

Varmepumper på returvarme

Analyse af varmepumpe til varmforsyning
med fjernvarmereturen som varmekilde



Version:
Projekttitel:
Projekt nr.:

Slutrapport 2016
Analyse af varmepumpe til varmforsyning med fjernvarmeretu-
ren som varmekilde
PSO 346-047



Indsatsområde:
Køle- og VP anlæg til bygningskomfort.

Forord

Projektet ” Analyse af varmepumpe til varmforsyning med fjernvarmereturen som varmekilde” er et udviklingsprojekt støttet af Dansk Energi gennem forskningsprogrammet ELFROSK. Projektet er gennemført af følgende organisationer og producenter med AAEN Rådgivende Ingeniører A/S som projektleder.

Projektdeltagere AAEN Rådgivende Ingeniører A/S
Aars Fjernvarme A.m.b.a.
Dansk Varmepumpe Industri A/S
Næstved Varmeværk A.m.b.a.
Skanderborg-Hørning Fjernvarme A.m.b.a.
Odder Varmeværk A.m.b.a.
Oksbøl Varmeværk A.m.b.a.

Projekt nr. 346-047
Indsatsområde 4b: Køle – og VP til bygninger
Projekttype Pilotprojekt
Projektperiode Januar 2014 – Juni 2016

Nærværende rapport er en sammenfatning af resultaterne for projektet.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	4
1.1. Projektets baggrund	4
1.2. Redegørelse af problem.....	4
1.3. Projektets formål	5
1.4. Projektafgrænsning	6
2. Beskrivelse af teknologien	7
2.1. Anlægsbeskrivelse	7
2.2. Anvendelsesmuligheder og begrænsninger	7
3. Teknologiens anvendelse	8
3.1. Varmepumpe på returvarme og traditionel fjernvarme	8
3.2. Styring af varmepumpeanlæg efter vindmøllernes el-produktion.....	11
3.3. Varmepumpe på returvarme og jordvarmeanlæg	12
3.4. Ny udstykningsområde eller satellitby	14
3.5. Lavenergiområder.....	16
4. Varmepumpeinstallation hos Aars Golfklub	17
4.1. Varmepumpeanlæggets størrelse	18
4.2. Aars Fjernvarme – varmeanlæg.....	19
4.2.1. Røggaskondensatoren	20
4.2.2. Hornum transmissionsledning.....	23
4.2.2.1. Temperaturen i returledningen efter første tilslutning:	23
5. Anlægsdrift og driftsdata	25
5.1. Ind- og udløbstemperaturer	25
5.2. Analyse af varmepumpens COP-værdi	26
5.3. Forbedring af Aars Fjernvarmes varmeanlæg	27
6. Konklusion	28
6.1. Anlæggets dimension og drift.....	28
6.2. Projektets delmål.....	29
6.3. Indvirkning på røggaskondensering.....	29
6.4. Indvirkning på transmission og distributionsledninger	29
6.5. Teknologiens konkurrencedygtighed	30
6.6. Perspektivering	30

Bilag

Bilag 1	Brugerøkonomiberegning – Traditionel fjernvarme contra varmepumpe på returvarme
Bilag 2	Brugerøkonomiberegning – Jordvarmeanlæg contra varmepumpe på returvarme
Bilag 3	Temperaturtab i Hornum transmissionsledningen
Bilag 4	Aflæsninger af varmepumpe el- og varmeforbrug

1. Indledning

1.1. Projektets baggrund

I den danske regerings energiplan for 2012-2020¹ er vindkraft en central energiresource i fremtidens energiforsyning. Målene for vindