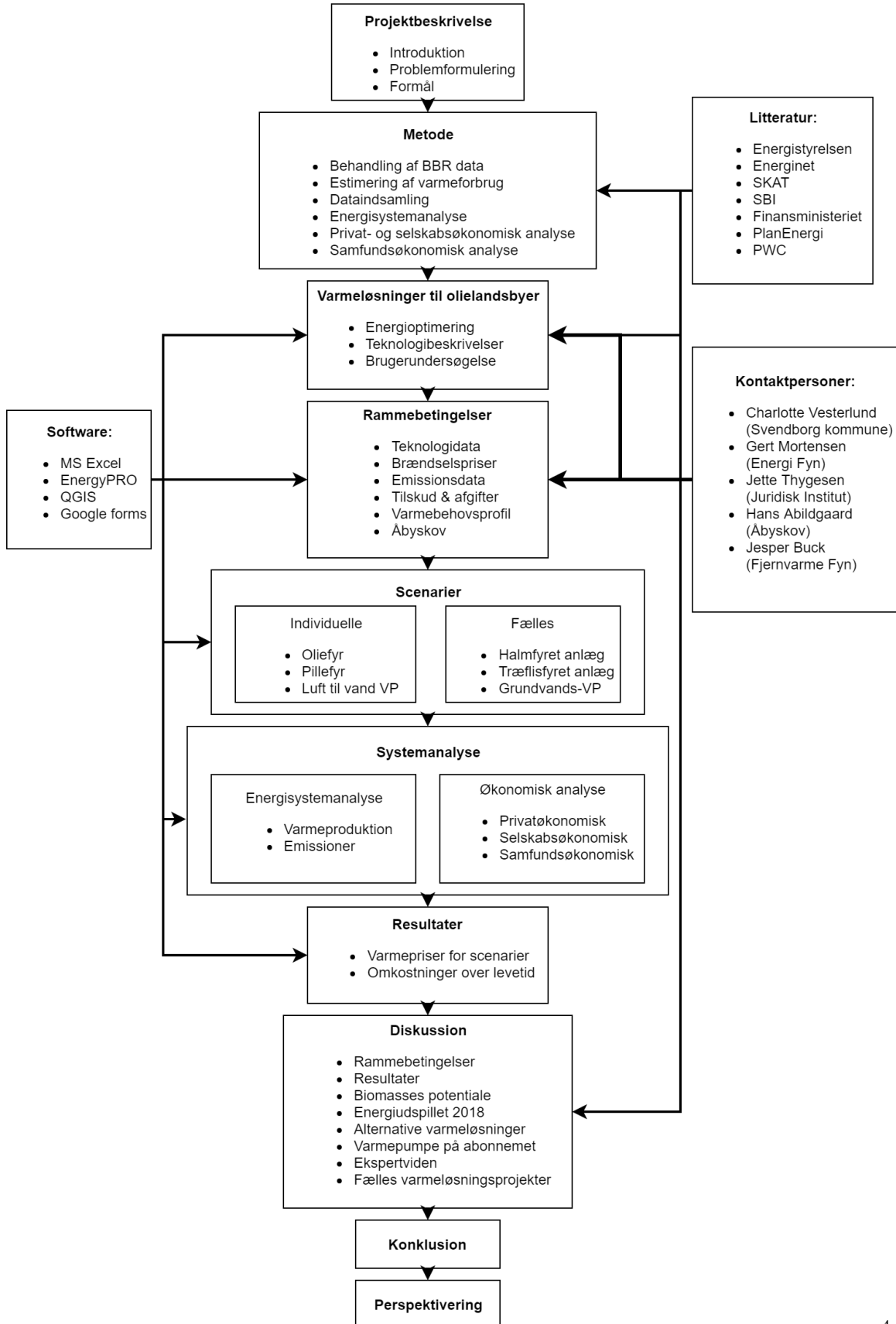
Metoden indeholder blandt andet den videnskabelige metode, som siger at intet er sikkert, og alt menneskelig aktivitet kan beskrives som efterprøvelse af hypoteser. Metoden indeholder også system analyse, som siger at det overordnede system som systemet er en del af skal være defineret, før det underordnede system kan defineres.

For at benytte LFA modellen skal projektet opdeles i input, output, og formål.

Input indebærer ressourcer og aktiviteter, output er resultaterne opnået fra inputtet, og formålet er grundlaget til at producere outputtet.

Ultimativt er der selve målet, som projektet er med til at opnå. Typisk vil målet kræve yderligere projekter for at opnå [5].

Projektets forløb er skitseret i et projektflowdiagram på figur 1 hvor der gives et overblik over den generelle sammenhæng imellem opgaverne i projektet.



Figur 1: Diagram over projektets udformning samt inputs fra forskellige kilder.

2.3 Strategisk energiplanlægning

I dette projekt er der blevet benyttet et "Bottom-up approach" hvilket vil sige at der først tages udgangspunkt i en specifik case, som derefter bliver draget konklusion ud fra, som kan blive sat i bredere perspektiv for at se sammenhængen i forhold til regionale og nationale perspektiver.

2.4 Valg af område

I opgaven er der brugt et område som udgangspunkt for simuleringer og beregninger. Området er valgt på baggrund af en række karakteristika som skal være i orden før en fælles varmeløsning kan komme på tale. Blandt andet lokaliteten i forhold til universitetet, så der var mulighed for at besøge området og tilse beliggenheden, samt bygningernes generelle stand. Området skal være uden adgang til fjernvarme- og gasnettet, bygningstætheden skal være stor og der skal være mulighed for et samarbejde med kommunen.

2.5 Indsamling af data

Dataindsamlingen er en essentiel del af projektet. Fra Svendborg kommune er der opnået adgang til BBR data for området Åbyskov. Denne data benyttes i kombination med data fra litteratursøgningen, for at opnå nødvendige nøgletal for både simuleringer og beregninger.

Der er derudover foretaget en spørgeundersøgelse igennem Google Forms. Spørgeundersøgelsen henvender sig primært til indbyggerne i Åbyskov, og er lavet i samarbejde med Svendborg kommune. I projektet er beregninger og simuleringer hovedsageligt baseret på centrale skøn om fremtidens teknologiske udvikling og priser på afgifter, brændsler, etc.

Alternativt kunne "Worst case-metoden" blive brugt, men denne metode kan få et egentligt rentabelt projekt til at virke ikke rentabelt. Ved brug af de centrale skøn forholder det sig sådan, at omkostningerne enten kan vise sig at være højere eller lavere, hertil tilføjes følsomhedsanalyser på de mest relevante parametre som der er usikkerhed omkring.

2.6 Estimering af varmekonsum

Estimering af varmekonsumet er gjort metodisk, hvor der blandt andet benyttes data fra statens bygnings institut, SBI, samt brug af BBR data for bygningerne i det afgrænsede område.

2.7 Design af fælles varmenet

For at kunne dimensionere og planlægge udbredelsen af et varmenet til en landsby, er det nødvendigt at kunne fastsætte tilslutningseffekterne for bygningerne i landsbyen. For at gøre dette er der benyttet en metodisk fremgangsmåde som beskrevet i Varme ståbi, hvor der tages udgangspunkt i antallet af huse samt deres karakteristika [6].

2.8 Energisystemanalyse

I dette projekt opbygges der flere forskellige energisystemer som bliver analyseret igennem et stykke software kaldet EnergyPRO. EnergyPRO er et program der er udviklet af EMD, som kan køre simuleringer af modellerne der bliver opstillet i projektet. Værktøjet kan i øvrigt foretage driftsoptimering samt modellere de varmekonsumerende enheder. Med denne software er det blandt andet nemt at implementere et elspotmarked, så driften af varmepumper kan optimeres time for time. Programmet er især godt til at håndtere store tidsserier og mange inputs [7].

2.9 Databehandling

Simuleringsresultaterne vil blive fremstillet på baggrund af de økonomiske analyser som en samlet varmepris i [DKK/MWh]. Prisen afspejler alle de samlede omkostninger tilbagediskonteret over levetiden, og herefter delt med den samlede varmeproduktion igennem hele levetiden for den pågældende teknologi.

Der er desuden fremstillet en progressiv sammenligning af de forskellige scenariers nutidsværdi over levetiden, på den måde bliver det muligt at se hvornår de forskellige teknologier bliver billigere/dyrere end alternativerne.

2.10 Økonomiske analyser

Der er i projektet anvendt nutidsværdi-metoden for at vurdere hvilke investeringer der bedst kan betale sig set udfra et forbruger-synspunkt og et samfundsøkonomisk perspektiv. Forskellen mellem de private samt selskabsøkonomiske analyser og de samfundsøkonomiske analyser, ligger i beregningsforudsætninger for analyserne. Forudsætningerne ved de private og selskabsøkonomiske analyser er at priser er opgjort i markedspriser, det vil sige skatter og afgifter er indregnet i prisen. De samfundsøkonomiske analyser er opgjort i faktorpriser og har ikke indregnet afgifter og skatter, der skal istedet pålægges en nettoafgiftsfaktor der afspejler markedspriserne. De samfundsøkonomiske analyser tager udgangspunkt i Finansministeriet "Vejledning i samfundsøkonomisk konsekvensvurderinger 2017" [8].

3 Energoptimering i olielandsbyer

Følgende afsnit vil gennemgå de vigtigste aspekter i forbindelse med energioptimering i bygninger, samt forklare hvordan varmepumper kan bidrage til forøget ejendomsværdi.

3.1 Energoptimering i huse

Som led i den grønne omstilling er det vigtigt at nedsætte varmebehovet i eksisterende bygninger, såvel som i nybyggeri. Nedsætning af varmebehovet medfører en mindre varmeproduktion, og dermed en mindre udledning af drivhusgasser samt mindre brændselsforbrug.

Nedsætning af varmeforbruget kan ske ved, e.g. efterisolering af huse og installation af mere effektive varmeinstallationer.

I olielandsbyerne er det ikke blot vigtigt at finde alternativer til de fossile brændsler, men også at sørge for at bygningerne har et fornuftigt varmebehov.

3.2 Varmepumpebesøg

Fordi der var interesse for "hands-on" erfaring med olielandsbyerne, blev Energi Fyn kontaktet. Det blev muligt at deltage i et kundebesøg sammen med en varmeinstallatør fra firmaet. Besøget omhandlede kundens mulighed for at udskifte den eksisterende varmeløsning med en varmepumpe. Under besøget blev den nuværende varmeinstallation undersøgt, herunder radiatorer og guldværme. Efterfølgende blev mulighederne for opsætning af en varmepumpe undersøgt, samt rørføring og placering af selve enheden. Mødet sluttes af med et mindre foredrag for kunden, om hvilke muligheder der er for køb af varmepumpe og forskellige varianter der kan benyttes. Der estimeres også, på baggrund af anslået varmebehov, hvor meget der kan spares om året ved køb af varmepumpe, og hvilke omkostninger der er i investeringen. Herefter er det op til kunden, hvilke handlinger der skal foretages.

Fra mødet kom det også til udtryk, at der var visse ting som kunden mente kunne være negative i forhold til varmepumper. På baggrund af dette, blev der valgt at en survey og brugerundersøgelse ville være på sin plads, og kunne gavne projektet. Undersøgelsen vil være nærmere beskrevet i afsnit 8.3.

3.3 Energertilskud

Ved energioptimering af huse, kan der gives tilskud alt efter størrelsen på de opnåede energibesparelser. Energertilskuddet er en del af energispareordningen, der blev indført i år 2009. Alle danske energiselskaber er omfattet af ordningen, som skal være med til at nedsætte CO_2 udslippet. Selskaberne er forpligtet til at opnå en bestemt mængde besparelser hvert år.

I år 2016 blev ordningen ændret, og der er nu fastsat mål for energibesparelser hvert år frem til år 2020. Energibesparelserne indsamles både fra virksomheder og private. I den forbindelse giver de forskellige selskaber skattefrie tilskud til kunder der indberetter deres energibesparelser, og kan dermed få lov til at overtage energibesparelsen [9].

Tilskuddet der kan opnås, er forskelligt fra selskab til selskab, det kan derfor være gavnligt at undersøge hvad de forskellige selskaber tilbyder. Tilbud er normalt baseret på antallet af kWh besparede sammenlignet med tidligere forbrug, hvortil der gives et fast tilskud pr. kWh besparet. Antallet af besparede kWh er som udgangspunkt beregnet efter teknologisk instituts standard værdikatalog for energibesparelser.

Tilskuddet er ved nogle selskaber indeholdende administrations gebyrer, her skal der tages højde for den samlede energibesparelse og tilskuddet pr. kWh samt administrationsgebyret. Ved små besparelser kan det ikke betale sig at vælge et selskab med administrationsgebyrer. Som udgangspunkt vil der ved en besparelse på mere end 2.400 kWh om året være fordel i at vælge et selskab med administrationsgebyrer, fordi de tilbyder et højere tilskud pr. kWh . Tallene der tages udgangspunkt

i er fra Energi Fyn og Ørsted, hvor Ørsted kræver administrationsgebyrer. Der eksisterer mange alternativer, og det kræver en omfattende søgning at finde det optimale tilbud [10].

3.4 Energimærkning af huse

Huse bliver klassificerede efter deres årlige varmebehov, det er derfor fordelagtigt at have et hus med en god energimærkning. For at få energimærket sit hus, kræver det en omfattende estimering af husets varmebehov. Grænseværdierne for huses varmeforbrug i de forskellige energiklasser står oplistet i tabel 1 nedenfor.

Tabel 1: Grænseværdier i $[kWh/m^2/\text{år}]$ for de forskellige energimærkninger af huse.

Energimærke	Grænseværdi
A2020	20
A2015	$<30 + 1.000/A$
A2010	$<52,5 + 1.650/A$
B	$<70 + 2.200/A$
C	$<110 + 3.200/A$
D	$<150 + 4.200/A$
E	$<190 + 5.200/A$
F	$<240 + 6.500/A$
G	$>240 + 6.500/A$

Grænseværdierne er et udtryk for husets energiforbrug til opvarmning pr. m^2 . Ved elektricitet benyttet til opvarmning af huset, multipliceres mængden af energi med en faktor 2,5. Dette vil sige, at varmepumper som kan have en høj virkningsgrad bliver nedjusteret i forhold til husets energimærkning [11] [12].

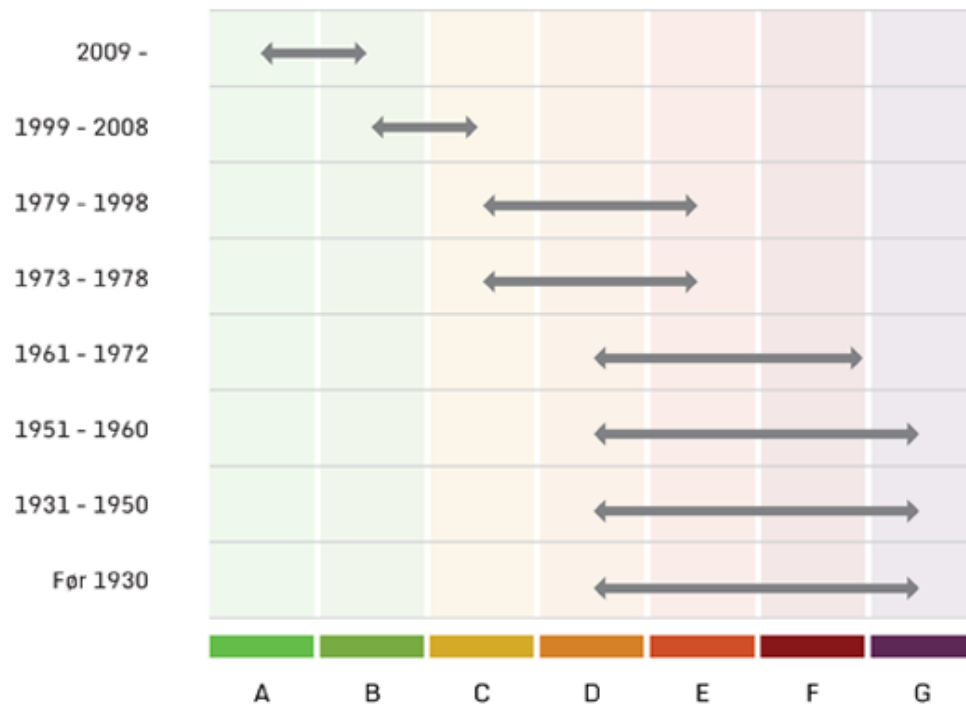
Ved energioptimering af bygninger er der en hvis sammenhæng i mellem stigning i ejendomsværdien og stigningen i energimærkningen, sammenhængen er opstillet nedenfor i tabel 2.

Tabel 2: Ændring i ejendomsværdi i $[DKK/m^2]$ ved forbedring af energimærkning i bygningen.

Ændring i energimærkning	Ændring i ejendomsværdi $[DKK/m^2]$
G \rightarrow F	1.556
F \rightarrow E	798
E \rightarrow D	871
D \rightarrow C	1.302
C \rightarrow B	893
B \rightarrow A2010	494

Ændringen i ejendomsværdien ud fra energimærkningen, afhænger desuden af ejendommens beliggenhed. En undersøgelse viser at der i de forskellige regioner i Danmark er en forskel på værdiforøgelsen i forbindelse med at gå fra energiklasse F \rightarrow C. Den laveste gennemsnitlige ændring i en region er 43.000 DKK og den højeste på 177.000 DKK [13] [14].

Energimærkningen af huse har også en sammenhæng med de forskellige tidsperioder husene er bygget i, fordi der er forskellige bygningsreglementer der tæller på de pågældende tidspunkter. Sammenhængen er illustreret på figur 2.



Figur 2: Bygningers energiklassificeringer fordelt på årstal fra før 1930 [11].

Hvis der i mellemtiden har været foretaget renovering, eller energioptimering af husene, er det naturligvis ikke længere byggeåret som fortæller energimærkningen.

4 Estimering af varmebehovet i landsbyen Åbyskov

Ved en fælles varmeløsning, kræves der at de deltagende beboere i olielandsbyen sammen får etableret et fælles varmenet, hvor det varme vand kan ledes fra den varmeproducerende enhed ud til beboerne. For at beskrive fremgangsmåden ved etablering af et fælles varmenet, vil der tages udgangspunkt i Åbyskov som scenarie.

4.1 Indsamling af BBR data

Det første skridt henimod etableringen af et fælles varmenet ved Åbyskov, er indsamling af oplysninger omkring området. Her blev kommunen kontaktet vedrørende idéen omkring et fælles varmeprojekt i landsbyen. Fordi der var opbakning omkring projektet blev der givet adgang til relevante BBR oplysninger omkring landsbyen. Med BBR oplysningerne omkring Åbyskov blev det muligt at identificere de forskellige bygninger ud fra deres koordinater og Google Maps. Huse som har en beliggenhed for langt fra den centraliserede begyggelse blev sorteret fra. De resterende huse ville kunne deltage i det fælles varmenet. Grunden til denne filtrering er, hvis husene ligger langt fra hinanden bliver det økonomisk set ikke rentabelt at tilslutte dem varmenettet, da det er omkostningsfuldt at udvide varmenettet. De resterende huse som vil blive inkluderet i varmenettet er vist på figur 3 nedenfor.



Figur 3: Huse der antages at blive tilsluttet varmenettet i Åbyskov ved valg af en fælles varmeløsning.

Ud fra husenes lokationer ses det her at de ligger relativt centraliseret i forhold til andre omlandsbyer, og samtidig med høj bygningstæthed. Disse er begge vigtige faktorer når der skal laves en fælles varmeløsning i et område, da det har stor indvirkning på omkostninger af varmenettet. Som udgangspunkt antages det at alle huse er villige til at deltage i projektet. Ud fra figur 3 tegnes der knude og ende punkter for et teoretisk varmenet. Disse forbindes og der er dermed et udgangspunkt for beregninger på nettets dimensioner. Varmenettets placering og udbredelse samt knudepunkter og distancer ses på figur 4 nedenfor.



(a) Kortlægning af varmenettet til Åbyskov.

(b) Længde på linjer.

Figur 4: Tegning over det teoretiske varmenet i Åbyskov med noder og linjer, samt tabel over længden på de forskellige linjer.

4.2 Beregning af varmebehov

Da varmenettets omfang nu er kendt, er næste skridt at finde det årlige varmebehov for bygningerne der er tilsluttet varmenettet. For at finde det årlige varmebehov for bygningerne benyttes data fra SBI angående forskellige bygningstypers gennemsnitlige varme forbrug fordelt på forskellige årrækker, det benyttede skema kan ses på tabel 3.

Tabel 3: Estimerede varmeforbrug i bygninger fordelt på bygningstyper samt byggeår oplyst i $[kWh/m^2/\text{år}]$ [15].

År	Stuehus	Parcelhus	And. Helårsbolig
før 1890	186	172	162
1890 - 1930	173	166	167
1931 - 1950	163	165	160
1951 - 1960	152	156	163
1961 - 1972	138	136	137
1973 - 1978	118	121	134
1979 - 1998	101	107	102
1999 - 2006	82	85	82
efter 2006	68	68	68
$kWh/m^2/\text{år}$			

Med information fra BBR data vedrørende de forskellige bygninger, bliver det muligt at udregne og estimere det årlige energiforbrug i hver bygning. Ved at undersøge hvilke bygninger der ligger sig til de forskellige linjer, bliver det muligt at udregne et årligt varmeforbrug på linje basis. på figur 5 ses det årlige varmeforbrug fordelt på linjerne, samt en karakterisering af bygningerne.

Linje:	$kWh/\text{år}$:
1-2	127.481
2-3	90.527
2-4	8.389
4-5	73.680
4-6	103.435
6-7	30.753
6-8	161.508
8-9	102.812
9-10	0
10-11	0
11-12	32.640
11-13	65.280
10-14	0
14-15	93.903
14-16	11.135
16-17	63.410
16-18	118.006
16-19	88.175
9-20	359.489
8-21	81.044
21-22	164.319
22-23	29.166
22-24	0
24-25	36.171
24-26	19.040
21-27	28.633
27-28	171.814
27-29	26.170
Sum	2.087.000

(a) Estimeret varmemeforbrug på linjer i varmenettet.

År:	m^2 :
før 1890	1.297
1890 -1930	278
1931 - 1950	202
1951 - 1960	837
1961 - 1972	2.773
1973 - 1978	2.889
1979 - 1998	3.135
1999 - 2006	6.097
efter 2006	1.077
Sum	18.585

(b) Samlet bygningsareal fordelt på bygningers byggeår.

Type:	m^2 :
Stuehus	141
Parcelhus	18.386
And. Helårsbolig	58
Sum	18.585

(c) Samlet bygningsareal fordelt på forskellige bygningstyper.

Figur 5: Karakteristika på fordeling af areal samt varmemeforbrug på linjer.

Ud fra figur 5 kommer det til udtryk at den dominerende bygningstype i området er parcelhuse med et samlet areal på $18.386 m^2$. Der er blot ét enkelt stuehus og én anden helårsbolig der udgøre det resterende areal. Kigger man på aldersfordelingen af bygningerne, ses det at det største areal på $6.097 m^2$ er dækket af relativt nye bygninger fra år 1999 til år 2006. Udover dette ses det, at de fire ældste grupperinger af arealer fra før 1890 til 1960 til sammen udgøre $2.614 m^2$, hvilket også giver udtryk for at størstedelen af bygningerne i Åbyskov er fra nyere tid.

4.3 Beregning af tilslutningseffekten

Ved dimensionering af varmenettets ledninger skal der benyttes en tilslutningseffekt for de forskellige bygninger på linjerne. Tilslutningseffekten er et udtryk for bygningens varmebehov. Varmebehovet for bygningen kan karakteriseres ved tilslutningseffekten eller selve årsvarmebehovet. Tilslutningseffekten kan også betegnes som det dimensionsgivende effektforbrug. Tilslutningseffekten for den enkelte forbruger er den gennemsnitlige varmeeffekt som skal kunne tilføres i de perioder hvor varmemeforbruget er størst. Varmeforbruget dækker både rumopvarmning og varmt brugsvand. Tilslut-

ningseffekten kan estimeres ud fra husets type, alder og areal. Tilslutningseffekten pr. m^2 for huse af forskellige aldersgrupper kan ses i tabel 4 nedenfor.

Tabel 4: Estimeret tilslutningseffekt i $[kW/m^2]$ i bygninger fordelt på bygningernes byggeår.

BR10	BR08	Nyere	Ældre
0,038	0,051	0,063	0,085
kW/m^2			

Når tilslutningseffekten på alle bygningerne i systemet er fundet, skal man finde tilslutningseffekten i de forskellige noder i varmenettet. For at finde tilslutningseffekten i noderne skal der blandt andet benyttes en samtidighedsfaktor som korrigerer for brutto-effekt forbruget ved tilslutning af flere forbrugere. Samtidighedsfaktoren tager hensyn til at forbrugere ikke har deres maksimale forbrug på samme tid. Der skal også tilføjes et tab på ledningen for en fuld korrigering af brutto-effekt forbruget. Brutto-tilslutningseffekten for ledningsnettet findes ved successiv summering af de tilsluttede forbrugere. I formelen for den totale tilslutningseffekt, ses i alt tre led, først rumvarmedelen, så brugsvandsdelen og til sidst tabet.

$$\Phi_t = s \cdot \sum_{i=1}^n \Phi_i + \Delta s \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \Phi_i + \Phi_{tab}$$

Samtidighedsfaktoren "s" findes ved formelen $s = 0,62 + \frac{0,38}{n}$. Brugsvands-tillæg findes ved formelen $\Delta \Phi_i = 33kW \cdot v - \Phi_i$, samtidighedsfaktoren for brugsvand findes ved antal af huse "n" for $n \leq 50$ med formelen $\Delta s = \frac{51-n}{50 \cdot \sqrt{n}}$ eller ved $n > 50$ med formelen $\Delta s = 0$. Med disse formler er det muligt at udregne den samlede tilslutningseffekt, " Φ_t ", beregningen af den samlede brutto tilslutningseffekt på ledningsnettet kan ses i tabel 28 i bilag A.

I tabel 28 er " Φ_i " et udtryk for tilslutningseffekten for selve linjen tilhørende noden. "V" beskriver varmtvandseffektens indflydelse på fjernvarmebehovet, som skifter alt efter om der er gennemstrømningsvandvarmer eller en varmtvandsbeholder. Værdierne "1" og "0,5" for V står udelukkende for reference da der regnes med "1" som udgangspunkt. Værdien for varmtvandsbeholdere er 1, men for gennemstrømningsvandvarmere svinger værdien fra 0,5 til 1. Varmetabet i varmenettet, er sat til 20%, tilslutningseffekterne i tabel 28 er eksklusivt varmetabet.

4.4 Dimensionering

Når den samlede tilslutningseffekt er fundet kan dimensioneringen af varmenettet påbegyndes. Her skal der identificeres en række tilstande, for at give et samlet billede af de forskellige forhold i nettet. Det første der gøres, er at opstille en række kriterier for henholdsvis de forskellige tryk og temperaturer. Kriterierne er vist nedenfor på tabel 5.

Tabel 5: Varmenettets dimensioneringskriterier.

Varmenets kriterier	
Maxtryk	600 kPa
Minimumstryk	120 kPa
Fremløbstemperatur	85 °C
Returtemperatur	40 °C
Max strømningshastighed	2 m/s

Ved maxtrykket er det forbrugernes varmecentral der sætter grænsen for hvor højt trykket skal være. Ved direkte fjernvarmetilslutning løber fjernvarmevandet direkte gennem varmecentralen på

forbrugersiden, her er det radiatorerne der bestemmer grænsen for belastningen. Trykket på forbrugersiden ved direkte tilslutning ville ligge i intervallet 200 til 600 kPa . Ved indirekte fjernvarmetilslutning ville der være koblet en varmeveksler på mellem fjernvarmenettet og forbrugersiden. Her kan et højere maxtryk anvendes for eksempel 1.600 kPa . Minimumstrykket skal sørge for, at der er tilstrækkeligt tryk i fjernvarmenettet så der er dækning i hele ledningsnettet. Desuden skal der være tilstrækkeligt tryk så der undgås kogning af fjernvarmevandet. Fremløbstemperaturen i dette tilfælde er sat til 85 °C, dette er på baggrund af at der skal være sikkerhed for, at der kommer en tilstrækkelig mængde varme ud til forbrugerne. Returtemperaturen er sat til 40 °C, da temperaturen normalt ville ligge imellem 35 °C og 50 °C. Strømningshastigheden af fjernvarmevandet er sat til en maxværdi på 2 m/s . Maxværdien er sat af hensyn til støj og trykstød. Efter kriterierne er stillet op, er der fundet forskellige fysiske egenskaber for vand ved temperaturvariationerne. Herefter er strømningshastigheden fundet ved de 29 forskellige noder, og er defineret som:

$$v = \frac{4 \cdot \Phi_t}{\pi \cdot d_i^2 (c_{p,f} \cdot t_f \cdot \rho_f - c_{p,r} \cdot t_r \cdot \rho_r)}$$

Her er Φ_t den samlede tilslutningseffekt i hver enkelt node, og d_i^2 rørdiameteren for fjernvarmerøret i noden. c_p , ρ og t er henholdsvis den specifikke varmekapacitet, densiteten og temperaturen af vandet og f samt r står for frem samt returløb. For at finde en strømningshastighed der ikke overskrider maxværdien på 2 m/s , har det været nødvendigt prøve flere rørtykkelser for at finde hastigheden. Ved brug af de individuelle strømningshastigheder samt den indvendige rørdiameter i hver enkelt node, er der nu behov for at finde Reynolds tal som er defineret på følgende måde:

$$Re = \frac{v \cdot d_i}{\gamma}$$

Her er γ vandets kinematiske viskositet. Reynolds tal viser om strømningerne i rørene er laminære eller turbulente. Ved lave værdier ($Re < 2.300$) ville strømningerne være laminære, hvilke betyder vandet vil bevæge sig roligt i fjernvarmerørene. Ved høje værdier ($Re > 2.300$) ville strømningerne være turbulente, som er enstydigt med uroligt bevægelse af fjernvarmevandet. Vandhastighederne i fjernvarmenettet vil typisk medføre turbulente strømninger. Før trykforholdene kan findes, er det nødvendigt at udregne friktionskoefficienten f , dette gøres på følgende måde:

$$f = \frac{1}{4 \cdot \left[\ln \left[\frac{k}{3,7d_i} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right] \right]^2}$$

Som det fremgår af ligningen kan den kun løses ved hjælp af en iterationsproces. Her skal der gættes på en f -værdi som sættes ind på højre side af ligningen. Resultatet på venstre-siden indsættes nu som et nyt gæt på højre side. Denne proces gentages indtil resultatet stemmer overens med gættet. Fremgangsmåden er vist for den første node på henholdsvis frem- og returløb på tabel 29 & 30 se billag A.

Som nævnt tidligere ville fjernvarmevandet være turbulent, disse strømningsforhold vil medføre et tryktab i rørene og er defineret på følgende måde:

$$\Delta P_r = \frac{f \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot d_i}$$

Her skal ΔP_r forstås som tryktabet i røret pr. meter altså Pa/m og ikke som det samlede tryktab. Det ses at strømningshastigheden har stor indflydelse på tabet, og friktionskoefficienten i mindre grad. Ved at benytte afstanden og tryktabet i hver enkelt node, kan det samlede tryktab i de enkelte noder beregnes ved:

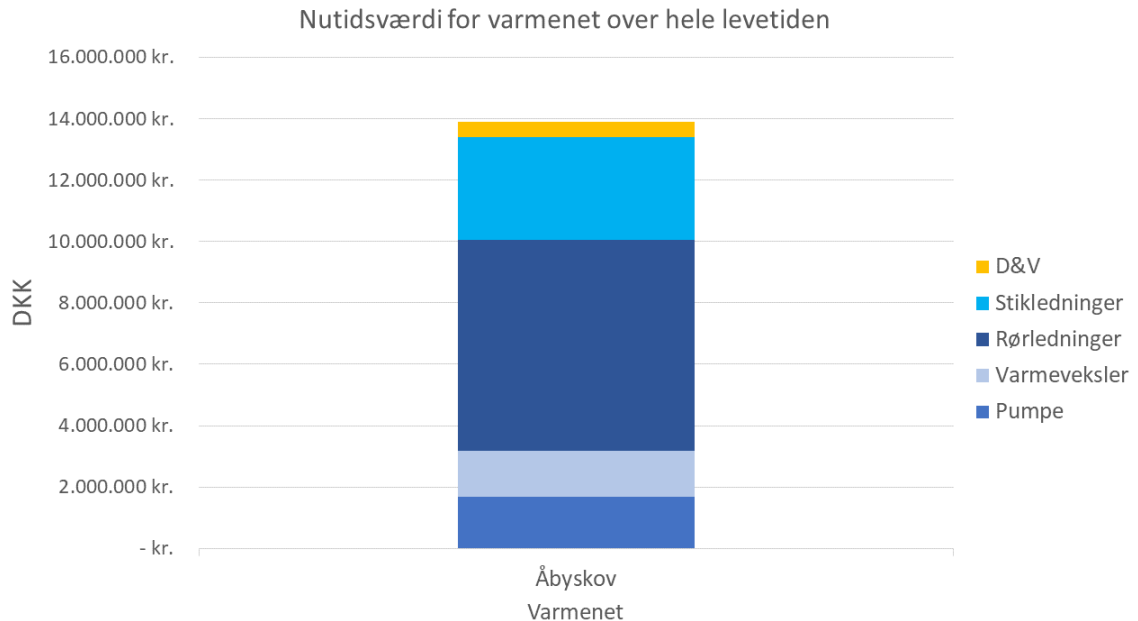
$$\frac{\Delta P_r \cdot Afstand_{node}}{1.000} = Tryktab_{node}$$

Det ses i ligningen ovenfor at der divideres med 1.000, dette er på baggrund af at tryktabet nu regnes i enheden kPa . For at finde de nødvendige tryk i rørene skal der ses nærmere på placeringen af noderne i fjernvarmenettet, se figur 3. Trykforholdene er fundet ved at se på trykdifferencen i returløbet ved varmecentralen, node 8, her er trykket sat til $150 kPa$. Fra varmecentralen arbejdes der ud igennem fjernvarmenettet for at identificere hver enkelt returtryk i noderne, dette gøres ved hjælp af trykket i den foregående node summeret med tryktabet i den pågældende node. Eksempelvis hvis der ses på figur 3, befinder node 21 sig ved siden af node 8, her benyttes trykket i node 8, samt tryktabet mellem de to noder til at finde trykket i node 21. Ved hver slutnode er der anvendt et differencetryk på $100 kPa$ mellem fremløb og returløb. Ved at benytte denne forskel kan fremløbstrykket findes i rørene. Her er fremgangsmetoden modsat i forhold til returløbet, nu arbejdes der udefra og ind mod varmecentralen. Eksempelvis for at finde trykket i node 4, benyttes trykket i node 2, samt tryktabet mellem de to noder. Resultatet af beregningerne for henholdsvis frem- og returløb er vist i tabellerne 31 & 32 i bilag A.

Der er anvendt Excel til at beregne de forskellige værdier i fjernvarmenettet, for at få en mere præcis beregning, ville det være nødvendigt at benytte et andet Software-program, for eksempel Termis.

4.5 Varmenet i Åbyskov

Med data fra tabel 9 og tilslutningseffekterne i noderne, er det muligt at beregne en estimeret pris på alle dele af fjernvarmenettet. Prisen inkluderer den nødvendige pumpe til at drive vandet rundt i systemet, samt varmeveksleren til at overføre varme fra den varmeproducerende enhed til det lukkede varmtvands system. Nutidsprisen for hele varmenettet er illustreret på figur 6.



Figur 6: Nutidsværdi for varmenettet fordelt på investering i pumpe, varmeveksler, samt rørledninger og stikledninger, beregnet over 40 års levetid.

Figur 6 viser i DKK fordelingen af nutidsværdien på varmenettet, der antages en 40 årig levetid som oplyst i teknologikataloget [36]. Som forventet er langt størstedelen af omkostningerne forbundet med selveledninger i netværket, hvilket er med til at vise at det hurtigt stiger i omkostninger ved udvidelse af varmenettet. Dette er grunden til man aktivt vælger at ekskludere fjerntliggende huse fra varmenettet. Fjerntliggende huse vil være bedre tjent med en individuel løsning som for eksempel en luft til vand varmepumpe.

5 Alternative varmeløsninger

I olielandsbyerne bliver der ofte brugt opvarmningsmetoder bestående af en varmereproducerende enhed, og et radiator netværk til levering af varme fra enheden til husets forskellige opvarmede rum. I denne sektion vil der blive gennemgået forskellige muligheder for varmeinstallationer.

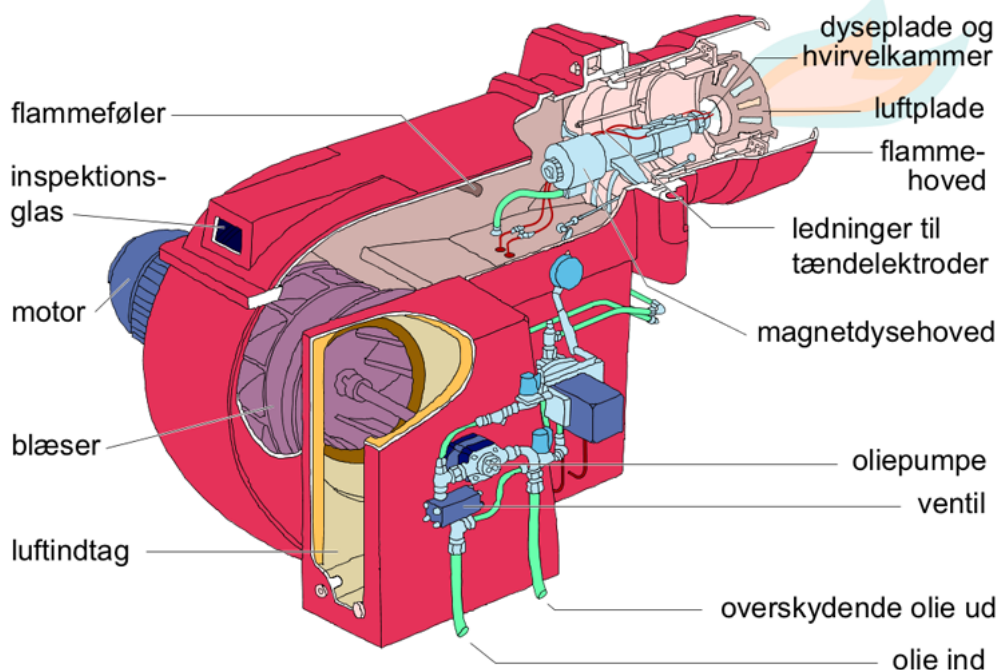
5.1 Oliefyr

En stor del af bygningerne i olielandsbyerne får deres varme fra individuelt installerede oliefyre, de oliefyrede kedeler kan producere både varmt brugsvand og varme til bygningerne.

Selve oliefyret fungerer på den måde at olien eventuelt opbevares i en olietank, hvorfra den føres videre til en oliebrænder. I oliebrænderen bliver olien forstøvet og blandet med luft, for så at blive antændt. Varmen fra oliens flamme, bliver herefter overført til det vand der ønskes opvarmet i bygningen. I det tilfælde at oliefyret er kondenserende, vil varmen fra den varme røggas også blive udnyttet og dermed opnås der en højere virkningsgrad. Det er i systemet nødvendigt med en skorsten, der kan lede røgen fra forbrændingen væk fra huset. Ved et kondenserende oliefyre skal der også laves et dræn der kan lede kondensvandet væk.

For at forstøve olien i oliebrænderen kan der benyttes flere forskellige metoder, ved trykforstøvning pumpes olien med et tryk på mellem 7 og 30 bar igennem en dyse. Dysen er formet således at olien sættes i hurtig rotation og splittes til mindre dråber og dermed forstøves. Forbrændingsluften tilføres igennem ledende plader omkring dysen, på denne måde dannes der en kegleformet sky af forstøvet olie fra dysen.

Alternativt til trykforstøvningen kan en rotationsbrænder benyttes, i rotationsbrænderen roterer en skålformet beholder med høj hastighed omkring et rør som olien føres igennem. Olie slynges på denne måde ud fra skålens kant og fordeles i mindre dråber. Her er lufttilførslen også med til at danne en kegleformet sky af forstøvet olie. Nedenfor på figur 7 ses opbygningen af en oliebrænder.



Figur 7: Skitse af oliebrænderens opbygning.

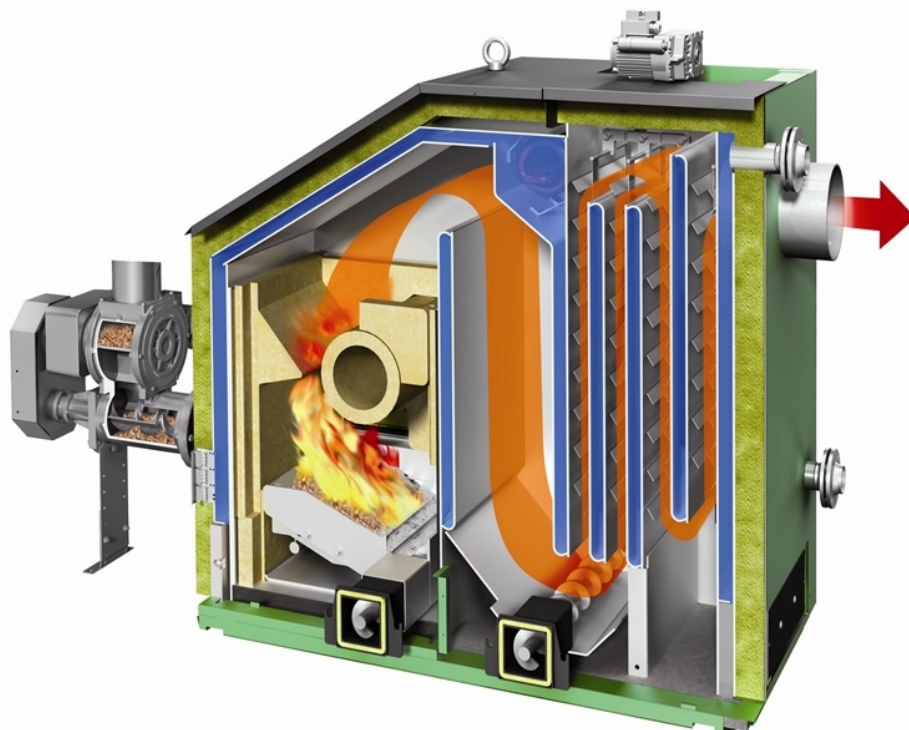
Styring af olietilførsel til oliebrænderen kan ske på forskellige måder. En metode er at styre trykket som olien tilføres brænderen med, her skal det dog nævnes at der ved trykforstøvning er en grænse for hvor meget trykket kan sænkes uden at det har en indvirkning på forstøvningens effektivitet.

De forskellige oliebrændere kan levere forskellige flammer, nogle leverer en gul flamme og andre en blå flamme. Forskellen er her at de gule flammer producerer mere sod men mindre CO_2 og blå flammer producerer mindre sod men mere CO_2 .

Der findes mange forskellige kvaliteter af olien der benyttes som brændsel i oliefyret. Olien kan variere fra de relativt lette destillater som for eksempel petroleum eller gasolie, til svær fuelolie. Det er dog primært de lette olier som benyttes til opvarmning af bolig. Eventuelt kan der også benyttes bio olie som for eksempel rapsolie [16] [17].

5.2 Pillefyr

Som et alternativ til oliefyret, kan et individuelt installerede pillefyr også benyttes til at producere både varme og varmt brugsvand til bygninger i olielandsbyerne.



Figur 8: Skitse af pillefyrets opbygning [19].

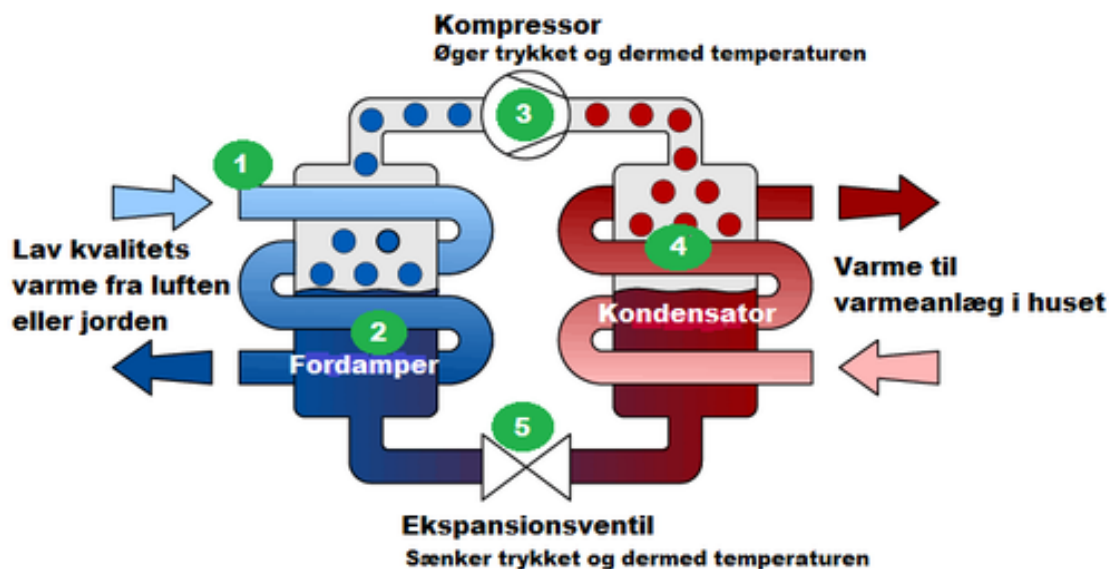
Ovenfor på figur 8 ses opbygningen af et pillefyr. Selve pillefyret fungerer på den måde at træpillerne hældes i et træpille magasin, fra magasinet føres træpillerne videre til brænderen. I brænderen antændes træpillerne, til forbrændingen tilføres luft ved hjælp af en blæser, og varmen fra forbrændingen føres videre til kedlen. Pillefyret benytter sig også af den kondenserende kedel som udnytter varmen i den varme røggas fra forbrændings processen. I kedlen ledes varmen videre til det vand der ønskes opvarmet i bygningen, herunder varmevandet i radiatorer, gulvvarme og varmt brugsvand. De forskellige pillefyr kan gøre brug af flere typer af brændsler og er ikke afgrænset kun til træpiller. Som alternativ til træpiller kan der for eksempel benyttes rapspiller, korn eller miniffis. [18]

5.3 Varmepumpe

I følgende afsnit ville der blive beskrevet hvordan varmepumpen fungerer, herunder en vurdering af hvilke kølemidler der anvendes, samt hvilke varmekilder der er til rådighed. Derudover ville der blive beskrevet hvilke muligheder der er for at implementerer en varmepumpe.

5.3.1 Generelt

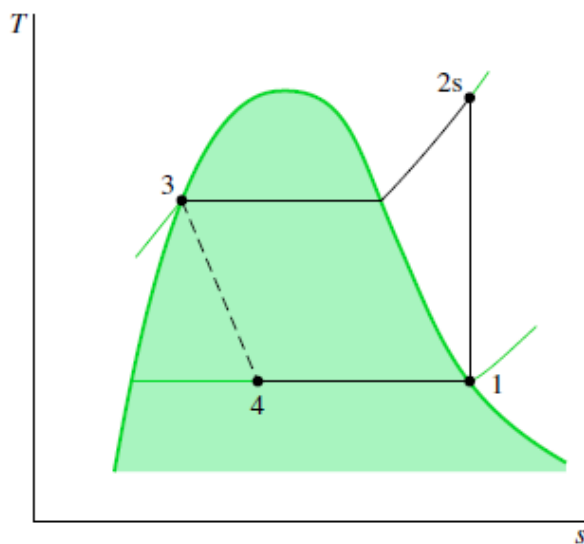
I dette afsnit ville der blive beskrevet hvilke komponenter der anvendes, samt hvordan den termodynamiske proces fungerer. Varmepumpens formål er at opretholde en temperatur der er højere end boligens omgivelser, men kan i varme perioder også fungerer som et køleanlæg hvis der er behov for det. Varmepumper bliver delt op i to typer, mekaniske og termiske varmepumper, adskillelsen ligger i drivenergien der får varmepumpen til at fungere. I den termiske varmepumpe ville drivenergien være i form af varme, dette kræver der er høje temperaturer til rådighed for varmepumpen virker, hvilket ikke er tilfældet i det scenarie der bliver gennemarbejdet i rapporten. Fokuspunktet ville derfor blive lagt på en mekanisk varmepumpe. De fleste mekaniske varmepumpe-systemer er af typen kompression og virker efter samme princip som et køleanlæg, drivenergien i de fleste tilfælde kommer fra elektricitet [20]. En simpel kompressions-varmepumpe består af en række komponenter: fordamper, kompressor, kondensator og en ekspansionsventil.



Figur 9: Skitse af kompressions-varmepumpens fordamnings- og kondenseringsproces [21].

5.3.2 Virkemåde

På figur 9 er der illustreret hvordan processen forløber i varmepumpen: (1) varmekilden afgiver varme til kølemidlet som cirkulerer i lukket system, kølemidlet fordamper ved en lavere temperatur end varmekilden. (2) varmekilden ledes retur, enten i form af afkølet luft eller væske. (3) kølemidlet bliver indsuget i en kompressor, herved stiger trykket og dermed temperaturen. (4) kølemidlet kondenserer i kondensatoren og afgiver sin varme. (5) ekspansionsventilen sænker trykket og temperaturen, og leder kølemidlet tilbage til fordamperen hvor processen kan begynde på ny.



Figur 10: T-S diagram, kredsproces for en ideel damp-kompression cyklus [22].

Processen kan også beskrives ud fra et T-S digram som illustreret på figur 10. Her antages det at kompressoren er adiabatisk hvilket betyder at der intet varmetab er til omgivelserne, og at entropien er konstant. Fordamperen og kondensatoren er reversible, ensbetydende med der ikke er friktions tryktab, og kølemidlet strømmer igennem varmevekslerne med konstant tryk. I betragtning af de tidligere nævnte antagelser kan de enkelte processer i den samlet kredsproces beskrives: (1-2s) isentropiske kompression af kølemidlet i kompressoren til kondensatoren. (2s-3) den overophedede kølemiddelgas afkøles og begynder at kondensere (duglinjen) da den afgiver sin varme til brugssiden imens det strømmer igennem kondensatoren. Gennem processen ville der være en blanding af både damp og væske indtil kølemidlet rammer kogelinjen hvor kølemidlet ville være på væskeform. Som tidligere nævnt regnes processen for at være isobar. (3-4) ekspansionsventilen sænker trykket, dermed ville der igen opstå en blanding af væske og damp. (4-1) kølemidlet optager varme fra en varmekilde imens det strømmer gennem fordamperen. Den virkelige kompressions-varmepumpes arbejde er dog ikke reversibelt. Kølemidlets temperatur i kondensatoren er ofte lavere end den kolde side, og temperaturen på afgangssiden er ofte højere end den varme side. Det øgede temperaturspænd mellem fordamperen og kondensatoren ville medføre en lavere Coefficient of Performance (COP). Derudover ville den virkelige kompressor ikke arbejde adiabatisk, da bevægelige dele i kompressoren ville skabe friktion.

5.3.3 Kølemiddel

Valg af kølemiddel til enten opvarmning eller køling er generelt baseret på tre faktorer: ydeevne, sikkerhed og miljøpåvirkning [23] & [24]. Ydeevne er karakteriseret ved at kølemidlet skal levere den ønskede effekt, samt være omkostningseffektivt. Sikkerhed skal forstås ved at undgå fare, da en del kølemidler kan være giftige eller brandfarlige. Det sidste vigtige beslutningsgrundlag for at vælge et korrekt kølemiddel er miljøpåvirkning. Efter en lang årrække med brug af diverse kølemidler, har man tidligere fundet frem til at en række kølemidler har negative indflydelse på ozonlaget samt på drivhuseffekten. Dette resulterede i en global aftale om at forbyde produktion af visse kloridholdige kølemidler. I Danmark er det forbudt at anvende kølemidler hvor påfyldningen er større end 10 kg. Dette har medført at en lang række større anlæg i stedet bruger naturlige kølemidler så som carbondioxid (R-744) og ammoniak (R-717).

I tabel 6 ses et udpluk af en række kølemidler der kan blive anvendt. Det ses, at de naturlige

Tabel 6: Udpluk af kølemidler, GWP målt i CO_2 ækvivalenter i en periode på 100 år

Kølemiddel nummer	Type	Ca. GWP
R-32	HFC	675
R-134a	HFC	1.430
R-1234yf	HFC	4
R-410A	HFC blanding	1.725
R-407C	HFC blanding	1.526
R-744 (carbondioxid)	Naturlig	1
R-717 (ammoniak)	Naturlig	0
R-290 (propan)	Naturlig	10
R-600 (butan)	Naturlig	10

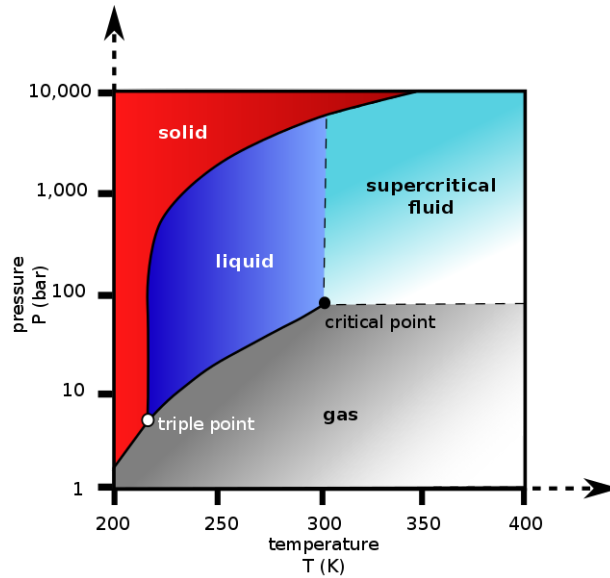
kølemidler har et langt mindre Global Warming Potential (GWP) sammenlignet med hydrofluorcarbonyl (HFC). På baggrund af dette er der valgt at se nærmere på de naturlige kølemidler frem for typen HFC.

- Butan kan bruge komponenter der er udviklet til syntetiske kølemidler. Kan levere temperaturer op til 85 °C ved et lavt tryk (under 20bar). En ulempe ved butan, det er brandfarligt.
- Ved propan arbejdes der med højere tryk end butan, derudover kan kølemidlet kun levere temperaturer op til 60 °C, hvilket gør det irrelevant for dette projekt.
- Ammoniak bruges i et stort omfang inde for køleindustrien, derfor er det muligt at varmepumper kan levere en effekt på over 1MW. For at levere temperaturer på 70-75 °C skal der benyttes et tryk på 40bar. Ammoniak har den negative egenskab at være giftigt og svagt brandbart.
- Carbondioxid bliver ligesom ammoniak benyttet i køleindustrien. CO_2 anlæg bygges i størrelsen 1,5MW. CO_2 har egenskaber der gør det særligt velegnet til høje temperaturløft, for eksempel 20-70 °C. Derudover er det hverken giftigt eller brandfarligt. Kræver højt tryk for varmepumpen kan levere en høj temperatur.

Ud fra de disse oplysninger omkring de naturlige kølemidler, er der valgt at se nærmere på CO_2 som kølemiddel. Begrundelsen ligger i at CO_2 er hverken giftigt eller brandfarligt, hvilket passer godt til dette projekt, da det forventes en del af drift og vedligeholdelse skal fortages af indbyggerne i Åbyskov.

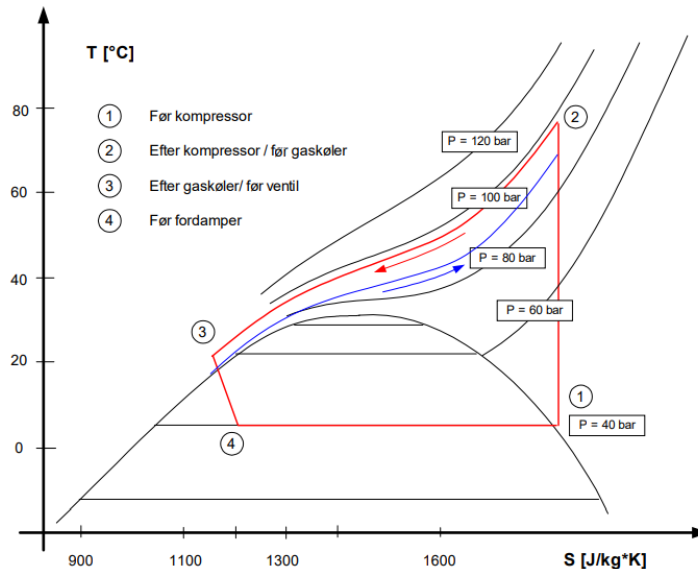
5.3.4 CO_2 -varmepumpen

Som tidligere beskrevet er det interessant at se netop på CO_2 varmepumpen da CO_2 hverken er brandfarligt eller giftigt, derudover har CO_2 nogle særlige termodynamiske egenskaber der udskiller sig fra andre kølemidler. Ved brug af CO_2 som kølemiddel arbejder varmepumpen ikke helt efter samme princip som beskrevet i afsnit 5.3.2. Det er særligt det høje tryk og det lave kritiske punkt der gør at CO_2 udskiller sig fra andre kølemidler. CO_2 kommer i en superkritisk tilstand hvis det når en temperatur på 31,1 °C ved 73,8 Bar. Dette medfører at det ikke længere er muligt at overføre varme til omgivelserne ved kondensering over den kritiske temperatur som i en normal kompressionvarmepumpe. En illustration over CO_2 's fasediagram er vist på figur 11.



Figur 11: Fasediagram for CO_2 [25].

På figur 12 er der vist hvordan kredsprocessen forløber sig i en CO_2 -varmepumpe, og kan på samme måde som damp- kompressionsvarmepumpen i figur 10 beskrives ud fra et T-S diagram. (1-2) sker der en isentropisk kompression. I punkt 2 befinder CO_2 'en sig i en superkritisk tilstand. (2-3) kølemidlet i gaskøleren afgiver varme til brugsvandet, sammenlignet med kompressionvarmepumpen hvor temperaturafgivelsen sker ved kondenseringstemperaturen, sker der her i stedet et temperaturlid af kølemidlet samtidigt med brugsvandet bliver varmet op. (3-4) ekspansionsventilen sænker trykket og dermed vil der forekomme en blanding af både væske og damp. (4-1) optager varme i fordampere hvor CO_2 'en kommer på damp form.



Figur 12: Kredsproces for en CO_2 -varmepumpe [26].

En varmepumpe der arbejder i superkritisk tilstand betegnes også som en transkritiskvarme-

pumpe. Forkortelsen (TKVP) vil blive brugt i denne rapport. Varmeoverførslen til brugsvandet som typisk finder sted i kondensatoren i kompressionsvarmepumpen, vil i en TKVP foregå med gaskøling. På baggrund af denne form for køling vil temperaturdifferensen (temperaturglid) mellem input og output være højere end ved kondenseringsprocessen [27]. Før der kan opnås stor ydeevne for en TKVP, er det vigtigt med et stort temperaturglid. En Undersøgelse lavet af L. Cecchinato, et al. [28]. Viste et fald i COP-værdien ved at hæve indgangstemperaturen. CO_2 -varmepumpen der blev brugt i et af forsøgene, skulle hæve temperaturen fra $15\text{ }^\circ\text{C}$ til $45\text{ }^\circ\text{C}$, og herefter fra $40\text{ }^\circ\text{C}$ til $45\text{ }^\circ\text{C}$. Ved først benævnte resultat blev der opnået en COP-værdi på 4,691, det andet resultat gav en COP på 2,598. Ud fra temperaturstigning på indgangssiden, resulteret det i en reduktion på COP-værdien med over 44%

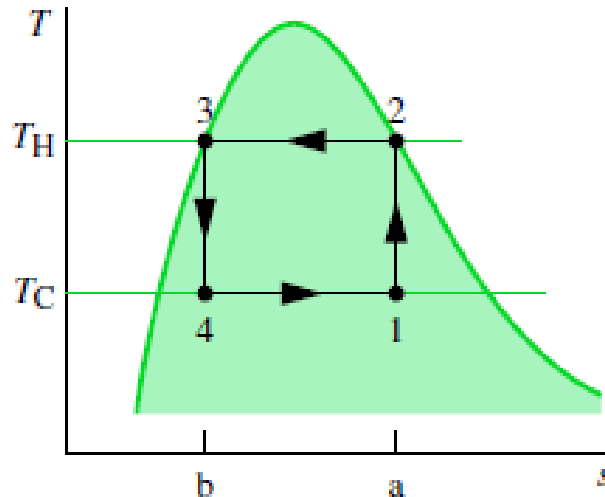
$$\frac{2,598 - 4,691}{4,691} \cdot 100 = -44,617\%$$

Derudover ved at øge overfladearealet med seks gange den oprindelige størrelse på varmevekslerne, resulterede det i en stigning på over 20% på COP-værdien.

$$\frac{4,691 - 3,891}{3,891} \cdot 100 = 20,56\%$$

5.3.5 Coefficient of performance

Coefficient of performance (COP) er et udtryk der angiver energiudnyttelsen i varmepumpen, og er forholdet mellem det tilførte arbejde der skal til at drive varmepumpen, og den varme der kommer ud af varmepumpen. COP-værdien afhænger af hvilken kredsproces varmepumpen arbejder under. En af de kredsprocesser en varmepumpe kan arbejde under er Carnot køle processen vist på figur 13.



Figur 13: T-S diagram for Carnot køleproces [22].

Det fremgår af figur 13, at alle delprocesser af den samlede kredsproces er reversible, desuden sker varmeoverførslen i kondensatoren ved konstant temperatur, hvilket betyder at der ingen eksterne irreversibiliteter er. Den teoretiske maximale COP-værdi beregnes ud fra de to temperaturer, henholdsvis T_H og T_C varmepumpen arbejder i, og defineres ud fra følgende ligning:

$$COP_{Carnot} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

Rigtige varmepumper der arbejder efter Carnot-processen ville dog have en lavere COP end tilfældet ovenfor. Ulempen ved at benytte Carnot-processen er, at når kompressoren skal komprimere kølemidlet (1-2) ville kølemidlet befinde sig i våddampstilstand. Dette kaldes våd kompression. Denne måde at komprimere kølemidlet på udgås da det ellers kan skade kompressoren. Rigtige varmepumpesystemer afviger dog en del fra Carnot-processen. De fleste varmepumper arbejder efter damp-kompression princippet som beskrevet og illustreret tidligere. Her findes Coefficient of performance ved at benytte enthalpien i de forskellige tilstande i kredsprocessen, og er defineret på følgende måde [23]:

$$COP_{damp-kompression} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

Denne formel kan dog kun benyttes såfremt enthalpi dataen er tilgængelig, hvilket ikke altid er tilfældet hvis tilstand 3 befinder sig udenfor kogelinjen. På samme måde som Carnot-virkningsgraden, kan Lorentz-virkningsgraden også beskrives ud fra temperaturer varmepumpen arbejder med. Lorentz-COP-værdien er defineret på følgende måde [20]:

$$COP_{Lorentz} = \frac{T_{lmH}}{T_{lmH} - T_{lmL}}$$

Hvor T_{lmH} og T_{lmL} er middeltemperaturen på den varme og kolde side af varmepumpen. Middeltemperaturen bliver benyttet fordi der antages at temperaturoverførelsen ikke sker ved konstant temperatur på samme måde som ved Carnot-processen, men derimod ved et temperaturglid. De to middeltemperaturer beregnes på følgende måde:

$$T_{lm} = \frac{t_{varm} - t_{kold}}{\ln \cdot \left(\frac{t_{varm} + 273,15}{t_{kold} + 273,15} \right)}$$

Ligesom Carnot-processen er dette den teoretiske maximale COP der kan opnås. I virkeligheden ville den faktiske COP være betydeligt lavere på baggrund af de forskellige komponenter, så som kompressorer og ventiler der ikke arbejder 100% effektivt, samt varmetabet i kølemidlet og varmeveksleren. Varmetabet medfører en større temperaturdifferens mellem varmepumpen, varmekilden og brugsvandet. Det er nødvendigt at multiplicere varmepumpens virkningsgrad på enten Carnot eller Lorentz COP-værdien, for at få den faktiske COP-værdi:

$$\eta_{vp} \cdot COP_{CL} = \text{faktisk COP}$$

Her skal η_{vp} forstås som varmepumpens virkningsgrad og $COP_{C,L}$ som den maximale teoretiske COP for henholdsvis Carnot og Lorentz. Coefficient of performance giver et udmærket indblik i hvor effektivt varmepumpen fungerer. Dog giver den kun indblik i en "her og nu" effektivitet, på baggrund af de temperaturer der bliver benyttet. For at få et større kendskab til hvordan varmepumpen fungerer over en etårs-periode, benyttes der i stedet seasonal coefficient of performance (SCOP). Dette ligger til grund i temperaturvariationerne på de forskellige varmekilder ikke ville forholde sig konstante over året. SCOP giver derfor en gennemsnitsværdi over effektiviteten på varmepumpen over et år.

5.3.6 Varmekilder

Før en eventuel implementering af en varmepumpe er det vigtigt at vurdere hvilke varmekilder der er disponible. Når de varmekilder som er til rådighed er blevet identificeret, skal der vurderes potentialet af varmekilderne. Dette gøres blandt andet ved at se på temperaturvariationerne hen over året.

Før en varmekilde kan betragtes som egnet, er der en række forudsætninger der skal tages stilling til. Dette kunne blandt andet være hvor mange drift-timer varmekilden er til rådighed hen over

året, eller om der er eventuelle påvirkninger på flora og fauna ved brug af en given varmekilde. I bilag B er der en illustration over varmekilder, dog skal det nævnes at figur 36 skal betragtes ud fra en årsberetning. Eksempelvis kan luft, som er placeret længst til højre i figuren, have et højere energiindhold om sommeren end grundvand. Dette ville have en påvirkning på prioritetsrækkefølgen af varmekilderne hen over året. For at se nærmere på varmekilderne er de kort beskrevet herunder [20]:

- Røggas bliver benyttet de steder hvor der sker en forbrænding af et brændsel, eksempelvis kul, træpiller og halm. For at opnå en så høj virkningsgrad som muligt er det vigtigt at afkøle røggassen mest muligt. For at benytte røggas som varmekilde kræver det et varmeproducerende anlæg der kan levere en given temperatur.
- Overskudsvarmen for energiforbrugende koncerner kan benyttes som varmekilde. Energien kan blandt andet komme fra store datacentre, der med fordel kan optimere deres drift-økonomi ved eksempelvis at sælge overskudsvarmen til et fjernvarmeselskab.
- Geotermi kan anvendes da temperaturen er højere end mange andre naturlige varmekilder. Dog er etableringen af et anlæg der benytter geotermi ikke særlig udbredt i Danmark, da det ikke er muligt at oprette alle steder.
- Spildevand fra rensesanlæg har potentiale da afgangstemperaturen hen over vinteren typisk er højere end andre naturlige varmekilder. Der er dog en række rensesanlæg hvis placering er uden for rækkevidde for et eventuelt fjernvarmenet. Dette medfører at en vis procentdel af det fulde potentiale går tabt.
- Grundvand har en relativ konstant temperatur på 8-11 °C hele året. Dette betyder at det kan være attraktivt at benytte grundvand som varmekilde, især om vinteren da efterspørgslen på varme er høj. Grundvandsanlæg er nye i Danmark, derfor er det vigtigt at have en god dialog mellem myndigheder og andre naturorganisationer omkring netop disse anlæg. Det kan i nogle tilfælde betyde at det nødvendigt at udarbejde en VVM-rapport og afholde offentlige høringer. En eventuel tilladelse kan derfor tage op til flere år.
- Sø og åvand kan benyttes som varmekilde i tilfælde af at det ligger tæt på et fjernvarmeanlæg. Dog skal der afklares om temperaturvariationerne i vintermånederne gør det rentablet for at implementerer en varmepumpe. Desuden skal der undersøges om det afkølede retur vand har en påvirkning på flora og fauna. Dog indeholder mange søer tilstrækkelige mængder vand til at blive anvendt som varmekilde.
- Andre kilder
 - Havvand har stor energikapacitet, det betyder der kan udvindes store mængder energi, hvilket gør det særligt egnet til store varmepumpe-anlæg. De lave temperaturer om vinteren kan dog medføre at komponenter i varmepumpen fryser til. Denne problemstilling kan løses ved at hente vand fra større dybder.
 - Luft er frit tilgængelig, hvilket gør det egnet som varmekilde. Energitætheden i luft er dog langt fra hvad den er i eksempelvis vand, dette betyder der skal være en langt større gennemstrømning af luft i varmepumpen. Konsekvensen af dette ville betyde at der stilles store krav til en række komponenter i varmepumpen. Dog kan investeringen af et varmepumpeanlæg der benytter luft som varmekilde, være betydeligt lavere sammenlignet med andre anlæg.
 - Solvarme som er beskrevet nærmere i afsnit 5.4 kan i kombination med en varmepumpe løfte effektiviteten på sol-varmeanlægget.

Når en eventuel varmekilde er identificeret, skal der foretages en økonomisk beregning der viser om projektet kan gennemføres. Hvis dette er tilfældet, bør diverse rådgivere inkluderes i den fremadrettede planlægning.

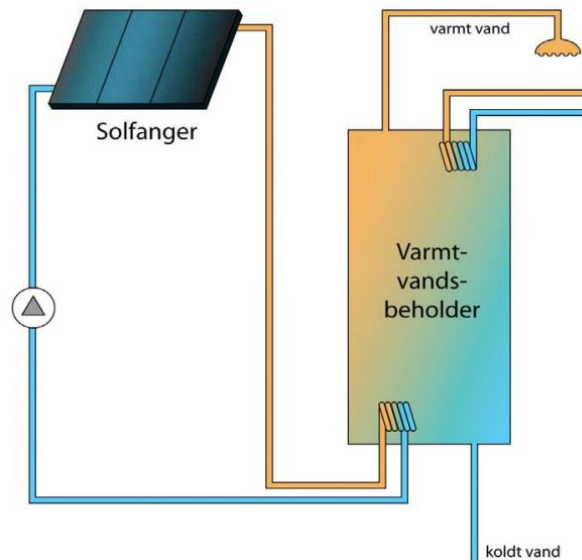
I rapporten er der valgt se på luft som varmekilde til de individuelle varmepumper, og grundvand som varmekilde til de fælles varmepumper.

5.3.7 Elpatronordningen

Som et alternativ til den normale elafgift, er det muligt at betale efter Elpatronsordningen. Ved brug af Elpatronsordningen betales der en afgift på grundlag af den producerede varme og ikke den anvendte elektricitet, det er derfor et spørgsmål om virkningsgrad der afgør hvilken løsning der bedst kan betale sig økonomisk. Elpatronordningen giver i øvrigt mulighed for fritagelse fra PSO-tariffen. Satsen i 2018 er en afgift på 21,6 øre pr. kWh - varme [20].

5.4 Solvarme

I dette afsnit vil der blive beskrevet en kort gennemgang af hvilke ressourcer der er til rådighed og hvordan en solfanger fungerer. Det årlige solindfald på en sydendt flade og en hældning på 45° er i Danmark ca. $1.200 \frac{kWh}{m^2}$. Solvarme anlæg kan være attraktive i kombination med en varmeproducerende enhed, som ikke afhænger af vejret for at fungere. På denne måde nyder man godt af alt den gratis energi fra solen i de solrige måneder, men samtidigt er man også sikret varme produktion på tidspunkter hvor solen svigter. Nedenfor på figur 14 ses en skitse af selve opbygningen af et simpelt solvarme anlæg.



Figur 14: Skitse af solvarme anlæg.

Solvarme fungerer på den måde at vand der opbevares i en varmtvandsbeholder modtager varme fra solvarme-panelerne. Varmeudvekslingen sker ved hjælp af en væske som ofte består af vand og propylenglycol, her fungerer propylenglycol som antifrysningmiddel, og man er dermed sikret imod skader på selve systemet ved lave temperaturer. Væsken pumpes igennem solvarmepanelerne og optager varmen fra solens indstråling, herefter fortsætter væsken ned til varmtvandsbeholderen, hvor den afgiver sin varme til vandet i tanken.

Solvarmen kan potentielt dække det varme brugsvand igennem sommer perioden, men kan ikke

dække behovet igennem de resterende måneder. Solvarmen har heller ikke potentialet til at kunne dække en bygnings behov for rumopvarmning. Det er derfor nødvendigt at kombinere solanlægget med en anden varmeproducerende enhed [29].

Tabel 7: Solindfald i Danmark.

Månedligt solindfald [kWh/m^2]														
Solfanger orientering	Hældning	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Året I alt
Vandret	0°	19	36	83	122	148	170	161	122	83	44	19	14	1.021
S	30°	44	63	115	143	155	169	163	132	102	62	33	35	1216
	60°	59	77	123	136	133	139	137	118	103	69	41	48	1.183
SSØ/SSV	30°	40	59	110	140	154	169	162	130	99	59	31	32	1.185
	60°	52	70	115	133	133	141	138	116	98	64	37	43	1.140
ØSØ/VSV	30°	31	49	97	131	148	165	158	124	90	52	25	24	1.094
	60°	36	52	95	122	129	141	135	109	85	51	27	29	1.011
Ø/V	30°	20	36	80	116	139	158	150	115	79	42	19	15	969
	60°	20	33	70	103	118	133	126	98	69	37	17	15	839

På tabel 7 er solindfaldet i månederne hen over året [6]. Det ses at der er langt flere ressourcer tilgængelige i sommermånederne end vintermånederne. Det lave solindfald om vinteren vil have den betydning at solanlægget ikke vil levere en tilstrækkelig effekt der kan dække forbruget hen over hele året. Effektiviteten i en solfanger er et udtryk for hvor meget af solindfaldet der overføres til det varmebærende medie og er afhængig af en række ydre forudsætninger så som solindfald, isolering, konstruktion m.v. Især temperaturdifferensen mellem solfangeren og udeluften har stor indvirkning på effektiviteten. Før en eventuel opførelse af et solfangeranlæg, er det vigtigt at dimensionere anlægget så der opnås en så lav temperaturdifferens mellem henholdsvis det varmebærende medie og omgivelserne. Dette kunne blandt andet gøres ved at minimere fremløbstemperaturen i et eventuelt fjernvarmenet. Alt afhængig af hvilken type solfanger der benyttes, ville der blive udnyttet 25-50% af det samlede solindfald i et solfangeranlæg.

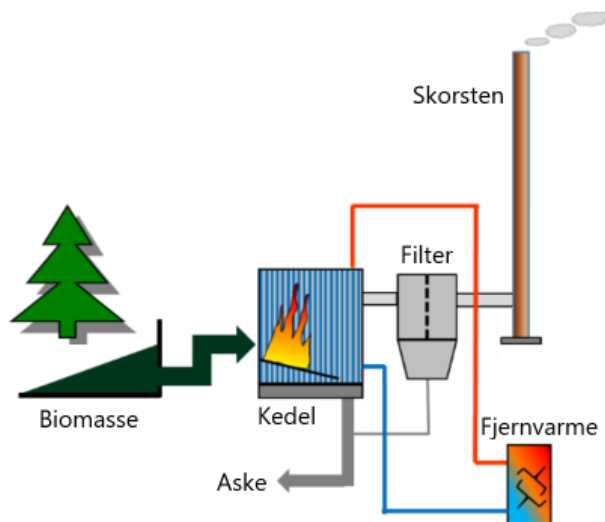
5.5 Biomasseanlæg

En fælles varmeløsning indebærer at flere husstande går sammen om en samlet varmeløsning, og der dermed laves et ledningsnet imellem de deltagende husstande og en central varme producent. Dette kan vise sig at være fordelagtigt for især tætbyggede områder uden adgang til fjernvarme. En mulighed for en fælles varmeløsning kunne være at etablere et biomassefyret varmeværk. Et sådan anlæg kan dimensioneres efter landsbyens opvarmningsbehov, det kan dermed potentielt være en fordelagtig løsning for landsbyens beboere. Et biomassefyret anlæg kan udnytte forskellige typer af brændsler, for eksempel træflis eller halm.

Ved opførelsen af et træflisanlæg er der en række problemstillinger der skal tages højde for, et typisk anlæg kan være bygget op på følgende måde [30]. Som udgangspunkt bør der altid være brændsel så det kan dække minimum 5 dages forbrug ved maximalt effekt. Dette sker på baggrund af forsyningssikkerheden skal opretholdes hen over weekenderne, samt hvis der sker nogle uforudsigelige betingelser, så leverandøren ikke kan levere træflisen til den ønskede tid. Hvis brændselslageret befinder sig udendørs, benyttes en gummiged med skovl til at transportere flisen hen til anlægget. En kran kan benyttes mellem det indendørs lager og anlæggets indfyiringsside. Indfyiringssystemer så som en tragt, hvor flisen bliver fordelt og hvor en indskubber presser flisen ind på risten i forbrændingskammeret. I forbrændingskammeret bliver flisen brændt af, flisen ligger som sagt på en rist som enten er en trapperist eller en kæderist. Ved anvendelse af en trapperist forbedres lufttilførslen

og hermed skaber det en bedre forbrænding. Når den fugtige flis skal forbrændes, skal der være en tilstrækkelig høj temperatur. Dette sker ved at lave tændbuer der stråler varmen ned på flisen. Røggasserne fra forbrændingskammeret ledes op til kedlen hvor den opvarmer kølevandet. For at opretholde en stor holdbarhed på kedlen, anbefales det at returvands temperaturen ligger på mindst 75-85 °C for at mindske korrosion. Med røggasserne følger der flyveraske med gennem kedlen. For at nedsætte en så stor del af denne mængde aske benyttes der røggasrensning. Rensningen sker ved hjælp af enten en multicyklon, posefilter eller anden renseteknologi. Efter røggasrensningen transporteres flyverasken ud til det øvrige askesystem. Hvis der foretages røggaskondensering kan der opnås en større virkningsgrad på anlægget. Røggaskondensering sker på baggrund af røggasserne fra flisen indeholder en mængde vanddamp. Ved at køle røggassen kan der udnyttes den energi der sker når vanddampen begynder at kondensere. Før røggaskondensatoren sidder der en røgsuger der søger for der er undertryk i anlæggets røgveje. Røgsugeren presser røgen ud til røggaskondensatoren og herefter ud til skorstenen.

Halmanlæg benytter næsten de samme komponenter som beskrevet ved et træffisanlæg [31]. Halmen leveres som 520 kg store baller, hvis ballerne indeholder et større vandindhold end 20% returneres de, da det giver en dårlig forbrænding. Når der arbejdes i et halmlager, skal der gøres opmærksomhed på der kan være risiko for indånding af allergifremkommende svampespore. Hvis anlægget er stort nok, kan der benyttes en kran der løfter ballerne op til en opriver, ellers benyttes en truck. I opriveren bliver halmen bragt tilbage til dens oprindelige form. Hvis halmballerne bliver lagt direkte op til indfyringen, hedder det cigarfyring. Halmen bliver skubbet i kedlen som typisk består af flere sektioner, hvor temperaturen kan reguleres i hver sektion. For at opnå en så høj virkningsgrad som muligt, kræves der en god luftgennemstrømning igennem systemet, så temperaturen forbliver høj. De samme teknologier fra træffisanlægget kan benyttes til røggasrensning i et halmanlæg. Røggassen bliver til sidst ledt ud igennem en skorsten.



Figur 15: Skitse af biomasseanlæg.

5.6 Varmelagring

Lagring af varme er med til at sikre at der i forskellige perioder kan være uafhængighed i mellem varmeproduktionen og varmeforbruget. Hvis varmeproduktionsenheden har en midlertidig billig varmepris som følge af for eksempel vedvarende energi eller lav elpris, kan den billige varme i højere grad udnyttes. Varmelagring sikrer samtidigt forsyningen i udetider i forbindelse med for eksempel

service og vedligeholdelse. Der findes forskellige typer af varmelagring, typerne afhænger af hvilket formål de hver især tjener [6].

- Små varmelagre, de små varmelagre benyttes ved alt fra de individuelle husstande til institutioner som for eksempel skoler eller større kontorbygninger.
- Store varmelagre, de store varmelagre bliver blandt andet benyttet ved kraftvarmeværker rundt omkring i Danmark. Fordelen ved disse lagre er at de kan dække varmebehovet i op til flere døgn.

Varmelagrene benytter for det meste vand som varmelagringsmedium, vandet har de fordele at det giver mulighed for høj energilagring pr. volumen, er ugiftigt og har en lav pris. Lagrene bygges ofte som velisolerede ståltanke.

5.7 Sæsonvarmelagre

Ved sæsonlagring åbnes der for muligheden for at lagre varmen over længere perioder, lagringsmulighederne kan deles op i tre typer som er listet nedenfor [6].

- Damvarmelagre, damvarmelagre er store udgravninger som fores med vandtætte membraner. varmelagringsmediet er vand, da vand har de ovenfor nævnte fordele. Desto større varmelagret bliver desto relativt mindre vil varmetabet til omgivelserne blive, da overflade til rumfangsforholdet mindskes. Udover det mindre varmetab, så bliver m^3 prisen lavere jo større lageret bliver. Effektiviteten vil ikke være høj det første år, men efter nogle år vil effektiviteten komme op mellem 80 til 95%. For et veludført lager ligger kapaciteten på ca. 60 til 80 kWh/m^3 .
- Borehulslagre, borehulslagre er vertikale borer, hvor varmt vand cirkulerer. Derved opvarmes det omkringliggende jordlag, varmelagringsmediet er i dette tilfælde jord og sand. Jord og sand har sammenlignet med vand en lavere varmekapacitet, dette medfører at denne form for lagring vil have en lavere lagringskapacitet pr. m^3 . Lageret vil de første år have lavere effektivitet da den omgivende jord også skal varmes, men vil herefter kunne opnå højere effektiviteter. Der benyttes typisk lav temperatur i kombination med varmepumper for at kunne opnå en effektivitet på 90 til 100%. For et veludført lager ligger kapaciteten på ca. 15 til 30 kWh/m^3 .
- Aquiferlagre, aquiferlagre fungerer ved at man overfører varmt vand til kanaler i undergrunden. Varmelagringsmediet er i dette tilfælde jord og vand, lagringskapaciteten pr. m^3 er derfor større end jord og sand men mindre end kun vand. For et veludført lager ligger kapaciteten på ca. 30 til 40 kWh/m^3 .

5.8 Opsummering

I projektet er der lagt ekstra vægt på hvordan en varmepumpe fungerer, og hvilke tanker der skal gøres ved valg af varmepumpe. Baggrunden for netop denne uddybning ligger til grund for det fremadrettede el-system. Fremtidens el-system vil være et system der i større grad bygger på mere fluktuerende energiressourcer som vind og sol. Ved at benytte varmepumper sikres der desuden mod stigning af brændselspriser. Dog skal resultaterne fra afsnit 7 vise hvilke teknologier der kan betale sig at investere i, både ud fra et privat samt selskabsøkonomisk perspektiv og ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv.

6 Beregningsforudsætninger

I dette afsnit vil der blive set på hvilke forudsætninger der ligger til grund for beregningerne i projektet. Afsnittet afspejler hvilke rammeforudsætninger der vil blive brugt til beregningerne i projektet. Der vil blive set på brændselspriserne samt udviklingen af CO₂ prisen. Derudover er der arbejdet med forskellige varmebehov samt elpriser, for at se hvilken påvirkning det kan have for valg af teknologi.

Overordnet for beregningerne antages det at der ingen eksisterende fjernvarmenet er etablerede, ej heller gasnet. For fremskrivning af faste priser til løbende priser benyttes der en overordnet inflationsrate på 0.82% hvilket er baseret på en gennemsnitlig værdi for de seneste års inflation i Danmark [32].

6.1 Teknologidata

I dette afsnit ses der primært på data taget fra energistyrelsens teknologikataloger, denne data er benyttet som udgangspunkt for omkostninger til investering samt drift og vedligeholdelse for de forskellige teknologier. Herudover teknologiernes tekniske aspekter i forhold til levetid, effektivitet og udledning af drivhusgasser m.v. Data for de forskellige teknologier er opstillet nedenfor i tabel 8 [17] [33] [34] [35].

Tabel 8: Teknologidata for de varmeproducerende enheder der ligger til grund for simuleringerne.

Enhed	LTV VP	Oliefyr	Pillefyr	Halmanlæg	Træflisanlæg	GVP
Brændværdi [GJ/kg]		$0,035 \frac{GJ}{L}$	0,01908	0,015	0,01	
Effektivitet	400%	92%	82%	108%	108%	400%
Levetid [År]	20	20	20	20	20	25
Investering [DKK/MW]				4.467.000	5.956.000	
Investering (udstyr) [DKK/MW]	4.899.000	2.050.000	4.050.000			2.449.000
Investering (installation) [DKK/MW]	2.099.490	878.500	1.013.000			2.449.000
Investering (Grundvandsboring) [DKK/boring]						550.000
D&V [DKK/MWh]				30	40	
D&V (fast) [DKK/år]						15
D&V (elektricitet) [DKK/MW/år]		4.950				48
D&V (andet) [DKK/MW/år]		116.142				13
D&V (service) [DKK/MW/år]	111.675					
D&V (udkaldsdækning) [DKK/MW/år]	48.393					
D&V (reservedele) [DKK/MW/år]	52.115					
CO2 [kg/L]		2,6				
SO2 [g/GJ]		0,5	25	49	1,9	
NOX [g/GJ]		25	70	125	81	
CH4 [g/GJ]		0	2			
N2O [g/GJ]		0	4	1,1	0,8	
UHC [g/GJ]				0,94	6,1	
Partikler [g/GJ]		0,02	15			

6.1.1 Varmenet

Ved de fælles varmeløsninger er der den ekstra omkostning som kommer til udtryk ved etablering af et fælles varmenet for landsbyen. Omkostningerne for opførelse af det fælles varmenet kan estimeres ud fra energistyrelsens teknologikatalog for transport af energi. De relevante informationer i forhold til investering i et fælles varmenet er listet i tabel 9 nedenfor.

Tabel 9: Teknologidata for estimering af omkostningerne forbundet med etablering af et fælles varmenet [36].

Type	Værdi	Enhed
Levetid	40	År
Pumpe installation	632.800	DKK/MW
Pumpe materiale	111.700	DKK/MW
Varmeveksler installation	569.550	DKK/MW
Varmeveksler materiale	100.500	DKK/MW
Variable D&V	11	DKK/MWh
0-50 kW ledning	2.084	DKK/m
50-250 kW ledning	2.643	DKK/m
250-1000 kW ledning	3.425	DKK/m
0-20 kW stikledning	28.200	DKK/15m
20-50 kW stikledning	30.800	DKK/15m

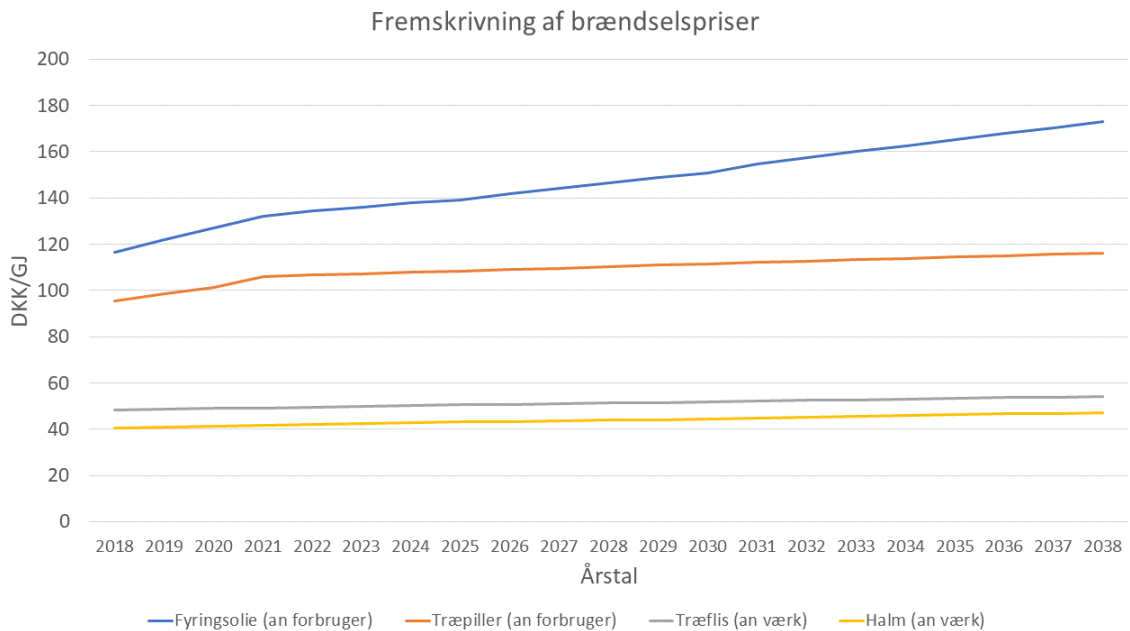
Udover denne data er det relevant at nævne at et varmetab på 20% af den producerede varme er antaget igennem distribution af varmen til forbrugerne.

6.2 Brændselspriser

Brændselspriserne, eksklusivt elektricitet, har taget udgangspunkt i Energistyrelsen baggrundsrapport til basisfremskrivning 2017 [37]. Priserne der er anvendt er set ud fra en "Frozen policy" tilgang, hvilket betyder der kun bliver kigget på tiltag der allerede er vedtaget af politikkerne. Baggrundsrapporten fremskriver brændselspriserne frem til 2030, hvilket betyder der er en årrække hvor priserne ikke er opgjort. For at finde priserne gennem hele levetiden for de forskellige teknologier, er der anvendt lineær regression til at fremskriver priserne. På figur 16 nedfor, er der vist hvordan tendensen for de enkelte brændselspriser forløber hen over en årrække. Prisen som er i illustreret figur 16 er opgjort i faste faktorpriser, hvilket betyder der skal pålægges diverse afgifter samt tilskud, for at få den reale markedspris.

Generelt for dette afsnit er at alle brændselspriser stammer fra Energistyrelsens baggrundsrapport for deres basisfremskrivning 2017, da baggrundsrapporten for basisfremskrivningen 2018 på nuværende tidspunkt ikke er udkommet. Ud over brændselspriser vil diverse afgifter også inkluderes i afsnittene i denne sektion af rapporten.

Disse brændsels pris er fremskrevet med 20 år frem til år 2038, dette er grundet at installationernes levetid er listet til at være 20 år i teknologikataloget. Nedenfor på figur 16 ses graferne over den fremskrevne prisudvikling i perioden 2018-2038.



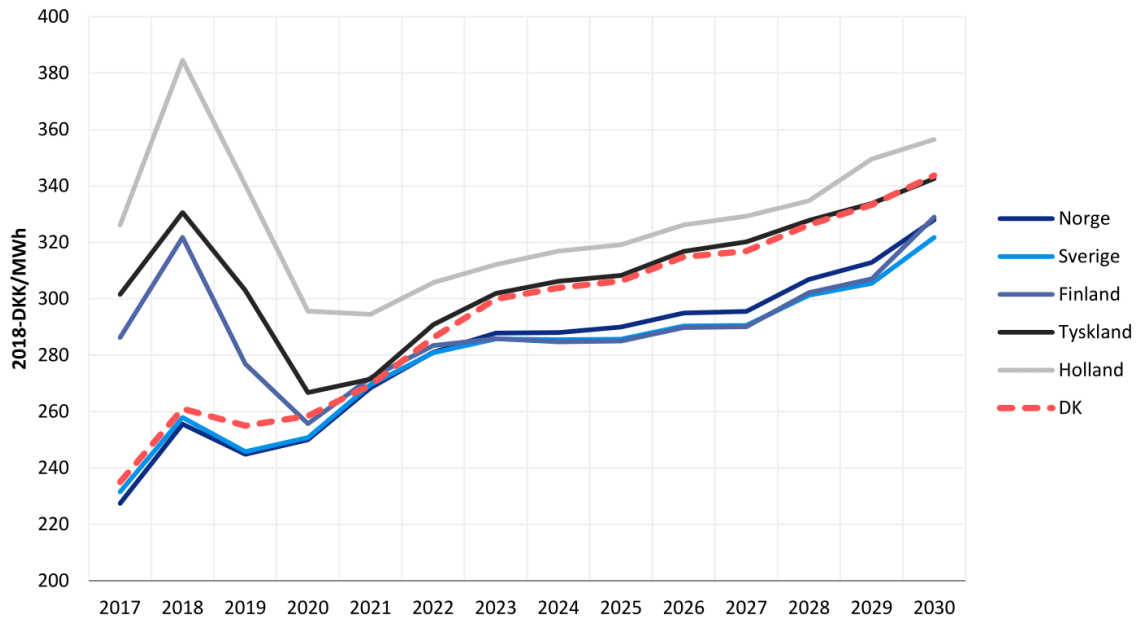
Figur 16: Fremskrevne brændselspriser der bliver anvendt i simuleringerne, opgivet i an forbruger og an værk dvs. priserne for henholdsvis decentrale varmekæder samt forbruger eksklusivt moms afgifter og tilskud.

Da fremskrivningerne kun går til år 2030 i Energistyrelsens baggrundsrapport, så er det benyttet regression til at få tilnærmelsesvis realistiske priser for de resterende 8 år. Priserne er regnet i faste 2016 priser, det ses at der er en tydelig forskel i brændselspriserne for forbrugerne og priserne for varmekæder. Prisforskellen støtter idéen om at det måske kan være fordelagtigt med et fælles varmekæde. Det data som er illustreret på figur 16 danner udgangspunkt for EnergyPRO simuleringerne og ses i tabel 33 bilag C.

6.3 Elektricitet

Elektriciteten er brændslet som driver varmepumperne, prisen på elektriciteten er derfor vital for varmepumpens rentabilitet. Det er af denne grund utroligt vigtigt at kunne estimere udviklingen af elprisen og forstå hvilke parametre der kommer til udtryk i den samlede elpris for forbrugere.

Prisen for elektricitet er fundet i Fremskrivning af elprisen, hvilket er en uddybning af de priser som ses i basisfremskrivningen. Elprisen er ligesom de andre brændsler kun fremskrevet indtil 2030, prisen er dog oplyst i intervaller af 5 år med udgangspunkt i 2020. Dette har medført, at der igen er anvendt lineær regression ved at benytte de kendte værdier til at finde prisen mellem de oplyste pris-intervallerne, samt at fremskrive prisen så den afspejler hele levetiden. Nedenfor på figur 17 ses grafer fra energistyrelsens fremskrivning af elprisen for Danmark, men også de lande Danmark på nuværende tidspunkt har direkte forbindelse til angående el transmissionen [38].



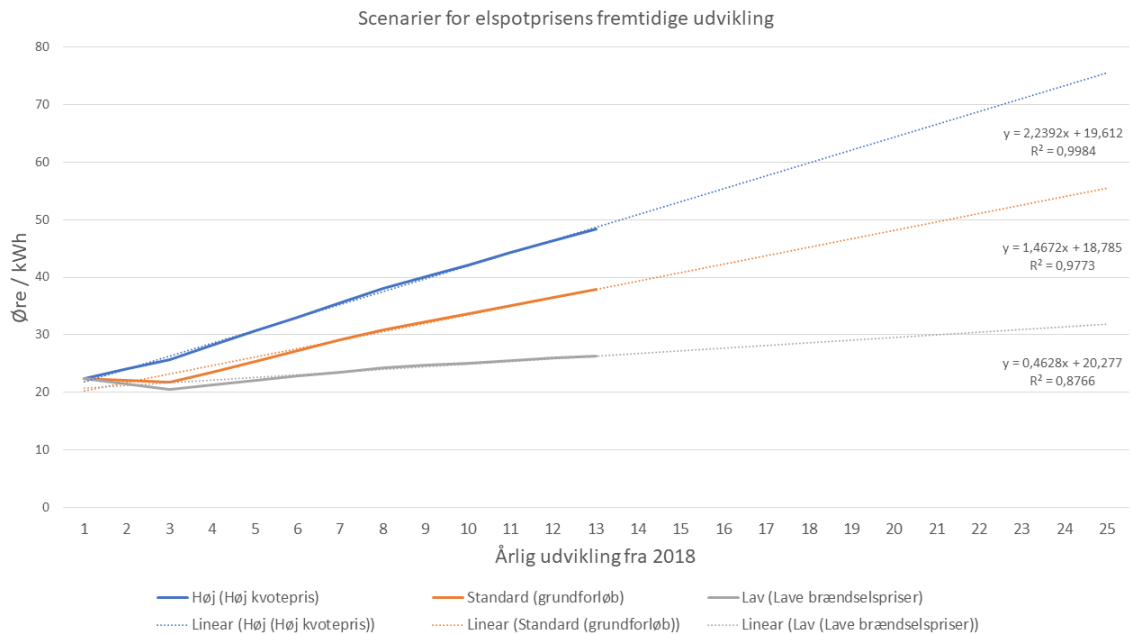
Figur 17: Beregnet spotpris, i grundforløbet, i de områder Danmark er direkte forbundet med.

Graferne er udtryk for grundforløbet i elfremskrivningen, elprisen er meget følsom overfor utallige parametre. Med hensyn til følsomheden af den data som er afbilledet på figur 17, er der på tabel 10 lavet en oversigt over forskellige ændringer i grundforløbets indvirkning på elprisen.

Tabel 10: Energistyrelsens partielle følsomhedsanalyser på elspotprisen [38].

Parameterændring	Variation ift. grundforløbet (2020, 2025, 2030)	Ændring af elspotpris i DK-vest (øre/kWh)		
		2020	2025	2030
Gennemsnitlig spotpris i grundforløbet	-	21,7	30,9	37,9
Høje brændselspriser	Kul: +8 pct. Naturgas: +4 pct.	+1,1	+1,7	+2,1
Lave brændselspriser	Kul: -8 pct., -19 pct., -24 pct. Naturgas: -4 pct., -29 pct., -42 pct.	-1,2	-6,6	-11,6
Høj CO ₂ -kvotepris	+157 pct., +204 pct., +240 pct.	+4,0	+7,1	+10,5
Lav CO ₂ -kvotepris	-10 pct., -29pct., -47 pct.	-0,3	-1,0	-2,0
Stor grøn udvikling i udlandet	+40 pct. vind, +30 pct. sol, -35 pct. kul i 2030	-	-4,4	-10,6
Høj vindudbygning i DK	+700 MW i 2030	-	-	-0,4
Lav vindudbygning i DK	-350 MW i 2030	-	-	+0,2
Høj soludbygning i DK	+1200 MW i 2030	-	-	+0,2
Lav soludbygning i DK	-750 MW i 2030	-	-	+0,2
Højt elforbrug i DK	Ca. +4 pct., +9 pct., +12 pct.	+0,3	+0,5	+1,2
Lavt elforbrug i DK	Ca. -4 pct., -9 pct., -12 pct.	-0,3	-0,5	-1,2
Godt vindår (alle modellerede lande)	+15 pct.	-1,3	-2,1	-2,8
Dårligt vindår (alle modellerede lande)	-15 pct.	+1,3	+2,3	+3,2
Godt vandår (alle modellerede lande)	+15 pct.	-2,4	-2,2	-2,8
Dårligt vandår (alle modellerede lande)	-15 pct.	+2,9	+2,9	+4,4
Dårlig transmissionsforbindelse mellem DK Vest-Tyskland	-	-	-2,4	-3,1
Intet COBRA-kabel	-700 MW transmissionskapacitet	-1,2	-0,5	-0,8

Elprisen er desværre kun vist for årene 2020, 2025 og 2030. Det har derfor været nødvendigt at interpolere og benytte regression på dataet for at finde en tilnærmelsesvis realistisk udvikling i elprisen hen over levetiden på varmepumperne. Der er taget udgangspunkt i tre forskellige scenarier for udviklingen af elspotprisen, et standard scenarie, et scenarie med høj elpris og et scenarie med lav elpris. Scenarierne er baseret på grundforløbet, høj kvotepris og til sidst lave brændselspriser. Priserne er illustreret på figur 18.



Figur 18: Fremskrivning af elspotprisen ud fra tre forskellige scenarier.

6.4 Emissioner

Ved de fælles varmeløsninger hvor der er tale om større varme produktionsanlæg, er det værd at undersøge hvilke omkostninger der er i forbindelse med emissioner ved forbrændingsprocessen. For brændslerne olie, træflis og halm er der nedenfor opstillet tabel 15 der giver et overblik over omkostningerne ved de forskellige udledninger, samt mængden af udledning i de forskellige brændsler. Elektricitet har også en estimeret udledning baseret på fordelingen af den samlede el og kraftvarmeproduktion i år 2017. Emissionerne kommer også til at spille en rolle i den samfundsøkonomiske analyse.

Emissions-dataene der er benyttet, tager udgangspunkt i oplysninger fra Energistyrelsens teknologikataloger. Det fremgår af tabellen at udledningen af emissioner afhænger af hvilken teknologi der anvendes. For at finde omkostningerne ved benyttelse af diverse brændselsteknologier, skal prisen for hver emission multipliceres med mængden der bliver udledt på den pågældende teknologi.

Tabel 11: Emissionsværdier pr. anvendt brændsel målt i liter, kilo og MWh [39].

Type	Olie		Træpiller		Halm		Træflis		Elektricitet	
Brændværdi	0,035	GJ/L	0,019	GJ/kg	0,015	GJ/kg	0,01	GJ/kg		
CO ₂	2,6	kg/L							169	g/MWh
SO ₂	0,018	g/L	0,477	g/kg	0,729	g/kg	0,019	g/kg	72	g/MWh
NO _x	1,064	g/L	1,717	g/kg	1,859	g/kg	0,814	g/kg	375	g/MWh
CH ₄			0,057	g/kg					98	g/MWh
N ₂ O			0,076	g/kg	0,016	g/kg	0,008	g/kg	3,5	g/MWh
NM ₂ OC									18,5	g/MWh
CO									160	g/MWh
Partikler	0,001	g/L	0,363	g/kg					5,7	g/MWh
UHC					0,014	g/kg	0,061	g/kg		

6.5 Tilskud og afgifter

Tilskud og afgifter har ofte en stor indvirkning på den samlede varmepris, alt afhængig af den brugte teknologi og brændsel. Det er derfor værd at undersøge hvilke afgifter der på nuværende tidspunkt er aktive og hvordan de kommer til at udvikle sig i fremtiden. Nedenfor ses tabel 12 som viser hvilke teknologier der er pålagt hvilke afgifter.

Tabel 12: Fordeling af afgifter på forskellige varmeproducerende teknologier.

Enhed	Værdi (2018)	LTV VP	Oliefyr	Pillefyr	Halmanlæg	Træflisanlæg	GVP
Elafgift [DKK/MWh]	914	X					X
Godtgørelse [DKK/MWh]	-507						X
Elvarmeafgift [DKK/MWh]	407	X					
PSO [DKK/MWh]	132	X					X
Transmissionsnettarif [Øre/kWh]	3,8	X					X
Systemtarif [Øre/kWh]	4,2	X					X
B-Lav time distributionstarif [Øre/kWh]	10,73	X					
B-Lav time abonnement [DKK/år]	155.850	X					
B-Høj distributionstarif [Øre/kWh]	8,02						X
B-Høj time abonnement [DKK/år]	3.880						X
Mineralolieafgift [Øre/L]	199,2		X				
Energisparebidrag [Øre/L]	9		X				

6.6 Elafgift

Elektricitet er pålagt en såkaldt elafgift på 91,4 øre pr. kWh. Ved elafgiften er det også vigtigt at huske at der for virksomheder er en mulighed for at få godtgørelse, som har en stor indvirkning på den betalte elafgift. Godtgørelsen af elafgiften ved elektricitet brugt til procesformål er på 91,0 øre pr. kWh og godtgørelsen af elafgiften ved elektricitet brugt til rumopvarmning, opvarmning af vand og komfortkøling er på 50,7 øre pr. kWh [40].

6.6.1 Elvarmeafgift

For private helårsboliger der benytter el til opvarmning gælder det i henhold til §6 stk. 1 i elafgiftsloven at det elforbrug som overstiger 4.000 kWh skal betales elvarmeafgift af i stedet for den normale elafgift, elvarmeafgiften er i 2018 på 40,7 øre pr. kWh [40]. På den måde er der også en form for godtgørelse af elafgiften i den private sektor. Elvarmeafgiften spiller en relativt stor rolle angående elprisen for varmepumper, der er en stor ændring af elvarmeafgiften i år 2019, samt flere forventede. Elvarmeafgiftens prisudvikling hen over den nærmeste fremtid ses nedenfor på tabel 13 [41].

Tabel 13: Nedtrapning af elvarmeafgiften [DKK/MWh].

Elvarmeafgift	
År:	DKK/MWh
2018	407
2019	307

6.6.2 PSO-tariffen

PSO står for “Public Service Obligations”, størstedelen af PSO går til støtte af vedvarende energi. Selve omkostningerne til PSO tariffen omfatter følgende:

- Tilskud til vedvarende energi
- Tilskud til decentrale kraftvarmeproduktion
- Tilskud til forskning og udvikling inden for miljøvenlig energiproduktion og mere effektiv anvendelse af el
- Dækning af sikkerhedstyrelsens omkostninger
- Øvrige omkostninger

PSO afgiften har en relativ stor indvirkning på den samlede elpris, men vil gradvist nedtrappes hen over de kommende år, selve nedtrapningen vises nedenfor på tabel 14.

Tabel 14: Nedtrapning af PSO afgiften i perioden 2018 til 2022.

År:	PSO DKK/MWh
2018	132
2019	98
2020	40
2021	2
2022	0

Nedtrapningen sker ved at PSO-tariffen gradvist pålægges finansloven. Den vil dermed være fuldt pålagt finansloven i år 2022 [42].

6.6.3 System- og Distributionstariffer

Systemtariffen er en tarif som dækker omkostningerne for forsyningssikkerheden og kvaliteten af den el der bliver leveret, herunder ligger for eksempel reservekapaciteten og drift af systemet [43]. Distributionstariffen dækker omkostningerne ved transport af elektriciteten, dette gælder transporten i el-distributionsnettet som styres af det lokale netselskab. Der bliver i simuleringerne taget udgangspunkt i to forskellige net abonnementer fra EnergiFyn, henholdsvis ”B-Høj time“ og ”B-Lav time“ [44]. Brugt på henholdsvis individuelle og fælles varmepumper. Ved individuelle abonnementer kræves der ét pr. husstand.

6.6.4 Emissionsafgifter

Brændselsprisen for olie findes ved at pålægge faktorprisen an forbruger to forskellige afgifter, navnlig mineralolieafgift [45] og energisparebidrag [46], som set i tabel 12. De eventuelle afgiftspriser for emissioner er listede i tabel 15. CO_2 -prisen som er benyttet i projektet, har taget udgangspunkt i ikke omfattede kvotepriser da kapaciteten ikke overstiger 20 MW [47].

Tabel 15: Emissionspriser opgjort i DKK/g. CH₄ samt N₂O bliver afregnet efter CO₂ prisen, derfor nødvendigt at måle det i CO₂-ækvivalenter, dette gøres ved at multiplicer med en faktor på henholdsvis 25 for CH₄ og 298 for N₂O [48] [49] [50] [51].

Priser		
CO ₂	0,000043	DKK/g
SO ₂	0,0117	DKK/g
NO _x	0,0051	DKK/g
CH ₄	0,001075	DKK/g
N ₂ O	0,012814	DKK/g
NM ₂ OC	0	DKK/g
CO	0	DKK/g
Partikler	0	DKK/g
UHC	0	DKK/g

Udviklingen i CO₂ prisen kommer til at have stor indflydelse på de fossile brændsler i fremtiden, det ses i tabel 16 at den allerede i år 2021 er sat til 324 DKK/Ton. Denne udvikling er meget markant i forhold til den nutidige CO₂ afgift på blot 43 DKK/Ton.

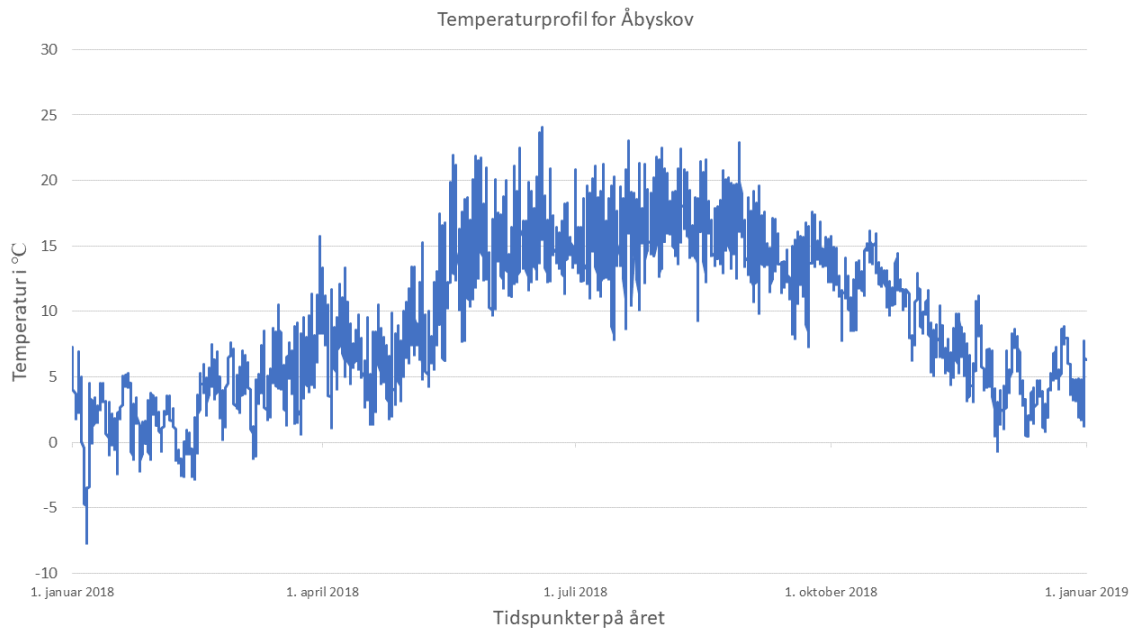
Tabel 16: CO₂ fremskrivning for ikke omfattet kvotepriser.

CO ₂ fremskrivning		
2018	43	DKK/Ton
2019	44	DKK/Ton
2020	46	DKK/Ton
2021 og frem	324	DKK/Ton

Der ses bort fra bio-brændslernes udledning af CO₂ da de teoretisk set optager den CO₂ igennem deres levetid som de afgiver ved afbrændingsprocessen. Hvis biomassen i øvrigt kommer fra lokale områder, undgår man også emissioner ved transporten af brændslet.

6.7 Varmebehov

For at finde varmebehovsprofilen for Åbyskov, findes der en temperaturprofil for området. Denne profil ses nedenfor på figur 19.

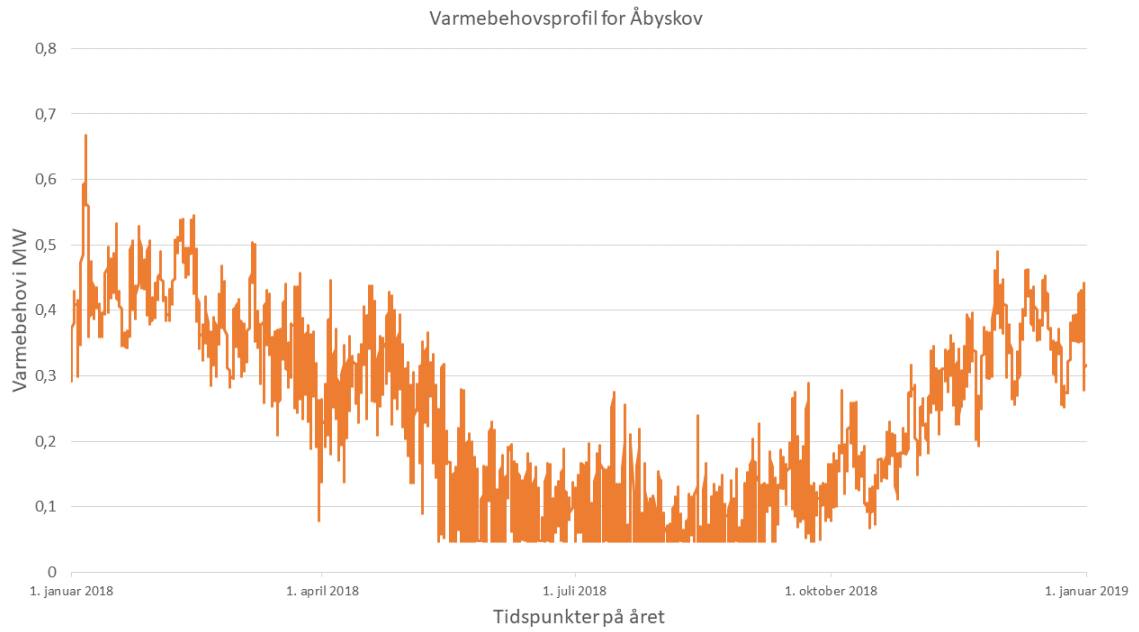


Figur 19: Temperaturprofil for området omkring Åbyskov.

Da det samlede årlige varmeforbrug for landsbyen er kendt til at være 2.087 MWh er det muligt at estimere en behovsprofil på baggrund af temperaturprofilen. Det antages her at 20% af varmebehovet er uafhængigt af udetemperaturen, dette er udtryk for varmt brugsvand. Varmeforbruget time for time findes ved formlen:

$$0,0251MW \cdot MAX(17 - T_{ude}) + 0,0476$$

Åbyskovs varmebehovsprofil kan ses på figur 20.



Figur 20: Varmebehovsprofil for landsbyen Åbyskov.

Ud fra figur 20 er det muligt at finde peak varmemeforbruget, dette varmemeforbrug ganges med en faktor 1,5 for at få en holdbar dimensionering af varmemeforsyningsenhedens varmekapacitet.

6.8 Variationer i beregningsforudsætninger

For at vurdere udfaldet af hvilken teknologi der bedst er egnet, er der anvendt forskellige varmebehov samt forskellige elpriser. Basisscenerierne bygger på et varmeforbrug på henholdsvis 2.504 MWh/år for en af de fælles løsninger, og 2.087 MWh/år for de individuelle løsninger. For varmeforbruget er der anvendt en reduktion samt stigning på 20% sammenlignet med basisscenerierne. Dette medfører at forbruget falder/stiger til henholdsvis 1.670 og 2.504 MWh/år for de individuelle løsninger og 2.003 samt 3.005 for de fælles. Variationerne er opstillet nedenfor i tabel 17.

Tabel 17: Variationer i varmeforbrug for individuelle samt fælles løsninger.

Varmeforbrug [MWh/år]		
Type	Individuelt	Fælles
Standard	2.087	2.504
Højt	2.504	3.005
Lavt	1.670	2.003

Angående elprisen er der benyttet den største samt laveste parameter som kan have betydning for den fremadrettet elspotpris. Parametrene der har den højeste samt laveste afvigelse, ses i tabel 10 og er henholdsvis høj CO2 kvotepriser og lave brændselspriser. Sammenlagt er der beregnet 60 simuleringer på kryds af varme/el-variationerne, samt de økonomiske-variationer som er beskrevet i næste afsnit. I tabel 18 ses en samlet oversigt over den måde simuleringerne er kørt på. Simuleringerne bliver delt op i privat, erhverv og samfund. I hver kategori bliver der kørt tre simuleringer, standard, højt og lavt varmeforbrug. Det ses i tabellen, at der er en faktor tre tilknyttet til varmepumperne, dette er fordi der er anvendt tre forskellige elpriser som tidligere beskrevet.

7 Modellering

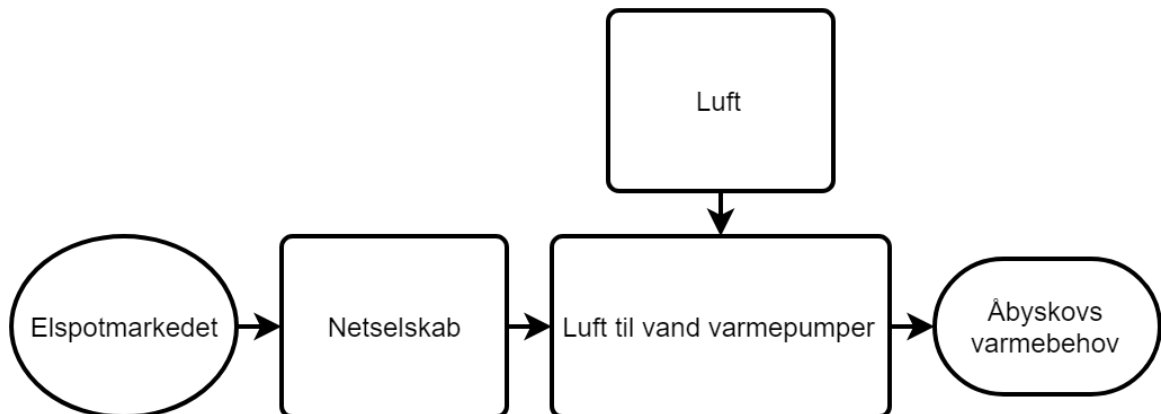
I denne sektion ses figurer der viser sammenhængen af opsætningen i de forskellige simuleringer. En oversigt over hvilke simuleringer der er lavet kan ses nedenfor i tabel 18.

Tabel 18: Antal simuleringer fordel ud på forskellige varmeforbrug. VP og G-VP skal for forstås som varmepumpe og grundvandsvarmepumpe. Varmepumperne er simuleret med 3 forskellige elpriser.

Simuleringsoversigt			
Varmeforbrug	Privat	Erhverv	Samfund
Standard	3 · VP, Olie, Trpiller	3 · G – VP, Halm, Trflis	3 · VP, Olie, Trpiller, 3 · G – VP, Halm, Trflis
Højt	3 · VP, Olie, Trpiller	3 · G – VP, Halm, Trflis	3 · VP, Olie, Trpiller, 3 · G – VP, Halm, Trflis
Lavt	3 · VP, Olie, Trpiller	3 · G – VP, Halm, Trflis	3 · VP, Olie, Trpiller, 3 · G – VP, Halm, Trflis
Samlet	15	15	30

7.1 Modeller for individuelle varmeløsninger

Scenariet med forsyning igennem individuelle luft til vand varmepumper er sat op på følgende måde, som set nedenfor på figur 21.



Figur 21: Diagram for Åbyskovs varmforsyning i scenariet med individuelle luft til vand varmepumper.

Kapaciteter samt behov for de forskellige scenarier af de individuelle luft til vand varmepumper ses nedenfor i tabel 19.

Tabel 19: Variationer i varmeforbrug samt kapaciteter for LTV VP scenariet.

Scenarie	Indfyret effekt [kW]	Varme effekt [kW]	Varmebehov [MWh]
Højt varmebehov	300	1.200	2.504
Standard varmebehov	251	1.005	2.087
Lavt varmebehov	199	795	1.697

Scenariet med forsyning igennem individuelle oliefyr er sat op på følgende måde, som set nedenfor på figur 22.



Figur 22: Diagram for Åbyskovs varmforsyning i scenariet med individuelle oliefyr.

Kapaciteter samt behov for de forskellige scenarier af de individuelle oliefyr ses nedenfor i tabel 20.

Tabel 20: Variationer i varmeforbrug samt kapaciteter for oliefyrs scenariet.

Scenarie	Indfyret effekt [kW]	Varme effekt [kW]	Varmebehov [MWh]
Højt varmebehov	1.304	1.200	2.504
Standard varmebehov	1092	1.005	2.087
Lavt varmebehov	864	795	1.670

Scenariet med forsyning igennem individuelle pillefyr er sat op på følgende måde, som set nedenfor på figur 23.



Figur 23: Diagram for Åbyskovs varmforsyning i scenariet med individuelle pillefyr.

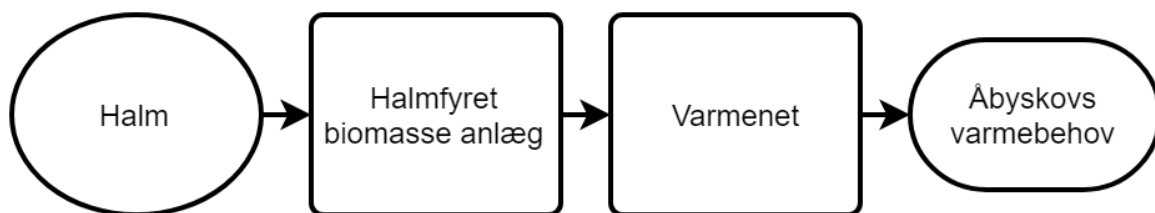
Kapaciteter samt behov for de forskellige scenarier af de individuelle pillefyr ses nedenfor i tabel 21.

Tabel 21: Variationer i varmeforbrug samt kapaciteter for pillefyrs scenariet.

Scenarie	Indfyret effekt [kW]	Varme effekt [kW]	Varmebehov [MWh]
Højt varmebehov	1.463	1.200	2.504
Standard varmebehov	1.226	1.005	2.087
Lavt varmebehov	966	795	1.670

7.2 Modeller for fælles varmeløsninger

Scenariet med forsyning igennem et fælles halmfyret biomasse anlæg er sat op på følgende måde, som set nedenfor på figur 24.



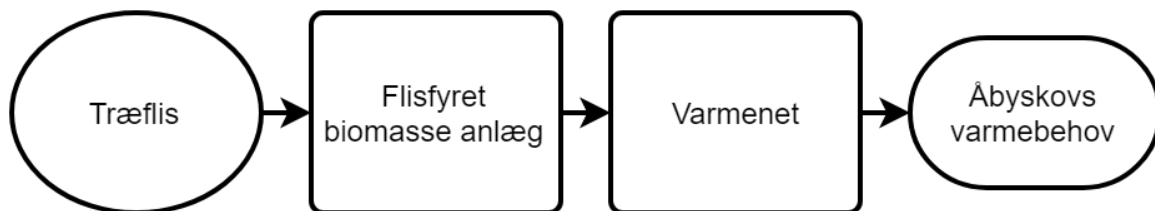
Figur 24: Diagram for Åbyskovs varmforsyning i scenariet med fælles halmfyret biomasse anlæg.

Kapaciteter, tab samt behov for de forskellige scenarier af det fælles halmfyrede biomasse anlæg ses nedenfor i tabel 22.

Tabel 22: Variationer i varmeforbrug samt kapaciteter for halmanlægs scenariet.

Scenarie	Indfyret effekt [kW]	Varme effekt [kW]	Varmetab [MWh]	Varmebehov [MWh]
Højt varmebehov	1.333	1.440	500	2.504
Standard varmebehov	1.111	1.200	417	2.087
Lavt varmebehov	889	960	334	1.670

Scenariet med forsyning igennem et fælles træflisfyret biomasse anlæg er sat op på følgende måde, som set nedenfor på figur 25.



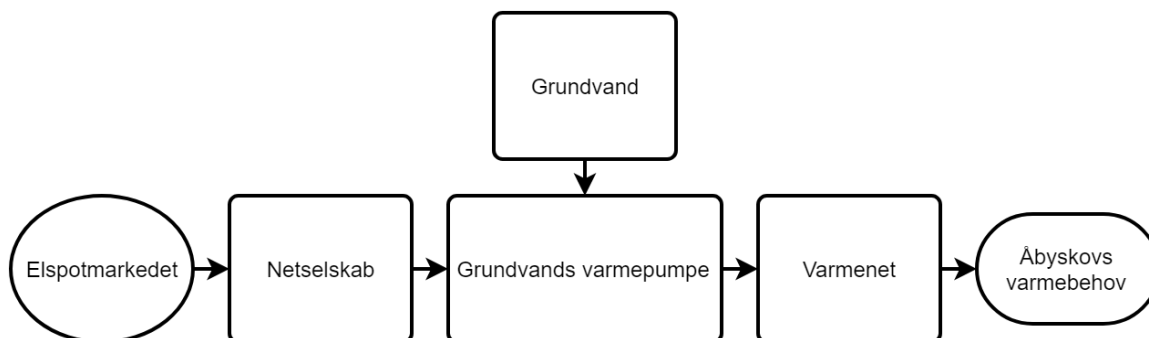
Figur 25: Diagram for Åbyskovs varmforsyning i scenariet med fælles træflisfyret biomasse anlæg.

Kapaciteter, tab samt behov for de forskellige scenarier af det fælles træflisfyrede biomasse anlæg ses nedenfor i tabel 23.

Tabel 23: Variationer i varmeforbrug samt kapaciteter for træflisanlægs scenariet.

Scenarie	Indfyret effekt [kW]	Varme effekt [kW]	Varmetab [MWh]	Varmebehov [MWh]
Højt varmebehov	1.333	1.440	501	2.504
Standard varmebehov	1.111	1.200	417	2.087
Lavt varmebehov	889	960	334	1.670

Scenariet med forsyning igennem en fælles grundvands-varmepumpe er sat op på følgende måde, som set på figur 26.



Figur 26: Diagram for Åbyskovs varmforsyning i scenariet med fælles grundvands-varmepumpe.

Kapaciteter, tab samt behov for de forskellige scenarier af den fælles grundvands-varmepumpe ses nedenfor i tabel 24.

Tabel 24: Variationer i varmeforbrug samt kapaciteter for grundvands-varmepumpe scenariet.

Scenarie	Indfyret effekt [kW]	Varme effekt [kW]	Varmetab [MWh]	Varmebehov [MWh]
Højt varmebehov	360	1.440	501	2.504
Standard varmebehov	300	1.200	417	2.087
Lavt varmebehov	240	960	334	1.670

7.3 Privat- og selskabsøkonomisk analyse

For at vurdere om en eventuel udskiftning af varmforsyning er lønsom, er det nødvendigt at se på nettonutidsværdien (NNV) for hver teknologi der muligvis kunne blive implementeret i projektorrådet. Ud fra NNV er det muligt undersøge om et muligt projekt skal forkastes eller iværksættes. NNV er defineret på følgende måde [52]:

$$NNV = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{(1+r)^i}$$

Beregningen af NNV er baseret på en række fremtidige indbetalinger/udgifter kaldet A_i løbetiden i , og en diskonteringsrente r . Ved denne fremgangsmåde ligger investeringsomkostningerne samt pengestrømmene ét år ude i fremtiden. Den årlige diskonteringsrente som er anvendt i de privat samt selskabsøkonomiske beregninger, er sat til 3 procent. Renten afspejler rentesatsen for en anden konkurrerende investering. Løbetiden afhænger af hvilken teknologi der tages udgangspunkt i, og ligger på henholdsvis 25 år for grundvandsvarmepumpen og 20 år for de resterende anlæg. Når NNV er fundet for alle de teknologierne som er beskrevet i de tidligere afsnit, skal der nu vurderes hvilken af disse teknologier der bedst er egnet. Her skal nettonutidsværdien sammenlignes på tværs af de varmeproducerende enheder med basisscenariet, for så finde den med den største lønsomhed.

Som tidligere beskrevet antages det at Åbyskov betragtes som en modelby, hvorpå det gør det muligt at sammenligne en bred vifte af varmforsyningsteknologier med et individuelt oliefy. Den teknologi der har den største lønsomhed er den med den laveste søjle, da det hermed skaber den største forskel på basisscenariet og den pågældende teknologi. Et eksempel er vist i tabel 25. Det fremgår af tabel 25 at de individuelle luft til vand varmepumper ved en lav elpris har henholdsvis den laveste NNV og højeste korrigeret NNV. Valget af forsyningsenhed i dette scenarie ville hermed falde på netop den før nævnte teknologi. Det bemærkes også at et fælles træfisanlæg har den næsthøjeste NNV samt laveste korrigeret NNV. Dog er det individuelle oliefy stadig den dyreste løsning set ud fra et privat samt selskabsøkonomisk perspektiv. For at sammenligne de resterende scenarier henvises til afsnittene

7.5, 7.6 og 7.7

hvor samtlige scenarier er illustreret grafisk.

Tabel 25: Privat samt selskabsøkonomisk oversigt over de forskellige teknologier og deres lønsomhed ved standard varmemeforbrug. Korrigeret NNV skal forstås som forholdet mellem basisscenariet (oliefy), og de andre pågældende scenarier. Prioritets valg skal forstås som den laveste værdi har den højeste prioritet.

Lønsomhed standard varmemeforbrug [DKK/MWh] privat samt selskabsøkonomisk perspektiv			
Scenarie	NNV	korrigeret NNV	Prioritetsvalg
Individuelle løsninger			
Oliefy	1.053	0	10
Pillefy	814	240	7
LTV VP Standard elpris	723	331	2
LTV VP Høj elpris	743	311	3
LTV VP Lav elpris	705	348	1
Fælles løsninger			
Halmfyret anlæg	771	283	4
Træflis anlæg	862	192	9
GVP standard elpris	814	240	6
GVP Høj elpris	842	212	8
GVP Lav elpris	788	266	5

7.4 Samfundsøkonomisk analyse

Hensigten med en samfundsøkonomisk analyse er at vurdere og tydeliggøre konsekvenserne af et eventuelt tiltag, samt vurdere hvilket tiltag der skaber den største samfundsøkonomiske gevinst [53]. For at få det bedste resultat skal alle effekter prissættes i et prisleje hvor værdien af alle effekter kan sammenlignes. Der er benyttet samme fremgangsmåde som beskrevet i afsnittet privat og selskabsøkonomisk perspektiv for at vurderer hvilken varmemeforsyningsenhed der giver den største samfundsøkonomiske værdi. Der er dog ved de samfundsøkonomiske simuleringer anvendt en række andre parameter. Disse parametre er henholdsvis en nettoafgiftsfaktor og en anden diskonteringsrente. Nettoafgiftsfaktoren har til hensigt at sammenligne markedspriser med faktorpriser. Dette sker på baggrund af markedspriser er opgjort inklusive afgifter samt moms, hvorimod faktorpriser renset for moms og afgifter. Nettoafgiftsfaktoren er hermed et udtryk for hvor stor andel af det private forbrug der udgøres af afgifter og skatter. Ved hjælp af nettoafgiftsfaktoren kan der omregnes fra faktorpriser til markedspriser. Dette gøres ved at multiplicer faktorpriserne med nettoafgiftsfaktoren som er opgjort til 1,325. Diskonteringsrenten der er anvendt i denne samfundsøkonomiske analyse er fastsat til 4 procent [53]. Som tidligere beskrevet anvendes der samme fremgangsmåde som i det forrige afsnit, altså der ses på nettonutidsværdien for at vurderer hvilken teknologi der har den største samfundsøkonomiske gevinst. For at give et eksempel ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv, er der anvendt samme scenarie som i afsnit privat og selskabsøkonomisk analyse for at vurderer hvilken varmemeforsyningsenhed der giver den største lønsomhed. Det fremgår af tabel 26 at pillefy har den højeste NNV samt laveste korrigeret NNV. Dette ville sige, hvis der alene ses på nutidsværdien om en eventuel teknologi skal implementeres i modelbyen, ville pillefy aldrig blive valgt ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv. Det ses også at den individuelle luft til vand varmepumpen ved en lav elpris har den laveste NNV samt højeste korrigeret NNV. Det bemærkes også at de resterende individuelle varmepumper har et højt prioritetsvalg, på samme måde som i de privat og selskabsøkonomiske beregninger. Dog kan der være udsving i de andre scenarier hvor varmemeforbruget er anderledes, der henvises til 7.5, 7.6 og 7.7 hvor alle scenarier er illustreret grafisk.

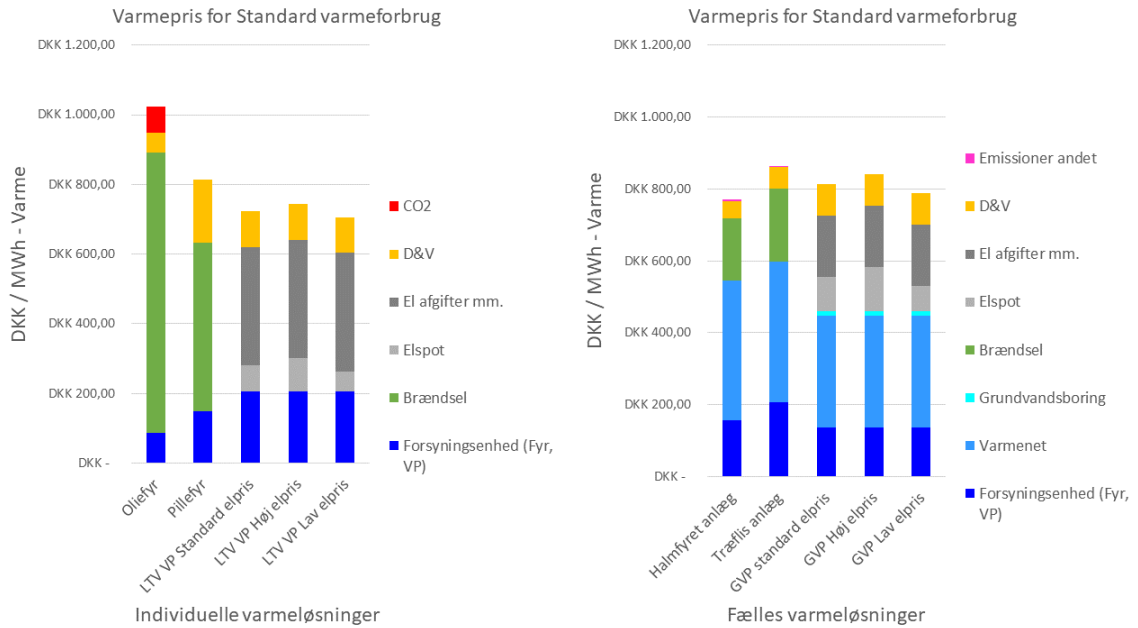
Tabel 26: Samfundsøkonomisk oversigt over de forskellige teknologier og deres lønsomhed ved standard varmemeforbrug. Korrigeret NNV skal forstås som forholdet mellem basisscenariet (oliefyre), og de andre pågældende scenarier. Prioritets valg skal forstås som den laveste værdi har den højeste prioritet.

Standard varmemeforbrug [DKK/MWh]	samfundsøkonomisk perspektiv		
Scenarie	NNV	korrigeret NNV	Prioritetsvalg
Individuelle løsninger			
Oliefyre	DKK 948,68	0	9
Pillefyre	DKK 953	-5	10
LTV VP Standard elpris	DKK 465	484	2
LTV VP Høj elpris	DKK 490	459	3
LTV VP Lav elpris	DKK 443	505	1
Fælles løsninger			
Halmfyret anlæg	DKK 844	105	7
Træffis anlæg	DKK 946	3	8
GVP standard elpris	DKK 740	209	5
GVP Høj elpris	DKK 774	175	6
GVP Lav elpris	DKK 709	239	4

7.5 Nutidsværdier for scenarier med standard varmebehov

Resultaterne fra simuleringerne i EnergyPRO er blevet behandlet og stillet op som nutidsværdier i henholdsvis privat- og selskabøkonomisk perspektiv og samfundsøkonomisk perspektiv. Nutidsværdierne fra individuelle scenarier er stillet side om side med nutidsværdierne fra de fælles scenarier. På denne måde er det mere overskueligt at sammenligne disse. De forskellige bidrag til nutidsværdierne er blevet samlet til overskuelige kategoriseringer, detaljerede breakdowns af kategorierne i alle scenarier kan findes i bilag E. For at gøre resultatfigurene overskuelige er der benyttet specifikke farvekoder for de forskellige omkostningstyper. Den blå farve, som i øvrigt er placeret i bunden af søjlediagrammerne repræsenterer investeringer. Den grønne og den grå farve repræsenterer omkostninger for henholdsvis brændsler og elektricitet. Den gule farve repræsenterer omkostningerne for drift og vedligehold af varmeløsningen. Den røde og pink farve repræsenterer henholdsvis CO_2 og andre emissioner.

Nedenfor ses nutidsværdierne for de privat- og selskabsøkonomiske perspektiver vedrørende scenariet for et standard varmeforbrug.

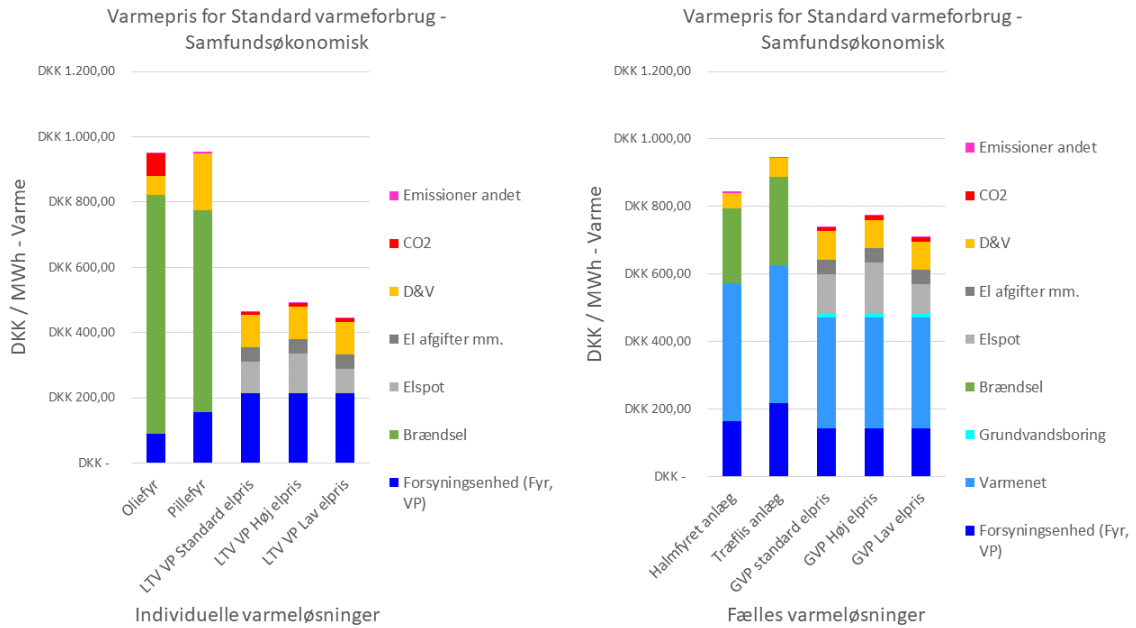


Figur 27: Privat- og selskabsøkonomiske gennemsnitlig varmepris henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med standard varmeforbrug.

Resultaterne afbilledet på figur 27 viser hvordan varmeprisen varierer ved de forskellige varmeløsninger. Det ses tydeligt at investeringsomkostningerne har en langt større betydning for den samlede varmepris ved de fælles varmeløsninger sammenlignet med de individuelle.

Selve varmeprisen viser sig især at være høj for olie sammenlignet med de resterende varmeløsninger. De laveste varmepriser er ved den individuelle luft til vand varmepumpe, dette er gældende for alle tre scenarier for elprisen.

På figur 28 ses nutidsværdierne for de samfundsøkonomiske perspektiver vedrørende scenariet for et standard varmeforbrug.



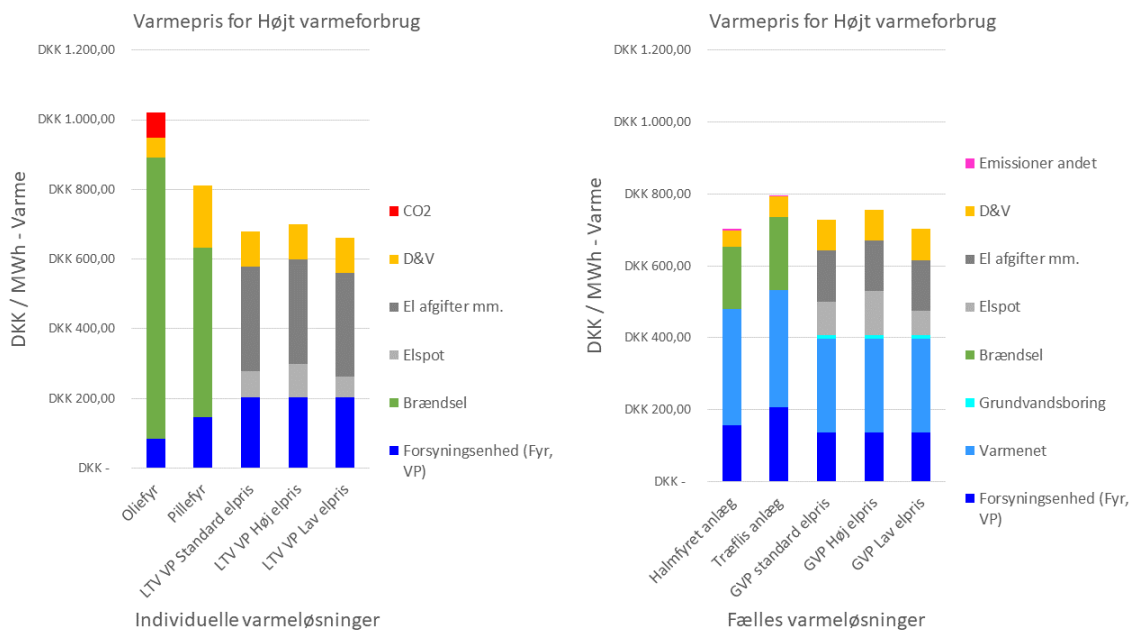
Figur 28: Samfundsøkonomisk gennemsnitlig varmepris henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med standard varmeforbrug.

Resultaterne fra den samfundsøkonomiske analyse viser at de tre varmeløsninger oliefyr, pillefyr og træflisanlæg alle har en høj varmepris sammenlignet med de resterende varmeløsninger. De laveste varmepriser findes ved den individuelle luft til vand varmepumpe, hvilket gør sig gældende for alle tre elpris-scenarier.

Sammenligner man de privat- og selskabsøkonomiske resultater med de samfundsøkonomiske resultater, ses det at oliefyret falder lidt i varmepris, pillefyret stiger i varmeprisen, luft til vand varmepumpen falder i varmepris, halm- og træflis anlæggene stiger i varmepris, grundvandsvarmepumpen ændrer sig ikke markant.

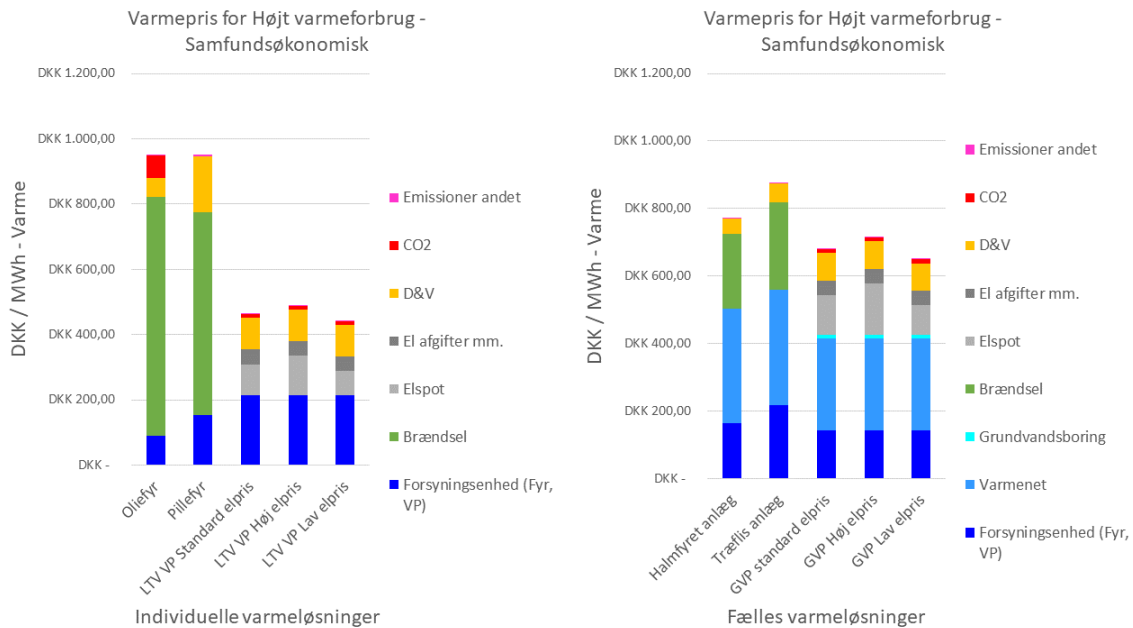
7.6 Nutidsværdier for scenarier med højt varmebehov

Nedenfor på figur 29 ses nutidsværdierne for de privat- og selskabsøkonomiske perspektiver vedrørende scenarier for et højt varmemeforbrug.



Figur 29: Privat- og selskabsøkonomiske gennemsnitlig varmepris henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med højt varmemeforbrug.

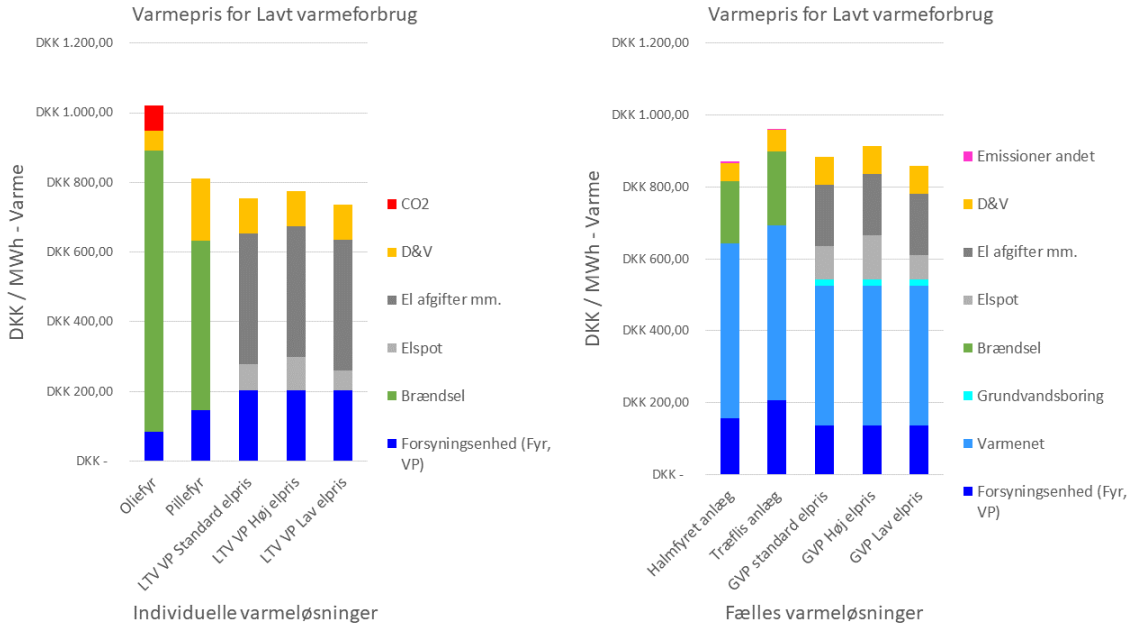
Nedenfor på figur 30 ses nutidsværdierne for de samfundsøkonomiske perspektiver vedrørende scenarier for et højt varmemeforbrug.



Figur 30: Samfundøkonomisk gennemsnitlig varmepriis henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med højt varmekonsum.

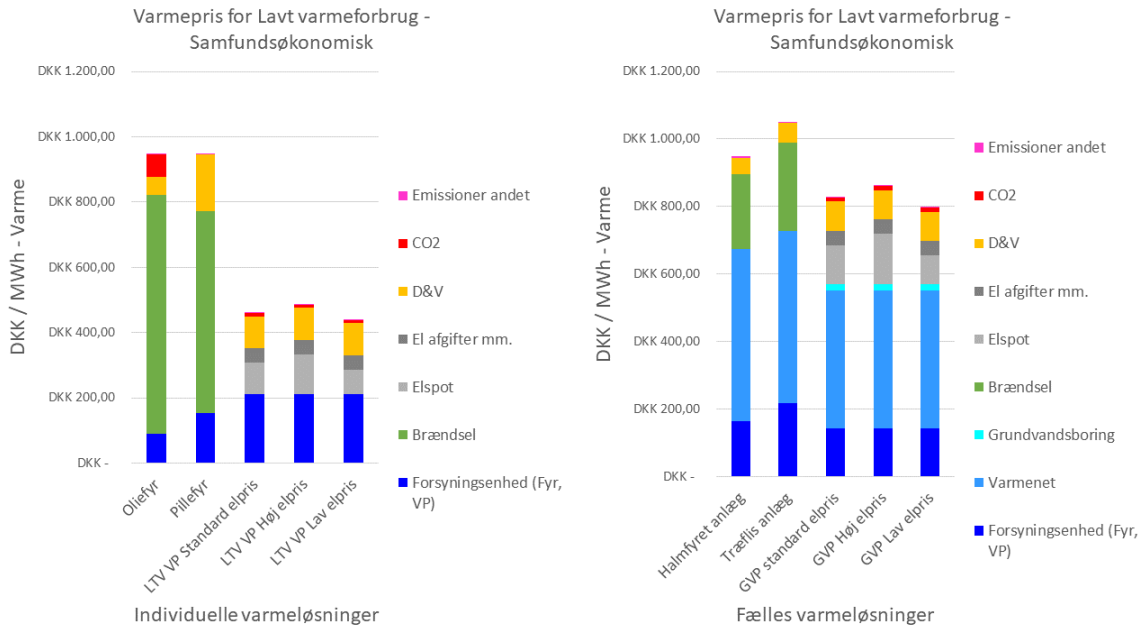
7.7 Nutidsværdier for scenarier med lavt varmebehov

Nedenfor på figur 31 ses nutidsværdierne for de privat- og selskabsøkonomiske perspektiver vedrørende scenariet for et lavt varmekonsum.



Figur 31: Privat- og selskabsøkonomiske gennemsnitlig varmepris henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med lavt varmeforbrug.

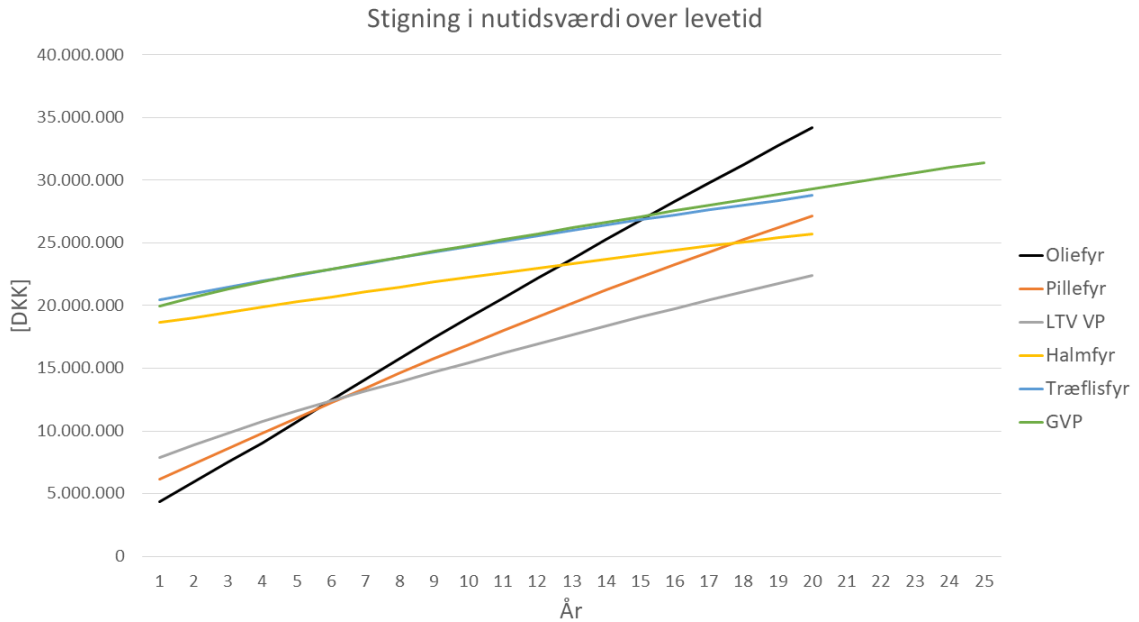
Nedenfor på figur 32 ses nutidsværdierne for de samfundsøkonomiske perspektiver vedrørende scenariet for et lavt varmeforbrug.



Figur 32: Samfundsøkonomisk gennemsnitlig varmepris henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med lavt varmeforbrug.

Sammenligner man resultaterne fra lavt og højt varmekonsum, viser det at ændringen i varmeprisen er markant ved de individuelle luft til vand varmepumper som falder i varmepris ved højere varmekonsum. Dette gør sig også gældende for de fælles varmeløsninger. For olie- og pillefyr sker der derimod ingen synlig ændring af varmeprisen.

Der er på figur 33 opstillet en sammenligning af scenarierne.



Figur 33: Sammenligning af udvikling i nutidsværdien henover levetiden af teknologierne, beregnet for scenarier med standard varmekonsum samt standard elpris.

På figur 33 ses hvordan nutidsværdien for de forskellige varmeløsnings scenarier udvikler sig henover levetiden for teknologierne. Oliefyr er den billigste løsning indtil omkring 6 år er gået, hvor både pillefyr samt luft til vand varmepumpen bliver et billigere alternativ. Herefter forbliver luft til vand varmepumpen den billigste varmeløsning. Der antages at alle investeringer bliver betalt ved år 1, data benyttet er taget fra standard varmekonsum samt standard elpris scenarierne med privat- og selskabsøkonomiske perspektiver.

For at se detaljerede breakdowns på de overordnede legends fra figurerne i denne sektion af rapporten henvises der til Bilag E.

8 Diskussion og fortolkning

Følgende afsnit vil diskutere samt vise forskellige perspektiver der kan forklare resultater fra simuleringerne. Der vil blive taget stilling til forskellige forudsætninger, parametre og løsninger som kan have en indvirkning på resultaternes korrekthed.

8.1 Diskussion af forudsætninger samt resultater

I dette afsnit ville der blive diskuteret samt vurderet robustheden af de resultater som er fundet gennem rapporten.

8.1.1 Beregning af varmebehov

Til at vurdere varmebehovet i Åbyskov er der anvendt BBR samt SBI-data. Det er boligejernes eget ansvar at indberette en række oplysninger heriblandt energiforsyning. Med dette i bagtankerne kunne der være indikationer på at beregning af varmebehovet vil være fastsat forkert. Der er desuden benyttet standardværdier fra SBI for det gennemsnitlige varmeforbrug for forskellige bygningstyper. Her kunne det også tænkes at disse standardværdier afviger en smule fra de faktiske værdier. Det har dog ikke været muligt at benytte de værdier der afspejler det faktiske forbrug med 100 %. For at finde det præcise varmeforbrug, skulle der være lavet individuelle forbrugsanalyser på samtlige husstande. Det vurderes dog at det beregnede varmeforbrug afspejler det faktiske forbrug i sådan grad at det kan benyttes.

8.1.2 Beregning af tilslutningseffekt samt dimensionering

Der er benyttet en tilslutningseffekt til dimensionering af et varmenet i Åbyskov. Tilslutningseffekten er beregnet ud fra standardværdier fra Varme Ståbi 7. udgave. På samme måde som ved beregning af varmebehovet giver det kun et estimat på den samlede tilslutningseffekt. Selve dimensioneringen af varmenettet tager udgangspunkt i tilslutningseffekten. Fremgangsmåden for dimensioneringen bygger på en tidligere eksamensopgave som blev gennemarbejdet i EXCEL, her skulle der også dimensioneres et varmenet. Det antages desuden at boligerne i Åbyskov ligger i en jævn højde, hvilket i realiteten nok ikke er helt korrekt, byen er dog relativ lille, så antagelsen betragtes som værende i orden. For at få en mere præcis beregning af diverse forhold i varmenettet, vurderes det at det ville være hensigtsmæssigt at benytte et andet software program frem for EXCEL. Det er dog vores vurdering at værdierne giver et rimeligt robust estimat på de faktiske værdier.

8.1.3 Alternative varmeløsninger

I afsnittet er der beskrevet en række forskellige teknologier der kunne være attraktive at implementere i stedet for et oliefyr. Der er dog ikke simuleret alle beskrevne teknologier, da dette ville være for omfattende. Udfaldet fra afsnit Modellering indikerer at de fælles løsninger som værende en dårlig forretning, sammenholdt med de individuelle varmepumper. Dette ses ud fra både et selskabsøkonomisk samt samfundsøkonomisk perspektiv. En af de teknologier der kunne være interessant at se nærmere på, ville være solvarme i sammenspil med de fælles varmepumper. For at opnå en høj effektivitet for en solfanger er det afgørende temperaturdifferensen skal være så lav mellem udeluften og det varmebærende medie. I en fælles løsning med en grundvandsvarmepumpe, ville det varmebærende medie i solfangeranlægget veksles med returløbet. Herefter ville en del af det opvarmede vand gå direkte til fremløbet, og det afkølede medie ville virke som varmekilde til varmepumpen. Det varmebærende medie ville i varmepumpen blive afkølet, herefter bliver ledt tilbage til solanlægget og hermed opnå en lav temperaturdifferens. Solfangeranlægget kan desuden dække en stor andel af brugsvandet om sommeren til en lav pris [20].

8.1.4 Energioptimering

I simuleringerne er der ikke taget højde for den gevinst der kan ligge i energioptimeringsprocessen. Ved energioptimering er der både mulighed for tilskud ved energibesparelser samt forøgelse af ejendomsværdien. Dette er med til at gøre løsninger som for eksempel luft til vand varmepumpen mere rentable.

8.1.5 Økonomiske analyser

I den privat samt selskabsøkonomiske analyse er der anvendt en diskonteringsrente på 3 procent. Rentesaften er taget udgangspunkt i Fjernvarme Fyns diskonteringsrente. Renten er givet fra et andet specialeprojekt der sammenarbejder med netop Fjernvarme Fyn. I realiteten skal der anvendes to forskellige renter, en for privat og en for erhverv. Den selskabsøkonomiske diskonteringsrente ville sandsynligvis være højere end den private, da investeringsomkostningerne er betydeligt højere og hermed skaber en større usikkerhed omkring investeringen. Det har ikke været muligt at finde præcise diskonteringsrenter der afspejler de reale investeringer for hverken det privatøkonomiske eller selskabsøkonomiske perspektiv.

8.1.6 Modellering

Ser man på varmepriserne i de forskellige scenarier, er der forskellige ting der kommer til udtryk. Med hensyn til forskellige varmemønstre viser det sig at de individuelle løsninger olie- og pillefyret er meget robuste over for ændringer i varmemønstret, dette er på grund af de relativt lave investeringsomkostninger samt brændslernes store andel af varmeprisen.

Ved de individuelle varmepumper sker en forholdsvis lille ændring, men dog en synlig en af slagsen. Ændringen sker primært i "Elafgift mm." hvilket tyder på at der er en påviselig sammenhæng mellem varmepumpens størrelse, det dækkede varmebehov og afgifterne pålagt elektriciteten. Så desto lavere varmebehovet er desto højere andel af varmeprisen er dækket af afgifter m.v.

Ved de fælles varmeløsninger er der en tydelig sammenhæng i mellem varmebehovet og varmeprisen, desto lavere varmebehovet er desto højere betydning har investeringsomkostningerne for den samlede varmepris. Ens for alle fælles løsninger er at der er relativt store investeringsomkostninger sammenlignet med de individuelle løsninger. De fælles grundvands-varmepumper er dog mindre sensitive da deres levetid er 5 år længere end de andre varmeløsninger.

Ved sammenligning af de privat- og selskabsøkonomiske varmepriser med de samfundsøkonomiske varmepriser ses det blandt andet at brændsel for pillefyret stiger markant i omkostninger, dette er på grund af at brændslet ikke er pålagt afgifter. Nettoafgiftsfaktoren fra den samfundsøkonomiske analyse har derfor en stor indvirkning på brændselsprisen. Ser man på de individuelle luft til vand varmepumper falder varmeprisen ved den samfundsøkonomiske analyse da mange af afgifterne som er pålagt elektriciteten ikke afspejler skadesomkostninger og derfor ikke er med i analysen. Dette er blot med til at vise at de individuelle luft til vand varmepumper ikke kun er billigst i forhold til privat- og selskabsøkonomiske perspektiver med også er billigst for samfundet.

8.1.7 Potentialet for biomasse

I rapporten bliver der anvendt en række fyringsenheder der anvender biomasse som brændsel. Det forventes at fremadrettet ville der være større efterspørgsel på biomasse, da blandt andet kraftvarmeværker omlægges fra kul til biomasse. Ved at benytte biobrændsler i større og større grad, kan det have en række konsekvenser for andre erhverv. EA Energianalyse har i samarbejde med Syddansk Universitet udarbejdet en rapport der blandt andet omhandler konsekvenserne ved at benytte halm som bioenergi. Halm kan benyttes til sikre at der opretholdes et tilstrækkeligt højt kulstofindhold i landbrugsjorden. Dette sker ved at nedpløje halmen ned i markjorden. I takt med halm i større grad bliver anvendt til bioenergi, så som biogas og som brændsel til varmeværker, kan det fremadrettet have betydning for kvaliteten af den danske landbrugsjord. Hvis en allokering

af den knappe ressource ikke bliver udnyttet korrekt, kan det på sigt have en negativ økonomisk påvirkning på landbruget. Studiet viser den mængde halm der er til rådighed til energiformål, hvis kvaliteten af landbrugsjorden skal opretholdes. Energimængden er afhængig af den mængde organiskmateriale der bliver tilbageført til jorden. Hvis der sker en returnering af organiskmateriale, ville halmpotentialet til bioenergi ligge på ca. 5 millioner tons pr. år, hvorimod potentialet kun ligger på 1,2 millioner tons pr. år hvis der ikke er tilbagelægning. Taget disse betragtninger til efterretning, kan det antages at de samfundsøkonomiske konsekvenser ville påvirkes i en negativ retning, hvis allokeringen ikke sker korrekt. Dette betyder varmepumperne bliver mere attraktive end de er i forvejen.

Biomasseprisen er i samme rapport antaget at kunne stige til 50% over det niveau der er fastsat af Energistyrelsen i deres fremskrivning. Hvis biomasseprisen generelt stiger til dette niveau vil det give et stort udsving i de samlede resultater som er fundet i 7.5, 7.6 og 7.7. For standard scenariet vil det blandt andet betyde at pillefyret vil blive markant dyrere, da selve brændslet udgør en stor andel af den samlede varmepris. De halm- og træfyrede biomasse anlæg vil også stige i varmepris, dog ikke i samme omfang som pillefyret. Det vil dog ikke ændre konklusionen at den individuelle luft til vand varmepumpe er den billigste [54].

8.1.8 Energiudspillet 2018

I april 2018 kom regeringen med et nyt energiudspil der skal sikre en grøn omstilling fremadrettet. Udspillet har to overordnede målsætninger [55]:

1. "Mindst 50 pct. vedvarende energi i 2030."
2. "Billigere energi til den enkelte og fællesskabet."

Initiativet indebærer en række afgiftslempelser på elektricitet. Lempelserne medfører blandt andet at elvarmeafgiften som i dag ligger på 40,7 øre/kWh, ville fra 2021 ligge på ca. 15 øre/kWh. Her ud over ville der ske en reduktion af elafgiften der falder løbende fra 2019 til 2025 på i alt 25 øre/kWh. Hvis udspillet bliver vedtaget, ville det give et større privat samt selskabsøkonomisk incitament for at vælge varmepumper som varmeforsyningsenhed.

Hvis projektet tog udgangspunkt i for eksempel år 2025, ville situationen se anderledes ud, da mange af afgifterne som i dag er pålagt elektricitet, i fremtiden vil være markant sænkede.

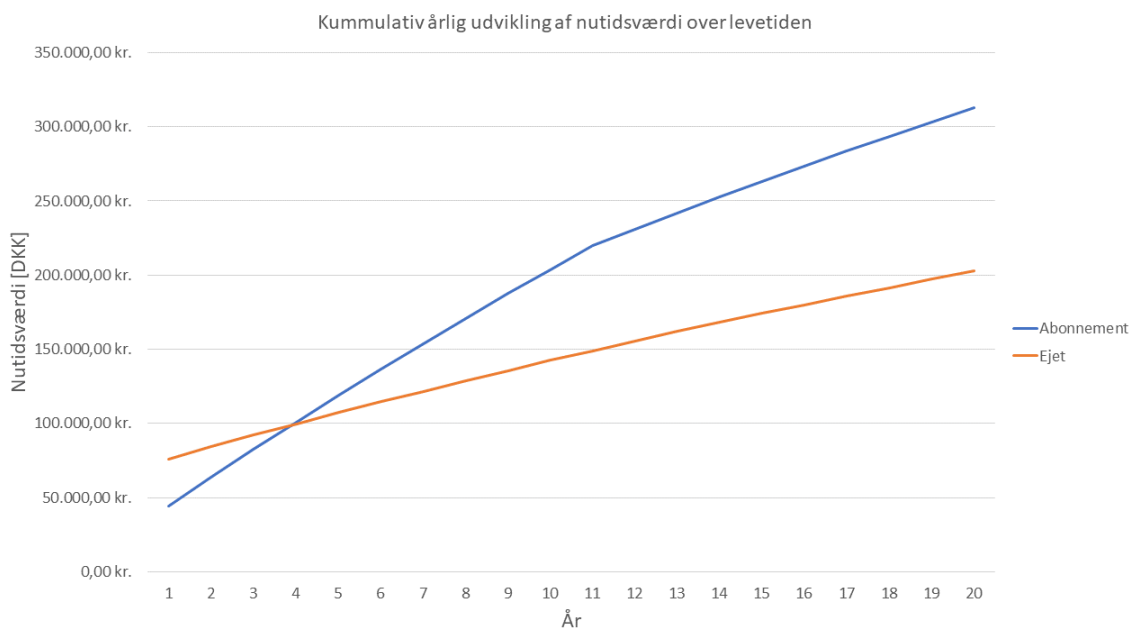
8.2 Varmepumpe på abonnement

Nogle firmaer tilbyder kunder muligheden for at købe en varmepumpe på abonnement, dette betyder at kunden slipper for de høje investeringsomkostninger og vedligeholdelse. For kunden betyder dette dog også, at der skal betales en fast månedlig ydelse for abonnementet, en fast ydelse for varmeforbruget pr. kWh og en engangsbetaling ved installationen. I tabel 27 nedenfor ses en sammenligning af omkostningerne for en varmepumpe på abonnement og en selvejede varmepumpe. Data for abonnementet er taget fra Energifyn og data for den selvejede varmepumpe er taget fra teknologikataloget. Der er taget udgangspunkt i en luft til vand varmepumpe med en kapacitet på 10 kW.

Tabel 27: Data benyttet til sammenligning af varmepumpe på abonnement og en selvejet varmepumpe, med udgangspunkt i en 10 kW luft til vand varmepumpe.

Type	Abonnement (de første 10 år)	Selvejet
Investering [DKK]	25.000	70.000
Abonnement [DKK/Måned]	450	0
D&V [DKK/År]	0	2.120
Varmepris [Øre/kWh]	0,85	0
Elpris [DKK/kWh]	1,4	1,4
El refusion [DKK/kWh]	1,5	0

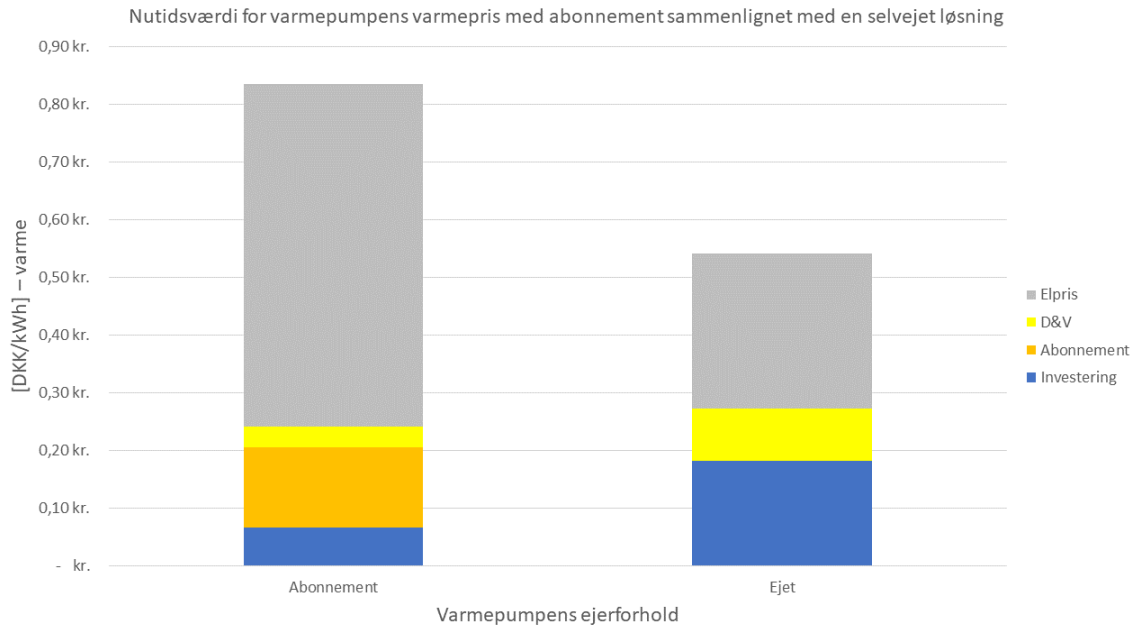
Ved abonnements udløb efter de 10 år, antages det at varmepumpen overdrages til kunden for den symbolske sum af 100 DKK. For at sammenligne omkostningerne over levetiden er der lavet to grafer der viser den kumulative udvikling i nutidsværdien over levetiden. Levetiden på varmepumpen er antaget at være 20 år, graferne er vist på figur 34 nedenfor.



Figur 34: Varmepumpen på abonnements udvikling af nutidsværdi over levetiden, sammenlignet med udviklingen for en selvejet varmepumpe.

Det ses ud fra figur 34 at omkostningerne for abonnements overstiger omkostningerne for den selvejede varmepumpe umiddelbart efter 4 år.

For at kunne sammenligne løsningerne yderligere, er den gennemsnitlige varmepris for de to løsninger illustreret på figur 35.



Figur 35: Gennemsnitsvarmeprisen for varmepumpe på abonnement samt selvejet varmepumpe, for hele varmepumpens levetid.

For at se yderligere breakdowns af de overordnede omkostninger, ses den bagvedliggende data i F.

8.3 Brugerundersøgelse

I forbindelse med projektet blev der undersøgt hvilke holdninger der var til opvarmning af hjemmet. Formålet var at danne et overblik over hvilken opbakning der var for henholdsvis de fælles varmeløsninger og varmepumper i hjemmet. Resultaterne fra undersøgelsen ville kunne bidrage til at finde den optimale løsning for ud-fasning af fossile brændsler til opvarmning i huse uden adgang til gas eller fjernvarme. Spørgeundersøgelsen her er blevet sendt til beboere i området Åbyskov ved Svendborg kommune og afspejler derfor holdningerne i dette område. Spørgeskemaet blev besvaret af i alt 29 mennesker, hvilket i sig selv er en relativt høj besvarelsesrate da det kun er delt med cirka 70 til 80 mennesker.

Resultater samt analyser fra den omfattende brugerundersøgelse ses i bilag D.1.

Hvis vi kigger på besvarelsene fra de folk som har oplyst at de benytter sig af et oliefyr på nuværende tidspunkt, så har stortset alle svaret at de mener den bedste varmeløsning er varmepumpen. Så det giver udtryk for at de allerede ved at der er et bedre alternativ til oliefyret, men mangler incitament til at skifte fra oliefyret.

8.4 Ekspertviden

For at få det bedste indblik i situationen vedrørende olielandsbyerne er det ikke nok blot at høre fra indbyggerne, man må også søge ekspert viden indenfor området.

8.4.1 Varmeinstallatøren

Under arbejde i feltet vedrørende olielandsbyerne, blev der taget kontakt til en ekspert inden for området. Eksperten er en varmeinstallatør ved navn Gert Mortensen fra Energifyn som har meget erfaring inden for energioptimering og udskiftning af oliefyr i huse uden adgang til hverken gas eller fjernvarme. Ud fra samtaler med Gert kom der nogle vigtige pointer frem angående hvad der skal til før en udvikling kan ske.

- BBR oplysninger er ofte forældet da der foretages ændringer som ikke altid oplyses. Det kan derfor være problematisk og misvisende at lave beregninger ud fra BBR oplysninger.
- Folk skal tænke med hjertet og ikke pengepungen hvis der skal ske en hurtig udvikling, da det kan være en dyr investering at skifte varmeinstallation.
- Nogen vælger aktivt varmepumpen fra som varmeløsning, fordi de har en idé omkring at den larmer eller ikke kan lide udseendet på udedelen af varmepumpen.
- Der kan gå direkte kultur i for eksempel pillefyr, hvor en gruppe mennesker går sammen om at hente træpiller og nyder at selve fyret larmer og fylder lidt. Lidt som mennesker der er glade for store motorer i deres biler og ikke er glade for idéen omkring en elbil, da den ikke giver samme følelse.
- Det er vigtigt at folk ved, at husværdien kan stige ved udskiftning af oliefyr.

8.4.2 Fysiker fra arbejdsgruppen

Under arbejde i feltet blev der også lavet et møde med en fysiker ved navn Hans Abildgaard fra arbejdsgruppen som skulle undersøge mulighederne for en fælles varmeløsning i Åbyskov. Den løsning de undersøgte var muligheden for et fælles halmfyret anlæg. Det endte med at arbejdsgruppen blev nedlagt da det ikke virkede som en god løsning for landsbyen. Fra mødet med Hans kom der nogle vigtige pointer omkring fælles varmeløsninger frem.

- Da der allerede er skiftet til varmepumper mange steder i Åbyskov og oliefyrene rundt omkring er af nyere karakter, vil det være svært at få folk med på en fælles løsning.

- Folk vil ikke binde sig til et projekt i den størrelse. Da det kan gå galt og ende med økonomiske problemer.
- Fysikeren havde kontaktet en energi-ingeniør som havde oplyst ham omkring mislykkede projekter om fælles varmeløsninger.
- Mislykkede projekter skræmmer folk fra at springe ud i en fælles varmeløsning. Mangel på overbevisende succes historier.
- Det kan være svært at finde en lokation til den varmeproducerende enhed. Nogle folk er ikke interesseret i at have den i deres baghave eller på deres grund.
- Man vil ikke være bundet til en fælles varmeløsning i tilfælde af salg af hus.
- Hvem administrerer projektet? Der skal være en fornuftig administration af projektet før der kan komme opbakning bag det.

8.5 Andre projekter vedrørende fælles varmeløsninger

Når man vil kaste sig ud i et fælles varmeprojekt er det naturligt at se efter lignende projekter.

8.5.1 Uggelhuse

Sydøst for Rander ligger en landsby ved navn Uggelhuse, beboerne i Uggelhuse er gået sammen om en fælles varmeløsning. Løsningen blev et kraftvarmeværk som leverer varme til lidt under 200 husstande. Prisen endte med at blive meget højere end forventet, da gasprisen er steget og værket er stavnsbundet til at benytte sig af gas. De knap 200 husstande er stavnsbundet til at modtage varme fra værket og prisen blev så høj, at den driftsansvarlige havde grædende kunder i telefonen. Uggelhuse er her et eksempel hvor den fælles varmeløsning er endt i en fiasko og kunderne pålagt en stor gæld [56].

8.5.2 Føns

I Føns opstod idéen om et fælles varmeprojekt fra et initiativ omkring Føns som en bæredygtig landsby i 2011 i samarbejde med Middelfart kommune. Der blev nedsat arbejdsgrupper for at undersøge mulighederne for udnyttelse af vedvarende energikilder. I år 2012 blev der lavet en planlægningsrapport, som viste at et halmfyret værk kunne hænge sammen økonomisk og fungere for landsbyen, hvis tilslutningsprocenten var stor nok. Det endte med at anlægget blev flisfyret, og indviet i år 2015. Føns er her et eksempel hvor den fælles varmeløsning endte med at fungere, uden store uforudsete prisstigninger [57].

9 Konklusion

Ud fra resultaterne fundet på baggrund af de 60 simuleringer var det den individuelle luft til vand varmpumpe som viste sig at være den optimale løsning, dette gælder for privat- og selskabsøkonomisk perspektiv så vel som det samfundsøkonomiske perspektiv. Scenarierne med forhøjede elspotpriser ændrede ikke på dette resultat for varmpumpen. Igennem sensitivitetsanalysen viste det sig at luft til vandvarmpumpen som varmløsning var meget robust i forhold til parametrene som ligger inde med de største usikkerheder. Ud fra resultaterne ses det at oliefyrs scenariet efter seks år overstiger luft til vand varmpumpen i samlede omkostninger. Det vil sige at på kort sigt er oliefyret stadig en billig løsning, men hen over levetiden vil den overstige alle alternativer i omkostninger.

Der kan derfor konkluderes at individuelle luft til vand varmpumper er den bedste varmeløsning at skifte til for beboerne i Åbyskov. Men det er sammenlignet med oliefyr en dyrere investering.

Ud fra resultaterne på baggrund af sammenligningen mellem de to forskellige købs muligheder for varmpumpen, viste det sig at selvom abonnementsløsningen kommer med lavere investeringsomkostninger, så overstiger de samlede omkostninger for abonnementsløsningen den selvejede løsning efter blot 4 år.

Det kan derfor konkluderes at den optimale løsning for Åbyskov og lignende landsbyer er individuelle luft til vand varmpumper.

10 Perspektivering

Ser man det i et bredere perspektiv ville det kræve en god varmekilde, som for eksempel overskudsvarme fra industri, eller større bygningstæthed end det er tilfældet i Åbyskov, før at luft til vand varmpumpen skal kunne udkonkurreres af en eventuel fælles varmeløsning. Projektet er primært vinklet på olielandsbyer i Danmark, men der er et stort behov for alternative varmeløsninger andre steder som for eksempel på Færøerne, hvor oliefyr også er et udbredt valg af varmeløsning.

Litteratur

- [1] Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. (2013). Regeringens klimaplan. Lokaliseret på/fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/regeringens_klimaplan.pdf
- [2] Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. (2014). Strategi for energirenovering af bygninger. Lokaliseret på/fra https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_article4_da_denmark.pdf
- [3] Svendborg kommune. (s.d.). Energirigtigt byggeri. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra http://kommuneplan.svendborg.dk/dk/hovedstruktur/byudvikling/energirigtigt_byggeri/
- [4] PlanEnergi. (2017). Lokal nærvarme i 4 landsbyer i Svendborg Kommune. Århus, Danmark: Jakob Worm.
- [5] Practical Concepts Incorporated (PCI). (1979). THE LOGICAL FRAMEWORK. Lokaliseret på/fra <http://usaidprojectstarter.org/sites/default/files/resources/pdfs/The-Logical-Framework-A-Managers-Guide.pdf>
- [6] Nick Bjørn Andersen, et al.. (2015). Varme Ståbi (7. udg.). Odense, Danmark: Praxis - Nyt Teknisk Forlag.
- [7] EMD. (s.d.). energyPRO. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://www.emd.dk/energypro/>
- [8] Finansministeriet. (2017). Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. Lokaliseret på/fra <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>
- [9] ENERGITILSKUD.INFO. (s.d.). HVAD ER ENERGITILSKUD? Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://energertilskud.info/>
- [10] Energihjem. (2018, 1 Januar). Listen over energiselskaber, der giver tilskud [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://www.energihjem.dk/energiselskaber-med-tilskud/>
- [11] Energistyrelsen. (2018, 9 Januar). Energimærkning af huse. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://spareenergi.dk/forbruger/boligen/energimaerkning-boliger/huse>
- [12] Hvenegaard, C. M. Teknologisk Institut. Et al. (2008). Den lille blå om Varme. Lokaliseret på/fra https://www.elforsk.dk/sites/elforsk.dk/files/media/dokumenter/2018-02/Dansk_Energis_Den_lille_blaa_om_varme.pdf
- [13] Energistyrelsen, Copenhagen Economics. (2015). Giver en god energistandard en højere boligpris?. Lokaliseret på/fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/giver_en_god_energistandard_en_hoejere_boligpris_-_sammenfattende_rapport.pdf
- [14] SBI - Statens Byggeforskningsinstitut. (2013). Sammenhæng mellem energimærkning og salgspris. Lokaliseret på/fra <https://sbi.dk/Assets/Sammenhaeng-mellem-energimaerkning-og-salgspris/sbi-2013-06.pdf>

- [15] Statens Byggeforskningsinstitut. (2013). Varmebesparelse ved løbende bygningsrenovering frem til 2050. Lokaliseret på/fra
<https://sbi.dk/Assets/Varmebesparelse-ved-loebende-bygningsrenovering-frem-til-2050/sbi-2013-08.pdf>
- [16] Hansen, L. A. (2009, 5 Februar). oliefyfyr. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra
http://denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Energi,_varme_og_k%C3%B8leteknik/Forbr%C3%A6ndingsmotorer,_damp-_og_vandkraft/oliefyfyr
- [17] Energistyrelsen, & Energinet.dk. (2016). Technology Data for Individual Heating Plants and Energy Transport. Lokaliseret på/fra
<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-individuelle>
- [18] Stokerpiller. (s.d.). Alternativt Stokerbrændsel. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra
http://www.stokerpiller.dk/alternativt_stokerbraendsel.php
- [19] Bsmkedler. (s.d.). HDG compact 25/35/50/65/80 [Illustration]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra
<http://www.bsmkedler.dk/produkter/store-kedelanlaeg-til-traepiller---flis---spaaner/hdg-compact-25-35-50-65-80.aspx>
- [20] Grøn Energi, PlanEnergi og DFP. (2017). Drejebog til store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet. Lokaliseret på/fra
<http://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/projekter/drejebog-om-store-varmepumper-2017>
- [21] SE Varmepumper. (s.d.). INTRODUKTION TIL VARMEPUMPEN [Illustration]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra
<http://se-varmepumper.dk/>
- [22] Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2006). Fundamentals of Enginneering Thermodynamics (5. udg.). West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- [23] Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2015). Principles of Engineering Thermodynamics (8. udg.). West Sussex, England: John Wiley & Sons.
- [24] Industrielle gasser Danmark. (2018). R32.. Lokaliseret på/fra
http://www.aga.dk/internet.lg.lg.dnk/da/images/AGA_R32_Refrigerant_Brochure_EN575_175819.pdf?v=1.075819.pdf?v=1.0
- [25] Finney, B., & Jacobs, M. (2010, 30 November). Carbon dioxide pressure-temperature phase diagram [Illustration]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Carbon_dioxide_pressure-temperature_phase_diagram.svg
- [26] Teknologisk Institut, Vesttherm, Vestfrost Group, & Lodam Elektronik. (2001). CO2 som kølemiddel i varmepumper. Lokaliseret på/fra
<https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-330-3/pdf/87-7944-387-7.pdf>
- [27] Austin, B. T., & Sumathy, K. (2011). Transcritical carbon dioxide heat pump systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(2011), 4013-4029.
doi:10.1016/j.rser.2011.07.021
- [28] Cecchinato, L., Corradi, M., Fornasieri, E., & Zamboni, L. (2005). Carbon dioxide as refrigerant for tap water heat pumps: A comparison with the traditional solution. International Journal of Refrigeration, 28(2005), 1250-1258.
doi:10.1016/j.ijrefrig.2005.05.019

- [29] WellMore energi. (s.d.). SOLBADNING HELE ÅRET ...MED WELLMORE SOLVARME. Lokaliseret på/fra <https://klimaenergi.dk/wp-content/uploads/2013/03/solvarme-brochure-2013.pdf>
- [30] Videntcenter for Halm- og Flisfyring. (1999). Træ til energiformål Teknik - Miljø - Økonomi, 8. Fjernvarmeværker. Lokaliseret på/fra http://www.videntcenter.dk/groenne%20trae%20haefte/Groen_Dansk/trae-DK08.pdf
- [31] Videntcenter for Halm- og Flisfyring. (1998). Halm til energiformål Teknik - Miljø - Økonomi, 7. Fjernvarmeværker. Lokaliseret på/fra http://www.videntcenter.dk/gule%20halm%20haefte/Gul_Dansk/halm-DK07.pdf
- [32] Danmarks Statistik. (s.d.). NETTOPRISINDEKS [Datasæt]. Lokaliseret 1 Juni, 2018, fra <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/priser-og-forbrug/forbrugerpriser/nettoprisindeks>
- [33] Energistyrelsen, & Energinet.dk. (2012). Technology Data for Energy Plants. Lokaliseret på/fra <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-produktion-af-el>
- [34] Energistyrelsen, & Energinet.dk. (2016). Technology Data for Energy Plants. Lokaliseret på/fra <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-produktion-af-el>
- [35] Jørgensen, U. G., & Mols, J. R. (2016). Undersøgelse af mulige fjernvarmeløsninger i Aarup område. Odense, Danmark: Syddansk Universitet.
- [36] Energistyrelsen, & Energinet.dk. (2017). Technology Data for Energy Transport. Lokaliseret på/fra <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-distribution-og>
- [37] Energistyrelsen. (2017). Baggrundsrapport til Basisfremskrivning 2017. Lokaliseret på/fra <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/basisshyfremskrivninger>
- [38] Energistyrelsen. (2017). Fremskrivning af elprisen. Lokaliseret på/fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/elprisfremskrivning_-_ens_hjemmeside_-_20170322.pdf
- [39] Energinet.dk. (2018). Miljørapport for dansk el og kraftvarme for statusåret 2017. Lokaliseret på/fra <https://energinet.dk/0m-publikationer/Publikationer/Miljoerapport-2018>
- [40] Skatteministeriet. (2017, 18 Maj). Elafgiftsloven [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://www.skm.dk/skattetat/satser/satser-og-beloebsgraenser/elafgiftsloven>
- [41] Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. (2017, 13 November). Erhvervspakke med klare grønne aftryk [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://efkm.dk/aktuelt/nyheder/nyheder-2017/november-2017/bredbaand/>
- [42] Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. (2017). Notat om PSO-fremskrivning ifm. Basisfremskrivning 2017. Lokaliseret på/fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/notat_-_pso-fremskrivning_pba_bf2017_-_20170608.pdf

- [43] Energinet.dk. (s.d.). AKTUELLE, KOMMENDE OG HISTORISKE TARIFFER OG GEBYRER [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://energinet.dk/El/Tariffer>
- [44] Vores Elnet. (s.d.). Priser for Vores Elnet [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://www.voreselnet.dk/priser>
- [45] Skatteministeriet. (2017, 18 Maj). Mineralolieafgiftsloven [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/mineralolieafgiftsloven>
- [46] Q8. (s.d.). Energisparebidrag [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://www.q8.dk/opvarmning/fyringsolie/energispareaftale/energisparebidrag/>
- [47] Lov om CO2-kvoter. (s.d.). Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=144102>
- [48] Energistyrelsen. (2017). SAMFUNDSØKONOMISKE BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER FOR ENERGIPRISER OG EMISSIONER. Lokaliseret på/fra https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_2017.pdf
- [49] Skatteministeriet. (2017, 18 Maj). CO2-afgiftsloven [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/co2-afgiftsloven>
- [50] Skatteministeriet. (2017, 13 Oktober). Kvalstofoxiderafgiftsloven (NOx) [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/kvalstofoxiderafgiftsloven-nox>
- [51] Skatteministeriet. (2017, 18 Maj). Svovlafgiftsloven [Datasæt]. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/svovlafgiftsloven>
- [52] Microsoft. (s.d.). Funktionen NUTIDSVÆRDI. Lokaliseret 31 Maj, 2018, fra <https://support.office.com/da-dk/article/funktionen-nutidsv%C3%86rdi-8672cb67-2576-4d07-b67b-ac28acf2a568>
- [53] Finansministeriet. (2017). Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. Lokaliseret på/fra <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsoekonomiske-konsekvensvurderinger>
- [54] Ea Energianalyse i samarbejde med Syddansk Universitet. (2016). Biogas og andre VE brændstoffer til tung transport. Lokaliseret på/fra http://www.ea-energianalyse.dk/reports/1464_Biogas_og_andre_VE_br%C3%A6ndstoffer_til_tung_transport.pdf
- [55] Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. (2018). Energi – til et grønt Danmark. Lokaliseret på/fra <https://www.regeringen.dk/publikationer-og-aftaletekster/>
- [56] TV 2 ØSTJYLLAND. (2014, 3 Februar). Varme: 42.000 kroner om året. Lokaliseret 31 April, 2018, fra <https://www.tv2ostjylland.dk/artikel/varme-42000-kroner-om-aret>
- [57] Føns Nærvarme a.m.b.a.. (s.d.). Historie. Lokaliseret 31 April, 2018, fra <http://foens-naervarme.dk/historie.html>

A Varmebehov i en landsby

A.1 Data

Tabel 28: Estimeret tilslutningseffekt i linjerne estimeret ud fra noderne i varmenettet.

Node	Φ_t [kW]	Φ_i [kW]	s	$\Delta\Phi_i$ [kW]	Δs	V	n
1	82,24	82,46	0,72	49,54	0,47	1	4
2	200,21	4,67	1,00	28,33	1,00	0,5	1
3	84,96	60,01	0,70	104,99	0,41	-	5
4	362,55	61,63	0,67	169,37	0,33	-	7
5	64,46	49,81	0,75	49,19	0,55	-	3
6	520,92	98,35	0,67	132,66	0,33	-	7
7	47,93	18,79	0,81	47,22	0,69	-	2
8	1.871,72	0,00	-	0,00	-	-	-
9	871,03	70,18	0,68	127,82	0,37	-	6
10	582,85	0,00	-	0,00	-	-	0
11	165,82	0,00	-	0,00	-	-	0
12	67,97	24,19	0,72	107,81	0,47	-	4
13	97,86	48,38	0,67	215,62	0,30	-	8
14	417,03	0,00	-	0,00	-	-	0
15	100,63	69,66	0,67	161,34	0,33	-	7
16	316,39	8,25	1,00	24,75	1,00	-	1
17	73,55	47,00	0,72	85,00	0,47	-	4
18	115,51	84,65	0,66	212,35	0,28	-	9
19	94,32	68,29	0,68	129,71	0,37	-	6
20	193,26	207,71	0,64	386,29	0,16	-	18
21	479,77	45,39	0,81	20,61	0,69	-	2
22	240,50	113,27	0,66	183,73	0,28	-	9
23	48,04	19,72	0,81	46,28	0,69	-	2
24	66,00	0,00	-	0,00	-	-	0
25	33,00	28,82	1,00	4,19	1,00	-	1
26	33,00	14,11	1,00	18,89	1,00	-	1
27	188,22	17,94	1,00	15,07	1,00	-	1
28	122,22	115,43	0,67	148,57	0,30	-	8
29	33,00	11,99	1,00	21,02	1,00	-	1

Tabel 29: Loop til estimeret tilslutningseffekt på fremløbslinjerne.

Frem						
Rørvæggens ruhed k [m]	Strømnings-hastighed v [m/s]	Indre diameter d_i [m]	Kinematisk viscositet ν [m ² /s]	Reynoldstal Re	Friktionstal f	-
0,00931	0,42	0,0545	4,42654E-07	51.613	0,01	Gæt
0,00931	0,42	0,0545	0,00000044	51.613	0,02661	0,02661
0,00931	0,42	0,05450	0,00000004	51.613	0,02654	0,02654
-	-	-	-	-	0,02654	Resultat

Tabel 30: Loop til estimeret tilslutningseffekt på returløbslinjerne.

Retur						
Rørvæggens ruhed k [m]	Strømnings- hastighed v [m/s]	Indre diameter d_i [m]	Kinematisk viscositet ν [m ² /s]	Reynolds tal Re	Friktionstal f	-
0,00931	0,42	0,0431	6,581E-07	27.454	0,01	Gæt
0,00931	0,42	0,0431	0,00000066	27.454	0,03132	0,03132
0,00931	0,42	0,04310	0,0000007	27.454	0,03117	0,03117
-	-	-	-	-	0,03117	Resultat

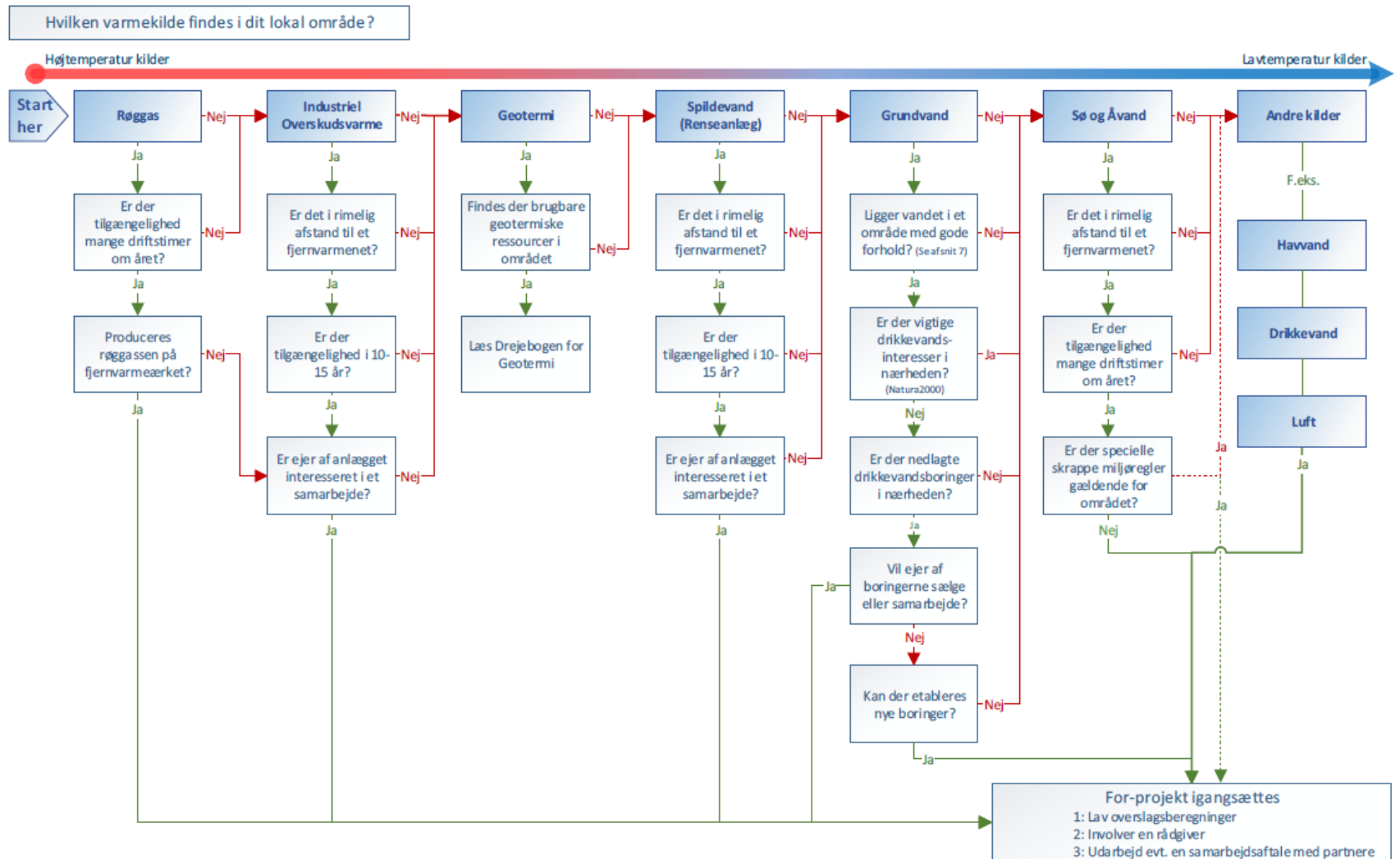
Tabel 31: Estimeret tilslutningseffekt på fremløbslinjerne.

FREM											
Node	Tryk -differens kPa	Tryk kPa	Tryktab kPa	Tryk gradient Pa/m	Densitet kg/m^3	Varme kapacitet $kJ/(kg \cdot K)$	Kinematisk viscositet m^2/s	Strømnings- hastighed m/s	Indre diameter m	Friktionstal	Temp. Frem C°
1	100,0	277,4	6,2	42,0	980,45	4,187	4,42654E-07	0,4192	0,0545	0,026542772	65
2	115,5	283,6	2,6	41,3	977,63	4,19	4,13244E-07	0,5123	0,0703	0,022617282	70
3	100,0	270,7	1,8	44,8	980,45	4,187	4,42654E-07	0,4331	0,0545	0,02653922	65
4	122,2	286,2	11,2	76,4	971,6	4,196	3,65377E-07	0,6997	0,0703	0,022591778	80
5	100,0	268,4	6,5	97,6	980,45	4,187	4,42654E-07	0,5253	0,0431	0,031083103	65
6	147,4	297,4	5,0	51,1	968,39	4,2	3,44902E-07	0,6505	0,0825	0,020568153	85
7	100,0	258,6	3,5	54,0	980,45	4,187	4,42654E-07	0,3907	0,0431	0,031118873	65
8	-	308,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	150,4	305,3	3,2	33,5	968,39	4,2	3,44902E-07	0,6454	0,1071	0,017806067	85
10	132,6	292,9	5,4	80,8	971,6	4,196	3,65377E-07	0,8167	0,0825	0,020561386	80
11	108,2	269,5	1,8	118,5	977,63	4,19	4,13244E-07	0,7060	0,0545	0,02649337	70
12	100,0	262,8	2,3	108,5	980,45	4,187	4,42654E-07	0,5539	0,0431	0,031077886	65
13	100,0	265,4	4,1	59,4	980,45	4,187	4,42654E-07	0,4988	0,0545	0,026525231	65
14	126,8	290,1	2,9	53,9	974,68	4,193	3,8782E-07	0,6659	0,0825	0,020572467	75
15	100,0	268,8	5,5	62,8	980,45	4,187	4,42654E-07	0,5130	0,0545	0,026522647	65
16	115,2	283,6	6,5	103,0	977,63	4,19	4,13244E-07	0,8096	0,0703	0,022590717	70
17	100,0	270,6	1,5	33,6	980,45	4,187	4,42654E-07	0,3749	0,0545	0,026555865	65
18	100,0	274,5	9,1	82,7	980,45	4,187	4,42654E-07	0,5888	0,0545	0,026510814	65
19	100,0	275,0	0,6	5,4	980,45	4,187	4,42654E-07	0,2098	0,0825	0,020696673	65
20	100,0	280,2	25,0	55,3	980,45	4,187	4,42654E-07	0,5920	0,0703	0,022611999	65
21	130,9	285,3	4,3	54,7	971,6	4,196	3,65377E-07	0,6723	0,0825	0,020569238	80
22	115,8	279,3	5,9	43,8	974,68	4,193	3,8782E-07	0,5289	0,0703	0,022610706	75
23	100,0	264,0	0,0	1,4	980,45	4,187	4,42654E-07	0,1069	0,0825	0,020860589	65
24	107,9	275,4	3,9	71,2	977,63	4,19	4,13244E-07	0,4493	0,0431	0,031092596	70
25	100,0	268,2	0,7	59,5	980,45	4,187	4,42654E-07	0,3610	0,0372	0,034626152	65
26	100,0	271,5	3,9	59,5	980,45	4,187	4,42654E-07	0,3610	0,0372	0,034626548	65
27	117,8	277,6	2,4	36,5	977,63	4,19	4,13244E-07	0,4817	0,0703	0,022622011	70
28	100,0	266,9	10,6	92,5	980,45	4,187	4,42654E-07	0,6230	0,0545	0,026506577	65
29	100,0	261,6	1,8	59,5	980,45	4,187	4,42654E-07	0,3610	0,0372	0,034626548	65

Tabel 32: Estimeret tilslutningseffekt på returløbslinjerne.

Node	RETUR											Temp. Retur C°
	Tryk kPa	Tryktab kPa	Tryk gradient Pa/m	Densitet kg/m^3	Varme kapacitet $kJ/(kg \cdot K)$	Kinematisk viscositet $[m^2/s]$	Strømnings- hastighed m/s	Indre diameter m	Friktionstal			
1	177,4	9,3	63,1	992,25	4,179	6,581E-07	0,4192	0,0431	0,031172606	40		
2	168,0	4,0	63,5	992,25	4,179	6,581E-07	0,5123	0,0545	0,026566765	40		
3	170,7	2,7	67,3	992,25	4,179	6,581E-07	0,4331	0,0431	0,031166426	40		
4	164,0	8,9	60,6	992,25	4,179	6,581E-07	0,6997	0,0825	0,020601642	40		
5	168,4	4,4	66,7	992,25	4,179	6,581E-07	0,5253	0,0545	0,026563431	40		
6	155,1	5,1	52,4	992,25	4,179	6,581E-07	0,6505	0,0825	0,020607432	40		
7	158,6	3,6	54,8	992,25	4,179	6,581E-07	0,3907	0,0431	0,031186695	40		
8	150,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9	154,9	4,9	51,6	992,25	4,179	6,581E-07	0,6454	0,0825	0,020608082	40		
10	160,4	5,5	82,6	992,25	4,179	6,581E-07	0,8167	0,0825	0,020590651	40		
11	161,3	0,9	61,8	992,25	4,179	6,581E-07	0,7060	0,0825	0,020601092	40		
12	162,8	1,6	74,2	992,25	4,179	6,581E-07	0,5539	0,0545	0,026556454	40		
13	165,4	4,2	60,2	992,25	4,179	6,581E-07	0,4988	0,0545	0,026570195	40		
14	163,3	2,9	55,0	992,25	4,179	6,581E-07	0,6659	0,0825	0,020605455	40		
15	168,8	5,5	63,6	992,25	4,179	6,581E-07	0,5130	0,0545	0,026566385	40		
16	168,4	5,1	81,2	992,25	4,179	6,581E-07	0,8096	0,0825	0,020591223	40		
17	170,6	2,2	50,5	992,25	4,179	6,581E-07	0,3749	0,0431	0,03119539	40		
18	174,5	6,1	55,4	992,25	4,179	6,581E-07	0,5888	0,0703	0,022645144	40		
19	175,0	6,6	54,9	992,25	4,179	6,581E-07	0,2098	0,0217	0,054526455	40		
20	180,2	25,4	56,0	992,25	4,179	6,581E-07	0,5920	0,0703	0,022644595	40		
21	154,4	4,4	56,0	992,25	4,179	6,581E-07	0,6723	0,0825	0,020604764	40		
22	163,5	9,1	67,6	992,25	4,179	6,581E-07	0,5289	0,0545	0,026562539	40		
23	164,0	0,5	14,4	992,25	4,179	6,581E-07	0,1069	0,0217	0,055169259	40		
24	167,5	4,0	72,4	992,25	4,179	6,581E-07	0,4493	0,0431	0,031159665	40		
25	168,2	0,7	60,3	992,25	4,179	6,581E-07	0,3610	0,0372	0,034707786	40		
26	171,5	4,0	60,3	992,25	4,179	6,581E-07	0,3610	0,0372	0,034707009	40		
27	159,8	5,4	83,2	992,25	4,179	6,581E-07	0,4817	0,0431	0,031147228	40		
28	166,9	7,1	62,0	992,25	4,179	6,581E-07	0,6230	0,0703	0,022639552	40		
29	161,6	1,8	60,3	992,25	4,179	6,581E-07	0,3610	0,0372	0,034707009	40		

B Alternative varmeløsninger



Figur 36: Identifikation af varmekilder. Energiindholdige varmekilder ses til venstre, og de knap så energiindholdige ses til højre.

C Beregningsforudsætninger

Tabel 33: Prisudvikling for Bio- og fossile brændsler i perioden fra 2018 til 2038.

År:	[2016-DKK/GJ]			
	Fyringsolie (an forbruger)	Træpiller (an forbruger)	Træflis (an værk)	Halm (an værk)
2018	116,5	95,5	48,3	40,7
2019	122,1	98,7	48,6	41
2020	127,1	101,2	48,9	41,3
2021	132,1	106,1	49,2	41,7
2022	134,3	106,7	49,5	42
2023	136,2	107,3	49,8	42,4
2024	137,9	107,9	50,1	42,8
2025	139,2	108,5	50,5	43,2
2026	141,8	109,1	50,7	43,4
2027	144,2	109,7	51	43,7
2028	146,5	110,3	51,3	43,9
2029	148,7	110,9	51,6	44,2
2030	150,8	111,5	51,9	44,5
2031	154,8753	112,1	52,1155	44,9861
2032	157,4616	112,7	52,416	45,3092
2033	160,0479	113,3	52,7165	45,6323
2034	162,6342	113,9	53,017	45,9554
2035	165,2205	114,5	53,3175	46,2785
2036	167,8068	115,1	53,618	46,6016
2037	170,3931	115,7	53,9185	46,9247
2038	172,9794	116,3	54,219	47,2478

D Diskussion og fortolkning

D.1 Brugerundersøgelse

I forbindelse med projektet blev der undersøgt hvilke holdninger der var til opvarmning af hjemmet. Formålet var at danne et overblik over hvilken opbakning der var for henholdsvis de fælles varmeløsninger og varmepumper i hjemmet. Resultaterne fra undersøgelsen ville kunne bidrage til at finde den optimale løsning for ud-fasning af fossile brændsler til opvarmning i huse uden adgang til gas eller fjernvarme. Spørgeundersøgelsen her er er blevet sendt til beboere i området Åbyskov ved Svendborg kommune og afspejler derfor holdningerne i dette område. Spørgeskemaet blev besvaret af i alt 29 mennesker, hvilket i sig selv er en relativt høj besvarelsesrate da det kun er delt med cirka 70 til 80 mennesker.

D.1.1 Opbygning af spørgeskema

Til at konstruere spørgeskemaet til undersøgelsen er Google Forms blevet brugt, dette er fordi servicen giver adgang til en nem og overskuelig brugerflade. I Google Forms er det gjort nemt, ikke kun at opbygge og uddele spørgeskemaer, men også at indsamle besvarelser og analysere på den indsamlede data. Nedenfor på tabel 34 ses en oversigt over spørgsmålene der er benyttet i undersøgelsen.

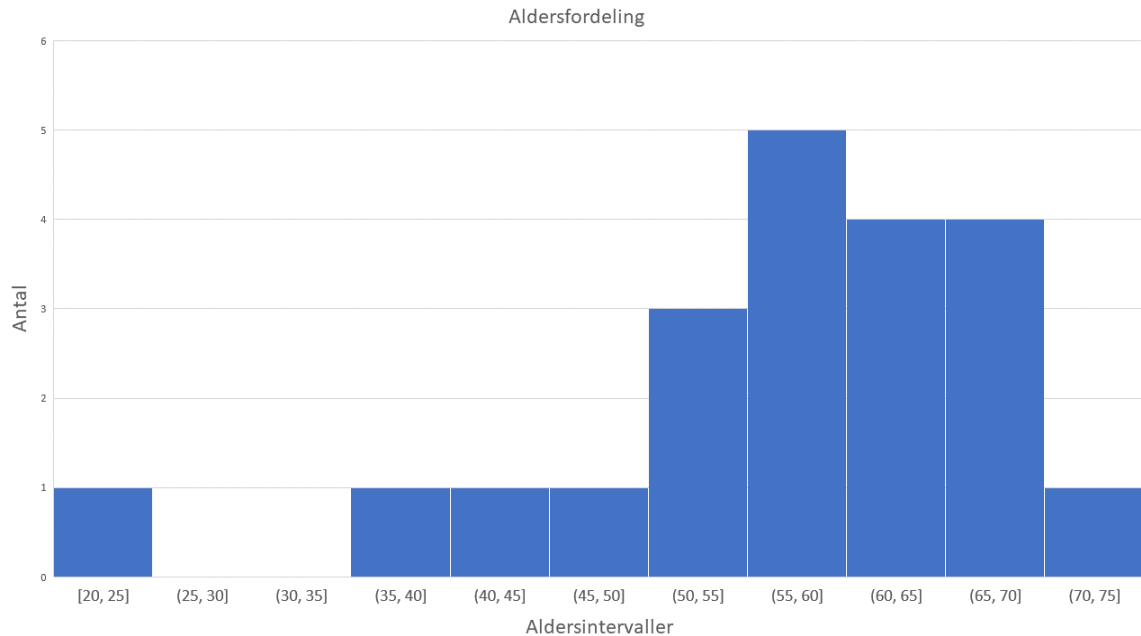
Tabel 34: Oversigt over spørgsmål fra undersøgelsen.

1. Alder 2. Hvilken varmeløsning benyttes i dit hjem?	Demografisk
1. Hvor stor er din viden vedrørende varmepumper? 2. Hvor stor interesse har du for at få installeret en varmepumpe i dit hjem? 3. Hvor stor betydning har investeringsomkostningerne på dit valg af varmeløsning? 4. Hvor stor betydning har varmeprisen på dit valg af varmeløsning? 5. Hvor stor betydning har indvirkningen på miljøet på dit valg af varmeløsning? 6. Hvor stor betydning har den fysiske størrelse af installationen på dit valg af varmeløsning? 7. Hvor stor betydning har udseendet på dit valg af varmeløsning? 8. Hvor stor betydning har virkningsgraden på dit valg af varmeløsning?	Kvantitativ
1. Hvad er din generelle holdning til varmepumper? 2. Hvad skal der til før du vil skifte til en varmepumpe? 3. Hvad er din holdning til en varmepumpe på abonnement? 4. Ville du foretrække abonnement frem for selv at eje varmepumpen?	Kvalitativ
1. Hvor stor er din viden vedrørende fælles varmeløsninger? 2. Hvor stor interesse har du i at deltage i en fælles varmeløsning? 3. Hvor stor betydning har investeringen i en fælles varmeløsning? 4. Hvor stor betydning har varmeprisen på en fælles varmeløsning? 5. Hvor stor betydning har miljøet på en fælles varmeløsning? 6. Hvor stor betydning har den ekstra plads i hjemmet ved nedlæggelse af den individuelle varmeløsning?	Kvantitativ
1. Kommentar til fælles varmeløsninger 2. Hvilken varmeløsning synes du bedst om?	Kvalitativ

Ved konstruering af spørgeskemaet blev der foretaget en screening af opbygningen og spørgsmålenes ræsonnement, dette foregik ved at udsende prøve skemaer til vejledere og testpersoner. Efter screeningerne var færdige blev feedback indsamlet, hvorefter spørgeskemaet kunne opdateres. Da skemaet var af en tilfredsstillende karakter, sendte vi det videre til Svendborg Kommune, som lå inde med en liste af interessenter fra området der potentielt kunne give nyttige besvarelser af skemaet.

D.1.2 Demografi

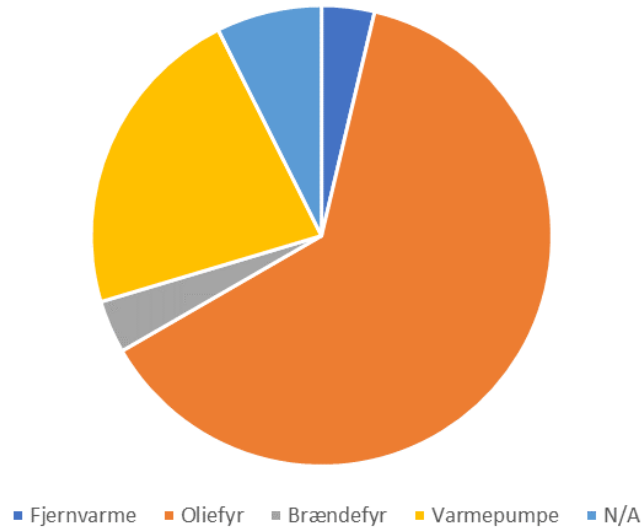
Som introduktion til skemaet blev der kort fortalt om formålet med skemaet og hvem der stod bag. For at give et overblik over hvem der deltog i besvarelsen af spørgeskemaet, er der i spørgeskemaet stillet to introduktions spørgsmål af demografisk karakter. Her spørges der ind til alderen af personen som besvarer skemaet og hvilken varmeløsning personen benytter sig af i sit hjem. Ideen med disse spørgsmål er at undersøge om der kan findes en sammenhæng imellem besvarelserne fra personer med lignende alder eller varmeløsninger. Hvis det viser sig at der findes en bestemt målgruppe som har en negativ holdning til forandring og samtidigt giver udtryk for ikke at være velinformeret om mulighederne der er tilgængelige i dag, ville dette åbne for muligheden for en dialog der kunne have stor indvirkning på miljøet. Det er også en gennemtænkt beslutning at spørgeskemaet bliver holdt anonymt, så holdninger og udtalelser ikke hindres af eventuel frygt for offentlig udstilling eller bedømmelser. Nedenfor på figur 37 ses et boxplot over aldersfordelingen, der var i alt 19 personer som valgte at oplyse deres alder i deres besvarelse, så det er fordelingen af de 19 personers alder.



Figur 37: Fordeling af aldre.

Ud fra figur 37 ses et frekvenshistogram over aldersfordelingen fra besvarelserne. Søjlerne over antallet af besvarelser ligger på en akse med grupperinger fra 20 til 75 i intervaller på 5 år. Ud fra svarene fremstår det, at den yngste person der besvarede skemaet er blot 20 år og den ældste person 73 år. En persons alder kan have stor indflydelse på personens tilbøjelighed til at lave investeringer, især ved investeringer med længere tilbagebetalings-tider og ældre mennesker. Dette kan for eksempel være fordi personerne vil flytte i forbindelse med deres pension. Yngre personer vil være mere tilbøjelige til at lave længere sigtet investeringer, dette kræver selvfølgelig at de har de likvide midler til at støtte investeringen.

Den næste den af de to demografiske spørgsmål er hvilken varmløsning der benyttes i personens hjem. Fordelingen er nedenfor på figur 38 illustreret ved at lavet et cirkel diagram over fordelingen. De teknologier der kommer til udtryk i besvarelserne er fjernvarme, oliefyr, brændefyr og varmepumpe.

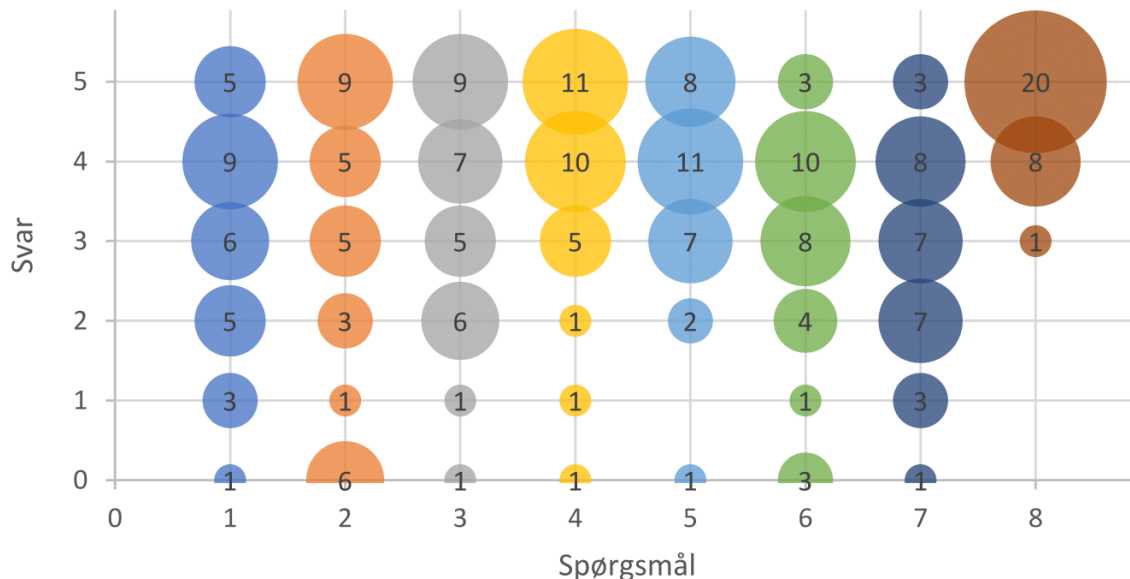


Figur 38: Fordeling af brugte varmeløsninger.

Ud fra cirkel diagrammet er det tydeligt at langt største delen af besvarelserne kommer fra personer med oliefyr i deres hjem, dette var selvfølgelig forventet i et område som Åbyskov. En ting der dog ikke var forventet var andelen af personer som allerede på nuværende tidspunkt har installeret varmpumper i deres hjem, det kunne her være interessant at vide hvornår de har skiftet til varmpumpen og om det havde forbindelse til borgermødet vedrørende moderne varmeløsninger i landsbyen. Da der ikke er fjernvarme i Åbyskov må den ene person som oplyste dette som varmeløsning i hjemmet have bopæl et andet sted. En enkelt person oplyste brændefyr som varmekilde, men at der også blev brugt oliefyr som backup, dog maksimum to uger om året.

D.1.3 Individuelle varmeløsninger

Den næste del af spørgeskemaet omhandler generelt varmeløsninger i hjemmet. Denne del begynder med en række kvantitative spørgsmål, som besvarelse til spørgsmålet kan der angives et tal på en Likert skala fra 0 til 5, her er nul angivet som "Ved ikke" på den måde undgår man fejlagtige svar fra eventuelt ikke forstået spørgsmål. Tallene 1 til 5 angiver størrelsesforholdet af svaret, der er i denne forbindelse sørget for spørgsmål der besvares med et størrelsesforhold, for eksempel "Hvor stor betydning har indvirkningen på miljøet på dit valg af varmeløsning?". De kvantitative spørgsmål bidrager til let analyserbart data, som kan illustreres på mange forskellige måder igennem software, som for eksempel Microsoft Excel. Svarene fra de første otte kvantitative spørgsmål fra undersøgelsen er illustreret nedenfor på figur 39 i et såkaldt boble diagram. Her repræsenterer boblernes størrelse antallet af svar der ligger i samme kategori. Spørgsmålene er fordelt hen ad x-aksen og svarene fra 0 til 5 er fordelt op ad y-aksen.



Figur 39: Boblediagram over kvantitativ data vedrørende individuelle varmeløsninger.

I spørgeskemaet er der angivet 29 svar til hvert spørgsmål, dette udgør en reference for betydningen af antallet af de forskellige svar på Likert skalaen.

1. Det første spørgsmål i boble diagrammet omhandler personens viden vedrørende varmepumper, spørgsmålet har en relativ jævn fordeling af svar på skalaen fra 1 til 5, dog med 20 af svarene liggende i den høje ende fra 3 til 5. Dette giver udtryk for at hoveddelen af besvarelserne kommer fra folk som har en relativt god viden vedrørende varmepumper.
2. Spørgsmål nummer 2 fra boble diagrammet omhandler personens interesse for at få en varmepumpe installeret i personens eget hjem. Dette spørgsmål resulterede i primært positive svar i det 19 af svarene ligger imellem 3 og 5 på skalaen, det viser stor interesse for at få varmepumpe installeret i eget hjem. Dette spørgsmål er også spørgsmålet med 6 og dermed flest "ved ikke" svar, som viser at der er en del forvirring omkring hvad det faktisk indebærer at få en varmepumpe installeret i deres hjem.
3. Spørgsmål nummer 3 fra boble diagrammet omhandler investeringsomkostningernes betydning for valget af varmeløsning. Som forventet er der her en større andel der har vurderet investeringsomkostninger som en parameter med af stor betydning for deres valg af varmeløsning, i alt 21 af svarene ligger imellem 3 og 5 på skalaen, men overraskende er der også en væsentlig mængde på 7 af svar som vurderer investeringsomkostninger som værende af lavere betydning for deres valg af varmeløsning.
4. Spørgsmål nummer 4 fra boble diagrammet omhandler selve varmeprisen betydning for valget af varmeløsning, her er der ingen tvivl om at denne parameter har en meget stor betydning da i alt 26 ud af de 29 svar ligger imellem 3 og 5 på skalaen. Sammenlignet med svarene fra investeringsomkostningernes betydning, er det tydeligt at varmeprisen prioriteres højere.
5. Spørgsmål nummer 5 fra boble diagrammet omhandler betydningen af varmeløsningens indvirkning på miljøet, her ligger 26 besvarelser imellem 3 og 5 på skalaen. Her bør der også lægges vægt på, at der ingen svar er med 1 på skalaen. Dette viser at alle har minimum en lidt positiv holdning overfor den grønne udvikling og endda et stort flertal med en meget positiv holdning til miljøvenlige løsninger.

6. Spørgsmål nummer 6 fra boble diagrammet omhandler betydningen af den fysiske størrelse på varmeinstallationen i hjemmet. Svarene på dette spørgsmål ligger primært fordelt på 3 og 4 med i alt 18 besvarelser, de relativt passive svar lægger her op til at personerne måske ikke helt ved hvordan deres alternativer til varmeinstallationer ser ud fysisk.
7. Spørgsmål nummer 7 fra boble diagrammet omhandler betydningen af udseendet på varmeinstallationen, dette spørgsmål relaterer sig til spørgsmål nummer 6 og det forventes dermed at svarene har nogenlunde samme udfald. Svarene på dette spørgsmål er stort set lige fordelt i mellem positive og negative svar. Dette giver udtryk for at størrelsen har større betydning for personen end udseendet på varmeløsningen. Det vil også sige at det praktiske aspekt gennemsnitligt set er at foretrække sammenlignet med det æstetiske.
8. Spørgsmål nummer 8 fra boble diagrammet omhandler betydningen af virkningsgraden på valget af varmeløsning. Her ligger alle 29 svar fordelt i mellem 3 og 5, med 20 på 5. Dette giver tydeligt udtryk for at virkningsgraden har en markant betydning for alle. Dette tegner især godt for varmepumpen da det er den varmeløsning som kan opnå de højeste virkningsgrader.

Efter det første sæt af kvantitative spørgsmål, er der en række kvalitative spørgsmål angående varmepumper. Nedenfor på figur 40 er de forskellige generelle holdninger til varmepumper illustreret i en såkaldt word cloud.



Figur 40: Word cloud angående holdninger til varmepumper.

De forskellige holdninger til varmepumper som kommer til udtryk i svarene på det kvalitative spørgsmål er af forskellig karakter. Primært er der meget positive holdninger til varmepumpen, holdninger der mener det er en god idé med en varmepumpe, at det er fremtidens løsning og at løsningen er miljørigtig og på samme tid bæredygtig. Der er også holdninger der er mere kritiske overfor varmepumpen, herunder at der opleves problemer i ekstrem kulde, at det er en dyr løsning og fremløbstemperaturen er for lav til gamle bygninger. Det kommer også til udtryk i holdningerne at der er en efterspørgsel efter mere viden omkring varmepumperne.

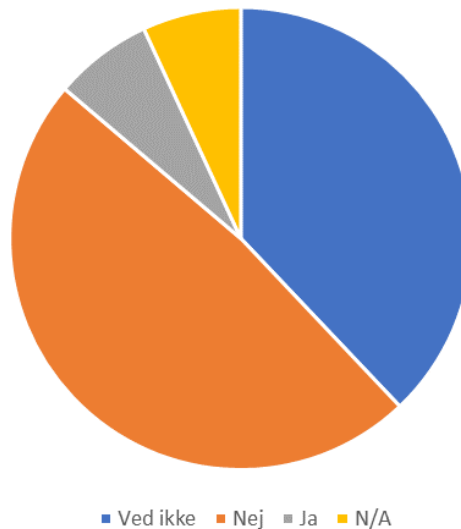
Det næste kvalitative spørgsmål i undersøgelsen omhandler hvad der skal til før personen vil være villigt til at skifte til en varmepumpe som varmeløsning i hjemmet. Her skriver en at hvis der

ikke var adgang til fjernvarme, så ville varmepumpen være alternativet. En anden skriver at det er indtjeningstiden på varmepumpen der skal være god før der vil være incitament for at lave skiftet fra den eksisterende varmeløsning. Generelt virker der til at være den holdning til varmeinstallationer at de skal slides op før der bliver investeret i nyt. En del af dem der ønsker at skifte, men ikke har gjort det, mener at der skal ske en økonomisk ændring i deres situation, som lotto gevinst eller større tilskud til installation af varmepumper. Indehavere af ældre huse giver udtryk for at en varmepumpe ikke ville kunne levere varme nok til at opvarme deres hus. En del af svarene mener at pillefyr bare er at foretrække frem for en varmepumpe. Der nævnes også at støjsvage varmepumper vil kunne give større incitament for at skifte til en varmepumpe.

D.1.4 Varmepumpe på abonnement

De næste to spørgsmål omhandler princippet omkring en varmepumpe på abonnement. Først spørgsmålet til hvad holdningen er til denne form for løsning. En holdning der kommer til udtryk er at en stor del af personerne gerne vil eje deres varmepumpe selv og tilbuddet om et abonnement derfor ikke er specielt attraktivt. Der er stor bekymring omkring hvad det ville koste sammenlignet med selv at eje varmepumpen, en mener at det ville være en attraktiv løsning hvis der kunne spares 20% sammenlignet med et oliefyr. Mange mener at løsningen er interessant da den giver mulighed for at undgå de høje investeringsomkostninger og der dermed også er større mulighed for at få en varmepumpe.

Efter holdninger til abonnementet er dækket kvalitativt er der også lavet et kvantitativt spørgsmål der bedre kan illustrere fordelingen af holdninger til en varmepumpe på abonnement. Nedenfor på figur 41 ses et cirkel diagram med holdninger til en varmepumpe på abonnement.

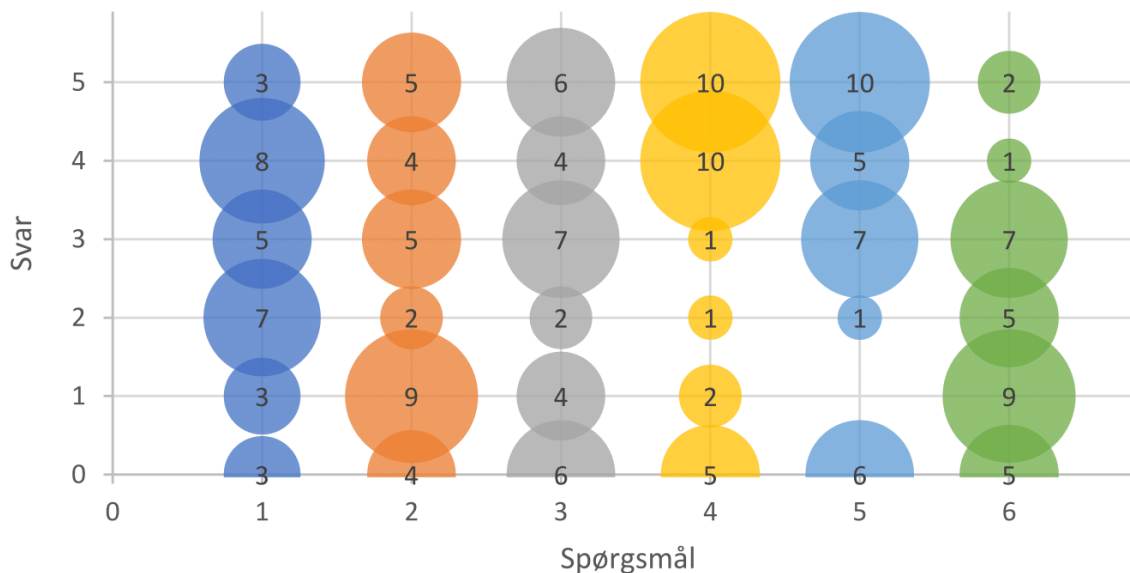


Figur 41: Holdning til varmepumpe på abonnement.

Ud fra figuren ses det at der er bred enighed om at et abonnement ikke er at foretrække frem for selv at eje varmepumpen. Dette kan være grundet en idé om at abonnementer hurtigt ender med at blive dyre. Økonomien bag løsningen er ikke oplyst i spørgeskemaet, derfor er en stor del af svarene også "Ved ikke". Hvis økonomien er fordelagtig kunne der i teorien være en stor del af personer med en positiv holdning overfor varmepumper på abonnement.

D.1.5 Fælles varmeløsninger

Næste del af spørgeskemaet er en række kvantitative spørgsmål omkring fælles varmeløsninger, svarene er fordelt på en Likert skal fra 1 til 5 og 0 er "Ved ikke". Både spørgsmål såvel som svarene til dem er illustreret i et boble diagram på figur 42 nedenfor.



Figur 42: Boblediagram over kvantitativ data vedrørende fælles varmeløsninger.

1. Spørgsmål nummer 1 fra boblediagrammet omhandler personens viden vedrørende fælles varmeløsninger. Spørgsmålet har en relativt jævn fordeling af både positive og negative svar, sammenlignet med viden vedrørende varmepumper er der dog her flere "Ved ikke" svar og flere svar i den lave ende mellem 1 og 2. Dette tyder på at viden omkring fælles varmeløsninger ikke er udbredt nok, det er der for størstedelen af besvarelserne som ikke har en god baggrundsviden omkring fælles varmeløsninger.
2. Spørgsmål nummer 2 fra boblediagrammet omhandler personens interesse i at deltage i en fælles varmeløsning. Her ligger 16 og dermed størstedelen af besvarelserne i den lave ende af Likert skalaen mellem 1 og 3, med 9 på på den laveste interesse. Besvarelserne på dette spørgsmål inkluderer også 4 "Ved ikke" besvarelser, samt 9 positive besvarelser fordelt mellem 4 og 5. Besvarelserne giver udtryk for at der generelt ikke er interesse i at deltage i en fælles varmeløsning.
3. Spørgsmål nummer 3 fra boblediagrammet omhandler betydningen af investeringsomkostningerne i en fælles varmeløsning for personen. Her ligger besvarelserne primært fordelt i mellem 3 og 5 på skalaen med 17 besvarelser. Der ligger her også 6 "Ved ikke" besvarelser. Besvarelserne giver udtryk for at investeringsomkostningerne har en stor betydning, men også at spørgsmålet kan være svært at forholde sig til uden viden omkring selve omkostningerne. Sammenlignet med betydningen af investeringsomkostninger for de individuelle varmeløsninger, er der dog her flere som mener at det har lavere betydning. Dette ligger op til at de folk som støtter en fælles løsning også er villige til at betale mere i investeringsomkostninger.
4. Spørgsmål nummer 4 fra boblediagrammet omhandler varmeprisens betydning for personen. Her ligger langt største delen af besvarelserne i den høje ende med i alt 20 besvarelser fordelt på svar 4 og 5. Dette giver udtryk for at varmeprisen har en meget stor betydning for valget af

den fælles varmeløsning. Her er der dog også 5 “Ved ikke” besvarelser som måske giver udtryk for manglende viden omkring de fælles varmeløsninger. Sammenlignet med betydningen af varmeprisen for de individuelle løsninger ser fordelingen meget ens ud, dog med forskellen at der kun er ét “Ved ikke” svar ved de individuelle løsninger.

5. Spørgsmål nummer 5 fra boblediagrammet omhandler betydningen af den fælles varmeløsnings indvirkning på miljøet. Svarene til dette spørgsmål har kun ét enkelt svar på under 3, placeret på 2. 6 svar er “Ved ikke” og de resterende er alle sat højt, fordelt i mellem 3 og 5. Dette giver udtryk for at indvirkningen på miljøet er af høj betydning for valget af en fælles løsning. Der tegner sig et mønster vedrørende de ikke bestemte svar, hvilket kan tyde på det er manglen på generel viden omkring de fælles varmeløsninger. Sammenlignet med betydningen af varmeløsningens indvirkning på miljøet for de individuelle varmeløsninger ses stort set samme fordeling, blot med forskellen på antallet af “Ved ikke” svar hvor den individuelle løsning kun har ét.
6. Spørgsmål nummer 6 fra boblediagrammet omhandler betydningen af den ekstra plads i hjemmet ved nedlæggelse af den individuelle varmeinstallation. Her ligger den største del af svarene fordelt i mellem 1 og 3 og kun 3 svar fordelt i mellem 4 og 5. Dette giver udtryk for at den ekstra plads til rådighed ved nedlæggelse af den individuelle løsning ved de fleste ikke tillæges en væsentlig værdi. Hvis man sammenligner svarene med spørgsmålet der omhandler betydningen af den fysiske størrelse på varmeinstallationen i hjemmet ved de individuelle varmeinstallationer, så har den fysiske størrelse ved de individuelle løsninger større betydning.

Som konklusion på spørgsmålene angående den fælles varmeløsning, bliver der efterfølgende anmodet om en eventuel kommentar til de fælles varmeløsninger. Her er der mange som kommenterer at de ikke bor tæt på nogen og det derfor ikke er en god løsning for dem. Der kommenteres også at fælles varmeløsninger hvor en eventuel bestyrelse for at stå for driften er nødvendig slet ikke ville være en interessant løsning. Mange ser en fælles varmeløsning som en stor og unødvendig risiko at tage, grundet forpligtelser og uforudsigelige udgifter samt ukendt driftsstabilitet. Det kommer også til udtryk i kommentarer at der for det meste ikke er vilje til at skifte varmeløsning, så længe den nuværende fungerer og ikke bliver meget dyrere. Nogle få skriver at en fælles varmeløsning kan være en god idé for nogen og at en el baseret fælles løsning ville være at foretrække frem for en fælles forbrænding.

Som konklusion på selve spørgeskemaet bliver der til sidst spurgt ind til hvilken varmeløsning personen synes bedst om. Her har 3 personer svaret at jordvarme er den bedste løsning, 10 personer svarer at varmpumper er den bedste løsning og 5 svarer at luft til vand varmpumpen er den bedste løsning. Det vil sige at der i alt, af dem der har valgt at kommentere, er 18 som mener at varmpumper er den bedste varmeløsning. En kommentar nævner at det i øjeblikket er oliefyr, men senere vil være luft til vand varmpumpen. Dette giver udtryk for at folk med oliefyr måske ser varmpumpen som en god løsning, men først vil skifte når olien bliver for dyr eller oliefyret er slidt op. En enkelt mener at et eget varmeanlæg vil være den bedste løsning, dog ikke varmpumpe. Et par mener at solvarme er den bedste varmeløsning for dem og to andre mener at det blot skal være den billigste og mest miljørigtige løsning. Der er 3 kommentarer som giver udtryk for at en fælles løsning ville være den bedste, hvis der altså var mulighed for det. Fjernvarme er nævnt som den bedste løsning 2 gange, dette er desværre kun en mulighed i olielandsbyerne hvis de ligger relativt tæt på et eksisterende fjernvarmenet.

Hvis vi kigger på besvarelserne fra de folk som har oplyst at de benytter sig af et oliefyr på nuværende tidspunkt, så har stortset alle svaret at de mener den bedste varmeløsning er varmpumpen. Så det giver udtryk for at de allerede ved at der er et bedre alternativ til oliefyret, men mangler incitament til at skifte fra oliefyret.

E Modelling

Se vedlagt PDF i kronologisk rækkefølge.

F Diskussion og fortolkning

Se vedlagt PDF i kronologisk rækkefølge.

	Kategorier		Forsyningsenhed (Fyr, VP)		
	Scenario	Enhed	Enheds Udstyr	Enheds Installation	Pumpe Installation
Standard	Oliefyr	DKK -	DKK 59,90	DKK 25,67	DKK -
	Pillefyr	DKK -	DKK 118,35	DKK 29,59	DKK -
	LTV VP Standard elpris	DKK -	DKK 143,15	DKK 61,35	DKK -
	LTV VP Høj elpris	DKK -	DKK 143,15	DKK 61,35	DKK -
	LTV VP Lav elpris	DKK -	DKK 143,15	DKK 61,35	DKK -
	Halmfyret anlæg	DKK 155,85	DKK -	DKK -	DKK 41,33
	Træflis anlæg	DKK 207,81	DKK -	DKK -	DKK 41,33
	GVP standard elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 33,06
	GVP Høj elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 33,06
	GVP Lav elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 33,06
	Oliefyr	DKK -	DKK 62,88	DKK 26,95	DKK -
	Pillefyr	DKK -	DKK 124,24	DKK 31,06	DKK -
	LTV VP Standard elpris	DKK -	DKK 150,28	DKK 64,40	DKK -
	LTV VP Høj elpris	DKK -	DKK 150,28	DKK 64,40	DKK -
	LTV VP Lav elpris	DKK -	DKK 150,28	DKK 64,40	DKK -
	Halmfyret anlæg	DKK 163,62	DKK -	DKK -	DKK 43,38
	Træflis anlæg	DKK 218,16	DKK -	DKK -	DKK 43,38
	GVP standard elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 34,71
	GVP Høj elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 34,71
	GVP Lav elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 34,71
Høj	Oliefyr	DKK -	DKK 59,60	DKK 25,54	DKK -
	Pillefyr	DKK -	DKK 117,76	DKK 29,44	DKK -
	LTV VP Standard elpris	DKK -	DKK 142,43	DKK 61,04	DKK -
	LTV VP Høj elpris	DKK -	DKK 142,43	DKK 61,04	DKK -
	LTV VP Lav elpris	DKK -	DKK 142,43	DKK 61,04	DKK -
	Halmfyret anlæg	DKK 155,85	DKK -	DKK -	DKK 34,44
	Træflis anlæg	DKK 207,81	DKK -	DKK -	DKK 34,44
	GVP standard elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 27,55
	GVP Høj elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 27,55
	GVP Lav elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 27,55
	Oliefyr	DKK -	DKK 62,57	DKK 26,81	DKK -
	Pillefyr	DKK -	DKK 123,62	DKK 30,91	DKK -
	LTV VP Standard elpris	DKK -	DKK 149,53	DKK 64,08	DKK -
	LTV VP Høj elpris	DKK -	DKK 149,53	DKK 64,08	DKK -
	LTV VP Lav elpris	DKK -	DKK 149,53	DKK 64,08	DKK -
	Halmfyret anlæg	DKK 163,62	DKK -	DKK -	DKK 36,15
	Træflis anlæg	DKK 218,16	DKK -	DKK -	DKK 36,15
	GVP standard elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 28,92
	GVP Høj elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 28,92
	GVP Lav elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 28,92
Lav	Oliefyr	DKK -	DKK 59,23	DKK 25,38	DKK -
	Pillefyr	DKK -	DKK 117,02	DKK 29,26	DKK -
	LTV VP Standard elpris	DKK -	DKK 141,54	DKK 60,66	DKK -
	LTV VP Høj elpris	DKK -	DKK 141,54	DKK 60,66	DKK -
	LTV VP Lav elpris	DKK -	DKK 141,54	DKK 60,66	DKK -
	Halmfyret anlæg	DKK 155,85	DKK -	DKK -	DKK 51,66
	Træflis anlæg	DKK 207,81	DKK -	DKK -	DKK 51,66
	GVP standard elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 41,33
	GVP Høj elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 41,33
	GVP Lav elpris	DKK -	DKK 68,37	DKK 68,37	DKK 41,33
	Oliefyr	DKK -	DKK 62,18	DKK 26,65	DKK -
	Pillefyr	DKK -	DKK 122,85	DKK 30,71	DKK -
	LTV VP Standard elpris	DKK -	DKK 148,59	DKK 63,68	DKK -
	LTV VP Høj elpris	DKK -	DKK 148,59	DKK 63,68	DKK -
	LTV VP Lav elpris	DKK -	DKK 148,59	DKK 63,68	DKK -
	Halmfyret anlæg	DKK 163,62	DKK -	DKK -	DKK 54,23
	Træflis anlæg	DKK 218,16	DKK -	DKK -	DKK 54,23
	GVP standard elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 43,38
	GVP Høj elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 43,38
	GVP Lav elpris	DKK -	DKK 71,77	DKK 71,77	DKK 43,38

Varmenet											
Pumpe Materiale	Varmeveksler Installation		Varmeveksler Materiale		0-50kW	50-250kW	250-1000kW				
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-				
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-				
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-				
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-				
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-				
DKK	7,29	DKK	37,19	DKK	6,56	DKK	6,55	DKK	120,61	DKK	73,10
DKK	7,29	DKK	37,19	DKK	6,56	DKK	6,55	DKK	120,61	DKK	73,10
DKK	5,83	DKK	29,75	DKK	5,25	DKK	5,24	DKK	96,49	DKK	58,48
DKK	5,83	DKK	29,75	DKK	5,25	DKK	5,24	DKK	96,49	DKK	58,48
DKK	5,83	DKK	29,75	DKK	5,25	DKK	5,24	DKK	96,49	DKK	58,48
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	7,66	DKK	39,05	DKK	6,89	DKK	6,87	DKK	126,61	DKK	76,74
DKK	7,66	DKK	39,05	DKK	6,89	DKK	6,87	DKK	126,61	DKK	76,74
DKK	6,12	DKK	31,24	DKK	5,51	DKK	5,50	DKK	101,29	DKK	61,39
DKK	6,12	DKK	31,24	DKK	5,51	DKK	5,50	DKK	101,29	DKK	61,39
DKK	6,12	DKK	31,24	DKK	5,51	DKK	5,50	DKK	101,29	DKK	61,39
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	6,08	DKK	30,99	DKK	5,47	DKK	5,45	DKK	100,51	DKK	60,91
DKK	6,08	DKK	30,99	DKK	5,47	DKK	5,45	DKK	100,51	DKK	60,91
DKK	4,86	DKK	24,80	DKK	4,38	DKK	4,36	DKK	80,41	DKK	48,73
DKK	4,86	DKK	24,80	DKK	4,38	DKK	4,36	DKK	80,41	DKK	48,73
DKK	4,86	DKK	24,80	DKK	4,38	DKK	4,36	DKK	80,41	DKK	48,73
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	6,38	DKK	32,54	DKK	5,74	DKK	5,73	DKK	105,51	DKK	63,95
DKK	6,38	DKK	32,54	DKK	5,74	DKK	5,73	DKK	105,51	DKK	63,95
DKK	5,10	DKK	26,03	DKK	4,59	DKK	4,58	DKK	84,41	DKK	51,16
DKK	5,10	DKK	26,03	DKK	4,59	DKK	4,58	DKK	84,41	DKK	51,16
DKK	5,10	DKK	26,03	DKK	4,59	DKK	4,58	DKK	84,41	DKK	51,16
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	9,12	DKK	46,49	DKK	8,20	DKK	8,18	DKK	150,76	DKK	91,37
DKK	9,12	DKK	46,49	DKK	8,20	DKK	8,18	DKK	150,76	DKK	91,37
DKK	7,29	DKK	37,19	DKK	6,56	DKK	6,55	DKK	120,61	DKK	73,10
DKK	7,29	DKK	37,19	DKK	6,56	DKK	6,55	DKK	120,61	DKK	73,10
DKK	7,29	DKK	37,19	DKK	6,56	DKK	6,55	DKK	120,61	DKK	73,10
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-	DKK	-
DKK	9,57	DKK	48,81	DKK	8,61	DKK	8,59	DKK	158,27	DKK	95,92
DKK	9,57	DKK	48,81	DKK	8,61	DKK	8,59	DKK	158,27	DKK	95,92
DKK	7,66	DKK	39,05	DKK	6,89	DKK	6,87	DKK	126,61	DKK	76,74
DKK	7,66	DKK	39,05	DKK	6,89	DKK	6,87	DKK	126,61	DKK	76,74
DKK	7,66	DKK	39,05	DKK	6,89	DKK	6,87	DKK	126,61	DKK	76,74

		Grundvandsboring		Brændsel		
stikledning 0-20 kW	stikledning 0-50 kW	Grundvandsboring	Brændsel	Energiafgift	Energisparebidrag	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 576,30	DKK 219,60	DKK 9,92	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 485,18	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 88,49	DKK 8,06	DKK -	DKK 173,70	DKK -	DKK -	
DKK 88,49	DKK 8,06	DKK -	DKK 203,46	DKK -	DKK -	
DKK 70,79	DKK 6,44	DKK 12,79	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 70,79	DKK 6,44	DKK 12,79	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 70,79	DKK 6,44	DKK 12,79	DKK -	DKK -	DKK -	
Samfund						
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 733,00	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 618,99	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 92,89	DKK 8,46	DKK -	DKK 221,74	DKK -	DKK -	
DKK 92,89	DKK 8,46	DKK -	DKK 259,91	DKK -	DKK -	
DKK 74,31	DKK 6,77	DKK 13,43	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 74,31	DKK 6,77	DKK 13,43	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 74,31	DKK 6,77	DKK 13,43	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 576,32	DKK 219,60	DKK 9,92	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 485,17	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 73,74	DKK 6,71	DKK -	DKK 173,70	DKK -	DKK -	
DKK 73,74	DKK 6,71	DKK -	DKK 203,46	DKK -	DKK -	
DKK 58,99	DKK 5,37	DKK 10,66	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 58,99	DKK 5,37	DKK 10,66	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 58,99	DKK 5,37	DKK 10,66	DKK -	DKK -	DKK -	
Samfund						
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 733,03	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 618,99	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 77,41	DKK 7,05	DKK -	DKK 221,74	DKK -	DKK -	
DKK 77,41	DKK 7,05	DKK -	DKK 259,90	DKK -	DKK -	
DKK 61,93	DKK 5,64	DKK 11,19	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 61,93	DKK 5,64	DKK 11,19	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 61,93	DKK 5,64	DKK 11,19	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 576,34	DKK 219,61	DKK 9,92	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 485,17	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 110,61	DKK 10,07	DKK -	DKK 173,68	DKK -	DKK -	
DKK 110,61	DKK 10,07	DKK -	DKK 203,46	DKK -	DKK -	
DKK 88,49	DKK 8,06	DKK 15,99	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 88,49	DKK 8,06	DKK 15,99	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 88,49	DKK 8,06	DKK 15,99	DKK -	DKK -	DKK -	
Samfund						
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 733,06	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 618,99	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 116,12	DKK 10,57	DKK -	DKK 221,74	DKK -	DKK -	
DKK 116,12	DKK 10,57	DKK -	DKK 259,91	DKK -	DKK -	
DKK 92,89	DKK 8,46	DKK 16,79	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 92,89	DKK 8,46	DKK 16,79	DKK -	DKK -	DKK -	
DKK 92,89	DKK 8,46	DKK 16,79	DKK -	DKK -	DKK -	

Elspot	D&V						
Electricitet	D&V	Varmenet D&V	D&V Electricitet	Andet D&V	Service	Udkaldsdækning	
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 2,39	DKK 55,81	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 6,08	DKK 174,60	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 75,49	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,67	DKK 23,26	DKK 23,26
DKK 96,02	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,67	DKK 23,26	DKK 23,26
DKK 58,06	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,67	DKK 23,26	DKK 23,26
DKK -	DKK 35,66	DKK 11,14	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK 48,15	DKK 11,14	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 94,30	DKK 8,13	DKK 10,61	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 122,55	DKK 8,13	DKK 10,61	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 68,81	DKK 8,13	DKK 10,61	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
Isøkonomisk							
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 2,30	DKK 53,91	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 5,87	DKK 168,63	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 95,30	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,83	DKK 22,46	DKK 22,46
DKK 120,73	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,83	DKK 22,46	DKK 22,46
DKK 73,93	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,83	DKK 22,46	DKK 22,46
DKK -	DKK 34,44	DKK 10,76	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK 46,50	DKK 10,76	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 116,04	DKK 7,70	DKK 10,05	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 150,05	DKK 7,70	DKK 10,05	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 85,67	DKK 7,70	DKK 10,05	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 2,37	DKK 55,54	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 6,05	DKK 173,73	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 75,49	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,40	DKK 23,14	DKK 23,14
DKK 96,02	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,40	DKK 23,14	DKK 23,14
DKK 58,06	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,40	DKK 23,14	DKK 23,14
DKK -	DKK 35,66	DKK 9,29	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK 48,15	DKK 9,29	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 94,30	DKK 8,13	DKK 8,84	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 122,55	DKK 8,13	DKK 8,84	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 68,81	DKK 8,13	DKK 8,84	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
Isøkonomisk							
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 2,29	DKK 53,64	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 5,85	DKK 167,79	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 95,30	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,57	DKK 22,35	DKK 22,35
DKK 120,73	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,57	DKK 22,35	DKK 22,35
DKK 73,93	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,57	DKK 22,35	DKK 22,35
DKK -	DKK 34,44	DKK 8,97	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK 46,50	DKK 8,97	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 116,04	DKK 7,70	DKK 8,37	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 150,05	DKK 7,70	DKK 8,37	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 85,67	DKK 7,70	DKK 8,37	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 2,36	DKK 55,19	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 6,01	DKK 172,64	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 75,49	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,07	DKK 23,00	DKK 23,00
DKK 96,02	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,07	DKK 23,00	DKK 23,00
DKK 58,06	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 53,07	DKK 23,00	DKK 23,00
DKK -	DKK 35,66	DKK 13,93	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK 48,15	DKK 13,93	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 94,30	DKK 8,13	DKK -	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 122,54	DKK 8,13	DKK -	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 68,81	DKK 8,13	DKK -	DKK 54,32	DKK 15,28	DKK -	DKK -	DKK -
Isøkonomisk							
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 2,28	DKK 53,30	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK -	DKK -	DKK 5,81	DKK 166,74	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 95,30	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,25	DKK 22,21	DKK 22,21
DKK 120,73	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,25	DKK 22,21	DKK 22,21
DKK 73,93	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK 51,25	DKK 22,21	DKK 22,21
DKK -	DKK 34,44	DKK 13,45	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK -	DKK 46,50	DKK 13,45	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 116,04	DKK 7,70	DKK 12,56	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 150,05	DKK 7,70	DKK 12,56	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -
DKK 85,67	DKK 7,70	DKK 12,56	DKK 51,45	DKK 14,47	DKK -	DKK -	DKK -

Abonnement						Selvejet		
Investering	Abonnement	D&V	Elpris			Investering	D&V	elpris
Investering	årlig ydelse	D&V	kr/kWh - varme	elpris	El refusion	Investering	D&V	elpris
24471	5286	0	14841	6111	-6548	67945	2077	6111
24471	10460	0	29368	12093	-12956	67945	4110	12093
24471	15524	0	43587	17948	-19230	67945	6100	17948
24471	20481	0	57506	23679	-25370	67945	8048	23679
24471	25333	0	71130	29289	-31381	67945	9954	29289
24471	30083	0	84466	34780	-37264	67945	11820	34780
24471	34732	0	97519	40155	-43023	67945	13647	40155
24471	39282	0	110296	45416	-48660	67945	15435	45416
24471	43737	0	122803	50566	-54178	67945	17185	50566
24471	48097	0	135045	55607	-59578	67945	18899	55607
24549	52364	0	147027	60541	-64865	67945	20576	60541
24549	52364	1628	151818	65370	-64865	67945	22217	65370
24549	52364	3222	156507	70098	-64865	67945	23824	70098
24549	52364	4782	161097	74725	-64865	67945	25396	74725
24549	52364	6308	165589	79255	-64865	67945	26936	79255
24549	52364	7803	169987	83688	-64865	67945	28443	83688
24549	52364	9266	174291	88028	-64865	67945	29918	88028
24549	52364	10698	178505	92276	-64865	67945	31361	92276
24549	52364	12100	182629	96434	-64865	67945	32774	96434
24549	52364	13472	186666	100504	-64865	67945	34158	100504

Opvarmning af dit hjem

Vi er to studerende ved SDU i Odense som i forbindelse med vores speciale vil undersøge hvilke holdninger der er til opvarmning af hjemmet. Formålet er at danne et overblik over hvilken opbakning der er for henholdsvis fælles varmeløsninger og varmepumper i hjemmet. Resultater fra undersøgelsen vil bidrage til at finde den optimale løsning for udfasning af fossile brændsler til opvarmning i huse uden adgang til gas eller fjernvarme.

1. Alder

2. Hvilken varmeløsning benyttes i dit hjem?

Markér kun ét felt.

- Luft til luft varmepumpe
- Luft til vand varmepumpe
- Jordvarme
- Pillefyr
- Oliefyr
- El-varme
- Solvarme
- Fjernvarme
- Gas
- Andet: _____

Varmeløsninger i hjemmet

3. Hvor stor er din viden vedrørende varmepumper?

Markér kun ét felt.

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

4. Hvor stor interesse har du for at få installeret en varmepumpe i dit hjem?

Markér kun ét felt.

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

5. Hvor stor betydning har investeringsomkostningerne på dit valg af varmeløsning?

Markér kun ét felt.

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

6. Hvor stor betydning har varmeprisen på dit valg af varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

7. Hvor stor betydning har indvirkningen på miljøet på dit valg af varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

8. Hvor stor betydning har den fysiske størrelse af installationen på dit valg af varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

9. Hvor stor betydning har udseendet på dit valg af varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

10. Hvor stor betydning har virkningsgraden på dit valg af varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

11. Hvad er din generelle holdning til varmepumper?

12. Hvad skal der til før du vil skifte til en varmepumpe?

Varmepumper på abonnement

Nogle firmaer tilbyder kunder muligheden for at købe en varmepumpe på abonnement, dette betyder at kunden slipper for de høje investeringsomkostninger og vedligeholdelse. For kunden betyder dette dog også, at der skal betales en fast månedlig ydelse for abonnementet, en fast ydelse for varmeforbruget pr. kWh og en engangsbetaling ved installationen.

13. Hvad er din holdning til en varmepumpe på abonnement?

14. Ville du foretrække abonnement frem for selv at eje varmepumpen?

Markér kun ét felt.

- Ja
- Nej
- Ved ikke

Fælles varmeløsninger

En fælles varmeløsning indebærer at flere husstande går sammen om en samlet varmeløsning og der dermed laves et ledningsnet imellem de deltagende husstande og en central varme producent, dette kan være fordelagtigt for tætbebyggede områder uden adgang til fjernvarme.

15. Hvor stor er din viden vedrørende fælles varmeløsninger?

Markér kun ét felt.

0	1	2	3	4	5		
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

16. Hvor stor interesse har du i at deltage i en fælles varmeløsning?

Markér kun ét felt.

0	1	2	3	4	5		
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

17. Hvor stor betydning har investeringen i en fælles varmeløsning?

Markér kun ét felt.

0	1	2	3	4	5		
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

18. Hvor stor betydning har varmeprisen på en fælles varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

19. Hvor stor betydning har miljøet på en fælles varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

20. Hvor stor betydning har den ekstra plads i hjemmet ved nedlæggelse af den individuelle varmeløsning?*Markér kun ét felt.*

	0	1	2	3	4	5	
Ved ikke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meget stor

21. Kommentar til fælles varmeløsninger

Din mening!

Vi vil gerne høre din holdning til varmeløsningerne.

22. Hvilken varmeløsning synes du bedst om?

Leveret af

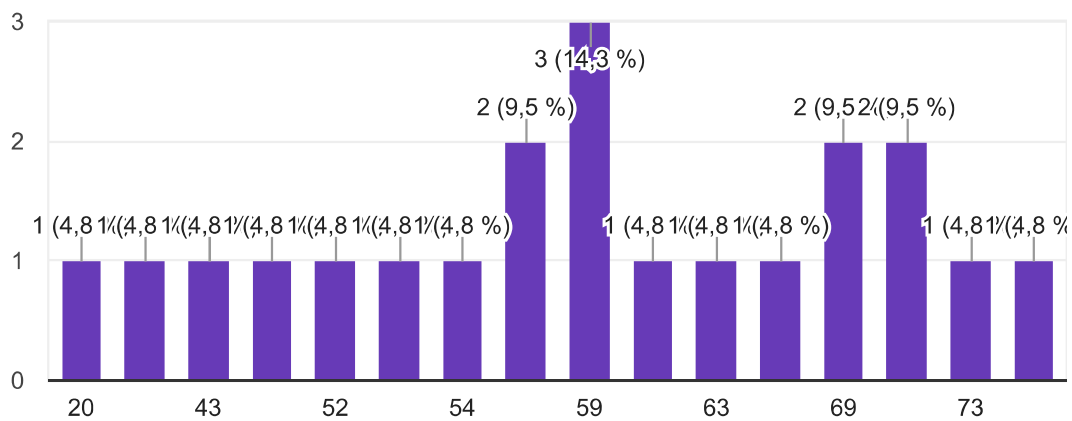


Opvarmning af dit hjem

31 svar

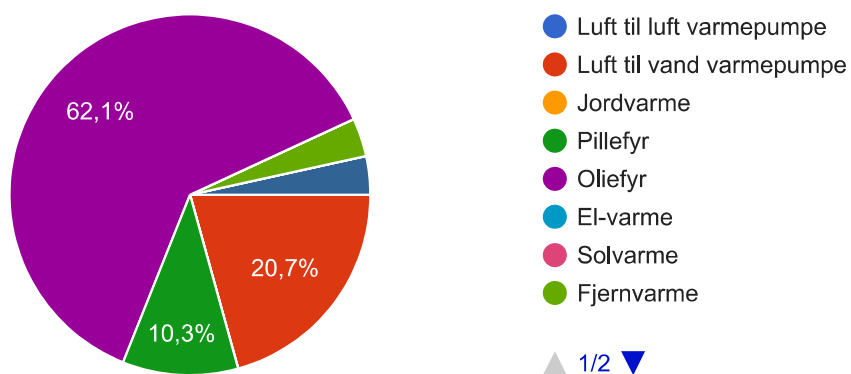
Alder

21 svar



Hvilken varmeløsning benyttes i dit hjem?

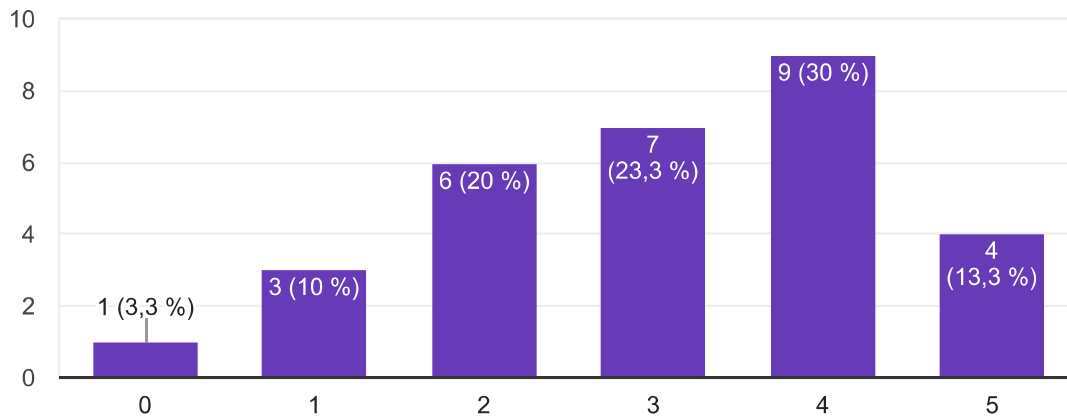
29 svar



Varmeløsninger i hjemmet

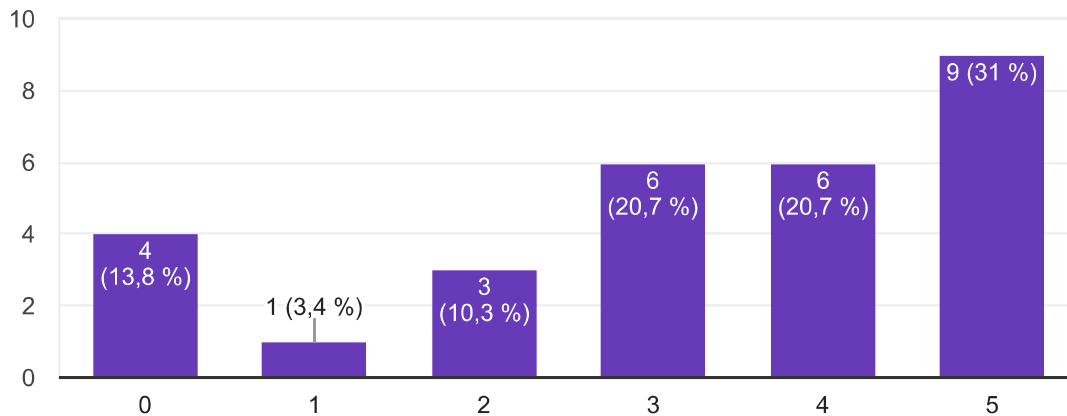
Hvor stor er din viden vedrørende varmepumper?

30 svar



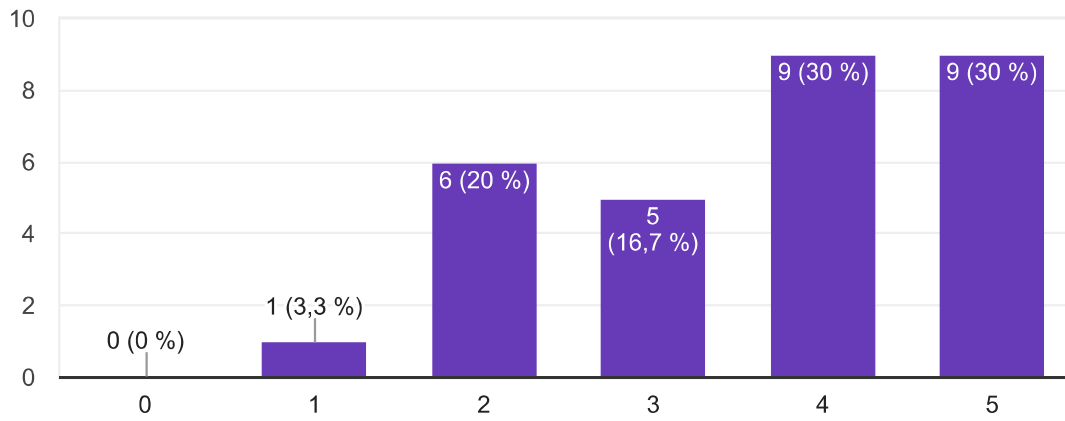
Hvor stor interesse har du for at få installeret en varmepumpe i dit hjem?

29 svar



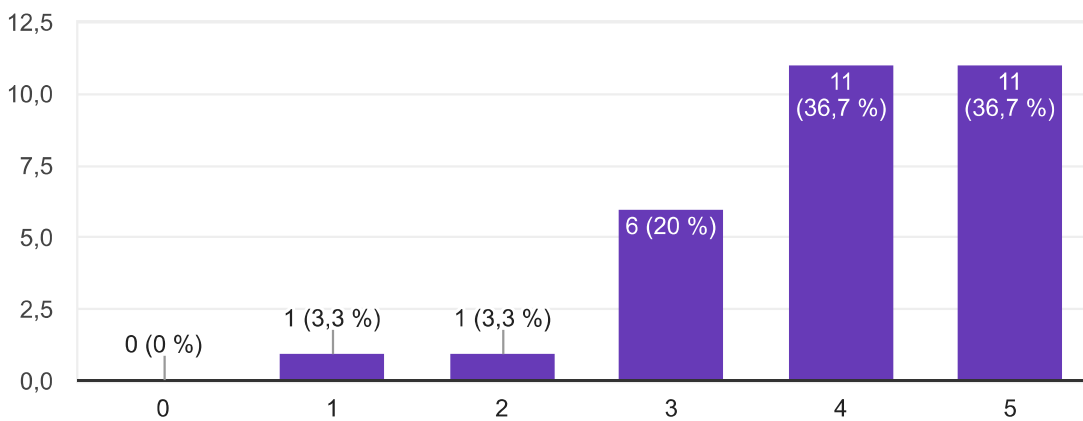
Hvor stor betydning har investeringsomkostningerne på dit valg af varmeløsning?

30 svar



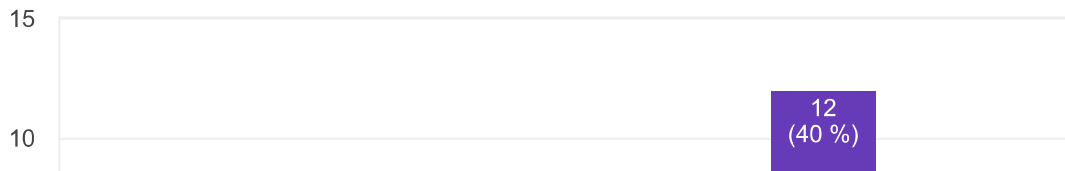
Hvor stor betydning har varmeprisen på dit valg af varmeløsning?

30 svar



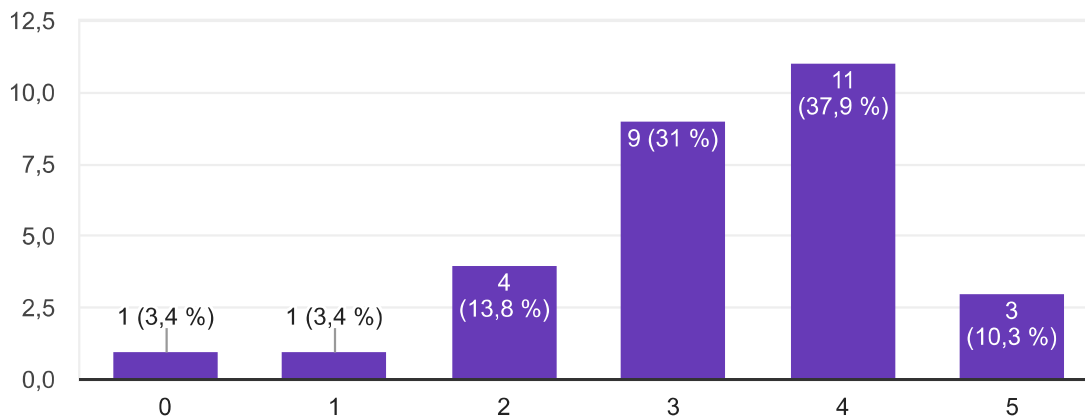
Hvor stor betydning har indvirkningen på miljøet på dit valg af varmeløsning?

30 svar



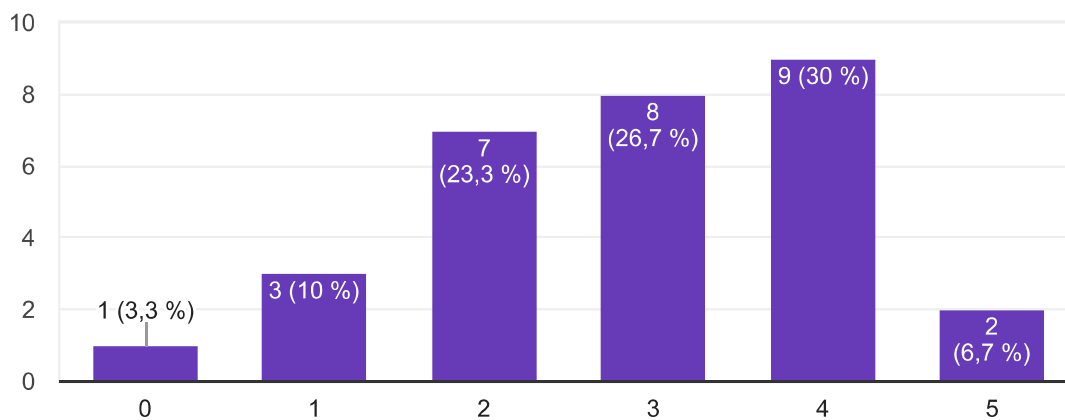
Hvor stor betydning har den fysiske størrelse af installationen på dit valg af varmeløsning?

29 svar



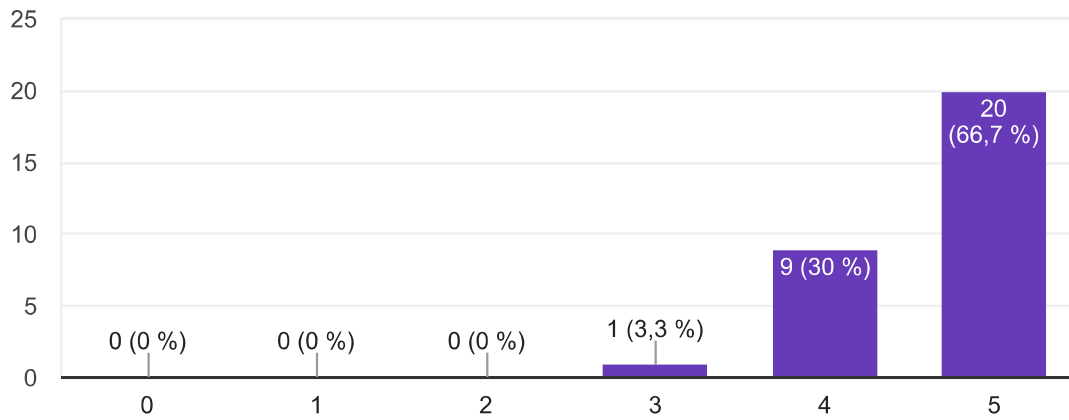
Hvor stor betydning har udseendet på dit valg af varmeløsning?

30 svar



Hvor stor betydning har virkningsgraden på dit valg af varmeløsning?

30 svar



Hvad er din generelle holdning til varmepumper?

26 svar

positiv (3)

Sikkert en fin løsning

det er en god løsning

Et godt produkt/alternativ som der udvikles meget på

Det er fremtidens løsning.

De er okay, men jordvarme ville foretrækkes

de er ok men i ekstrem kulde, kniber det meget

Okay

God, men dyr løsning når det er fra luft til vand.

Jeg har ikke nogen da jeg ikke kender så meget til dem

det er den billigste varmekilde i øjeblikket

Positiv

Meget positiv.

Positiv men ,ed et hus fra 1970 er det ikke optimalt da fremløbstemperaturen er for lav

god ide

Ingen holdning

god

generelt meget positiv, for mig selv aktuelt luft-vand

Jeg kan godt lide opvarmning med varmepumper, fordi de er mere miljøvenlige og bæredygtige.

jeg er interesseret i mere viden

Positivt

Okay.

vi er godt tilfreds med vores varmepumpe

ok

Hvad skal der til før du vil skifte til en varmepumpe?

26 svar

har varmepumpe (2)

Idk

at jeg ikke kan modtage fjernvarme

Indtjeningstiden er fornuftig

Da mit oliefyr kun er 12 år gammelt, og fungerer perfekt med et olieforbrug på under 1000 l om året, så vil der nok gå omkring 15 år inden jeg vil investere i en varmepumpe luft / vand.

ekstra tilskud, da det umiddelbart vil være en stor udgift.

Større motivation, fx øgede olieudgifter eller Lotto-gevinst

Her smider vi ikke noget ud før det er slidt op.

Jeg skal ikke have varmepumpe, det bliver fra brændefyr til pillefyr.

Viden om at det kan varme huset op, at det er billigere end vores nuværende løsning og at det ikke skæmmes huset at få det sat op

Højere oliepris

Har allerede skiftet fra oliefyr til varmepumpe

større fremløbstemperatur og lavere installationspris

Installerer vp primo marts

Ved ikke

har gjort

At virkning ikke er fra reklamer, men for konstaterede resultaterøkonomik

Jeg har lige fået installeret en luft til vand varmepumpe, da oliefyret gik i stykker. Valget på en varmepumpe var nem at tage for mig. Jeg kan godt lide at passe på miljøet i det omfang, jeg som borger kan gøre det.

at jeg kan få varme nok, det er et ælder hus vi har

Har for 5 år siden udskiftet oliefyr til et nyt. Har i 2017 bekostet ny olietank, så der vil gå nogle år før det er interessant at skifte til varmepumpe.

Pillefyr slidt op

vi har skiftet for 3 år siden

mere støjsvage pumper/nye regler for at installere jeg

økonomi

vores hus skal nok være bedre isoleret

Varmepumper på abonnement



Hvad er din holdning til en varmepumpe på abonnement?

23 svar

Vil hellere eje min egen

Jeg vil gerne eje min varmepumpe

Jeg tror det vil være for dyrt.

Det kommer an på prisen og om det på langt sigt vil være en økonomisk fornuftig løsning

Det ved jeg intet om, men det kunne lyde interessant. Prisen mindst 20 % billigere end olie.

pris ?

Ved ikke.

Det kunne jeg ikke tænke mig.

Det kan jeg ikke svare på uden at kende mere til betingelserne i sådan en abonnementsaftale

jeg kan ikke lide abonnement ordninger

Det kommer an på den endelige pris

Ingen interesse

nej tak

Ved ikke

Det er sikkert uøkonomisk men alternativt set i relation til evt. mgl. investeringsevne - en mulighed. Ingen gør noget gratis. Den fattige betaler

Det kan for nogen være en god ide, fordi det er en stor investering med en luft til vand varmepumpe.

interessant

Det afhænger af prisen

Nej

god ide

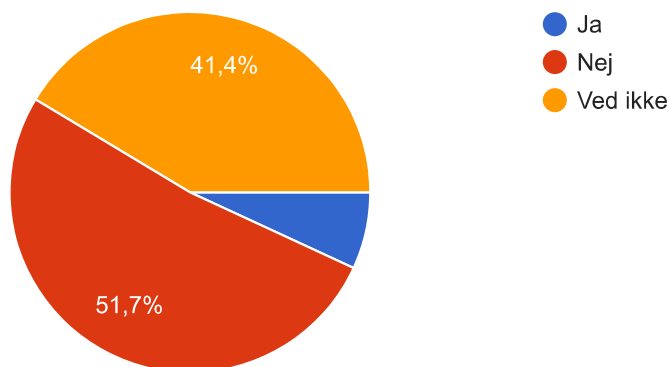
jeg mener, det er en ret dyr løsning

ok

Det lyder som en god løsning, men jeg kan ikke helt huske hvor stor forskel det gør mht prisen

Ville du foretrække abonnement frem for selv at eje varmepumpen?

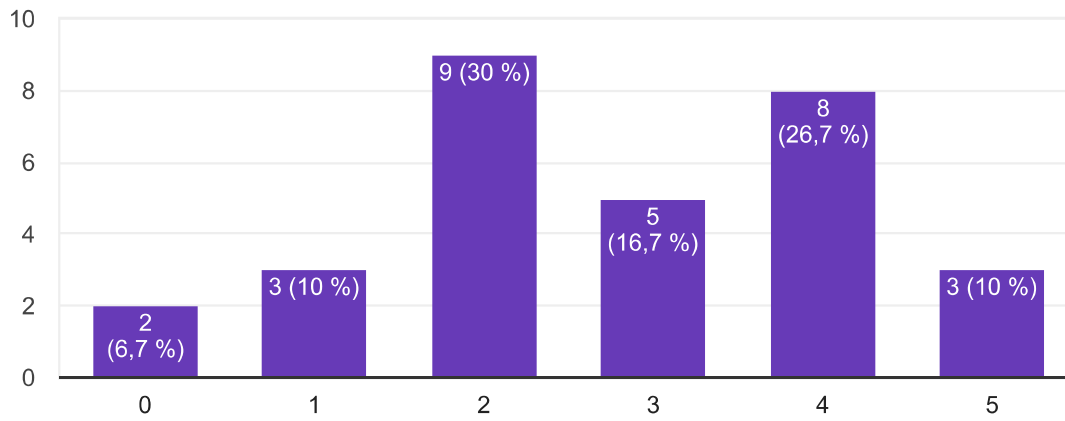
29 svar



Fælles varmeløsninger

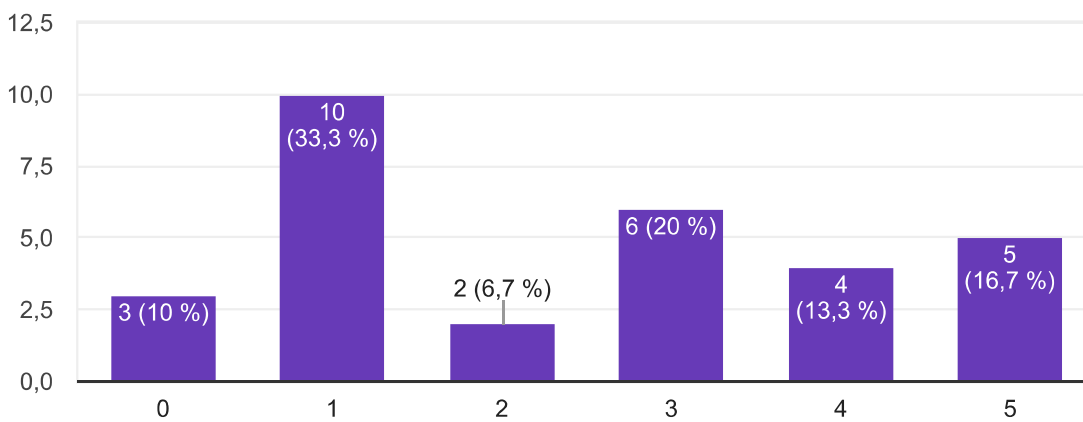
Hvor stor er din viden vedrørende fælles varmeløsninger?

30 svar



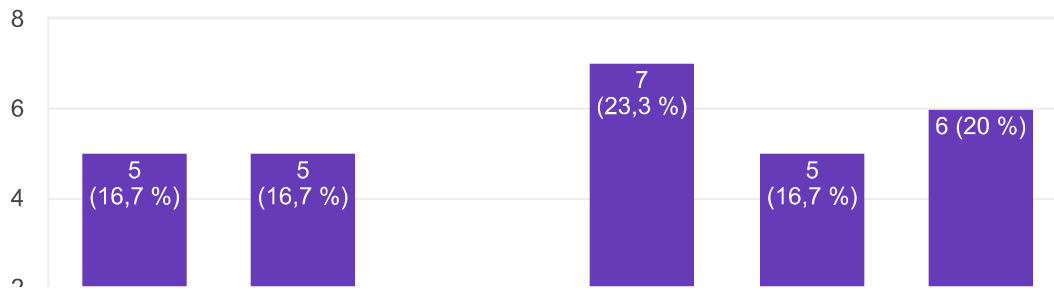
Hvor stor interesse har du i at deltage i en fælles varmeløsning?

30 svar



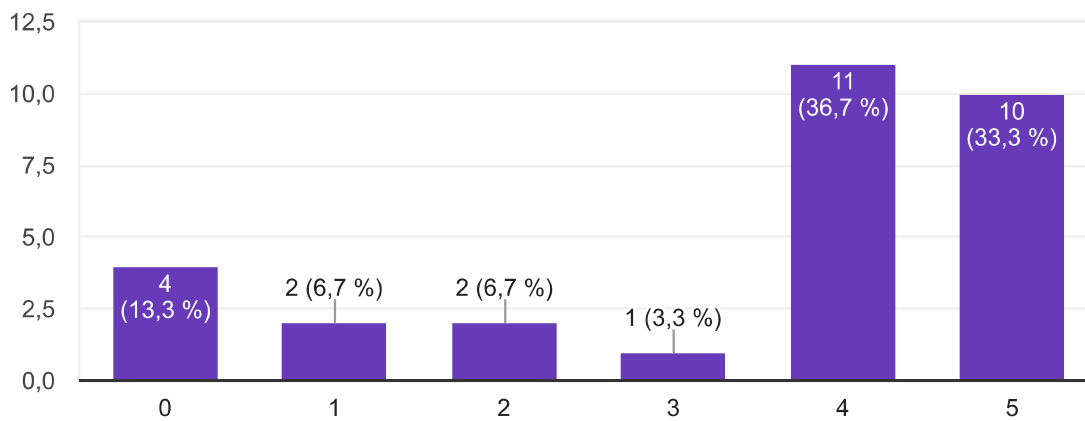
Hvor stor betydning har investeringen i en fælles varmeløsning?

30 svar



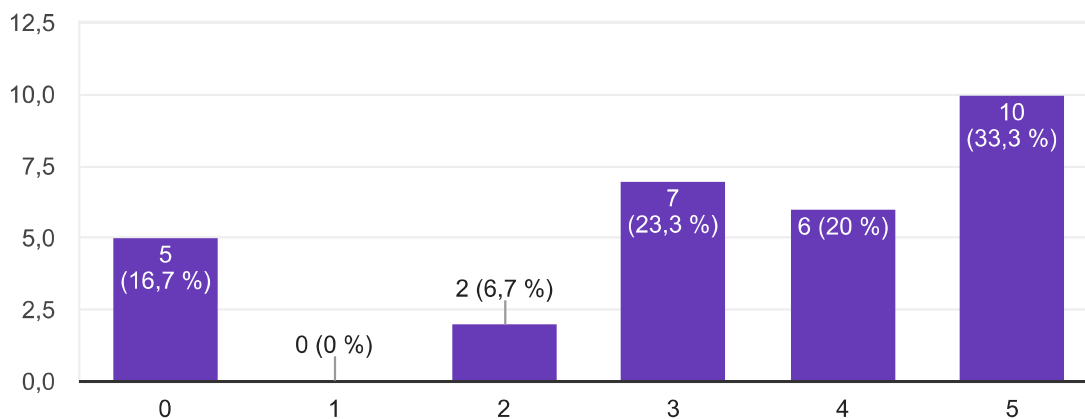
Hvor stor betydning har varmeprisen på en fælles varmeløsning?

30 svar



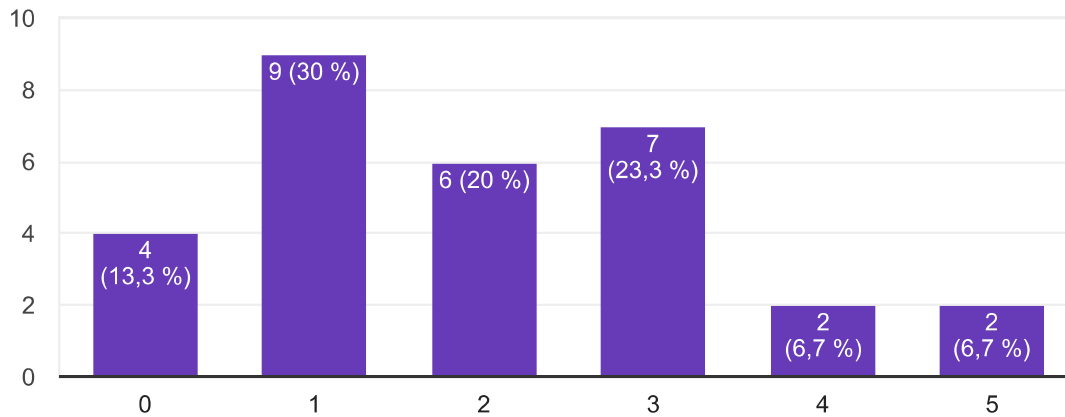
Hvor stor betydning har miljøet på en fælles varmeløsning?

30 svar



Hvor stor betydning har den ekstra plads i hjemmet ved nedlæggelse af den individuelle varmeløsning?

30 svar



Kommentar til fælles varmeløsninger

17 svar

Bor ikke tæt på nogen

Har været forsøgt i vores lokalområde - blev for dyrt

Fælles varmeløsninger hvor en evt. bestyrelse skal stå for driften af f.eks en fliskedel, vil jeg slet ikke tænke på at tilslutte mig.

Risiko for fordyrende forpligtelser taler negativt

Bo ude på landet hvor vi ikke engang har fibernet.

mener ikke en fælles varme løsning er vejen frem når den skal passes af frivillige uden den nødvendige baggrund

Har langt til naboer derfor ingen aktuel løsning her

Ej relevant i midt område

Skal have stor driftsstabilitet

det skal ikke være en fælles forbrænding - men skal baseres på el

Jeg bor på landet, i lille landsby med 10 huse. Jeg er derfor ikke kompetent til at udtale mig

Fælles varmeløsning kan være en god ide for nogen.

Tror mere på varmepumper trods alt, og måske el via tagsten på sigt har ikke muligheden.

da vores varmepumpe er ret ny skifter vi ikke til fælles løsning stor investering/ ikke på frivillig basis/ ingen muligheder

Din mening!

Hvilken varmeløsning synes du bedst om?

28 svar

Jordvarme (3)

Fjernvarme (2)

Varmepumper (2)

Varmepumpe (2)

varmepumpe (2)

Luft til Vand Varmepumpe

I øjeblikket oliefyr,men senere en varmepumpe luft/vand.

solvarme

varmepumper

Eget varmeanlæg, jeg tror vi er få her i området til et fælles varmeanlæg.

Den billigste og mest miljøvenlige.....

varmepumpe luft til vand

Den billigste og bedste for klimaet

fælle el eller bio energi

Varmepumpeløsninger.

skulle vi starte fra år 0 - så varmepumpe

varmepumpe, solvarme, elvarme.

Luft til vand

hvis det havde været muligt med fælles fjernvarme ville det have været fint.

klyngevarme med nabo om varmepumpe/ andelsbolig

luft-vand varmepumper

Jeg ved ikke nok om det til at udtale om en fælles eller privat løsning er det bedste.

Dette indhold er hverken oprettet eller godkendt af Google. Rapportér misbrug - Servicevilkår - Yderligere vilkår

Google Analyse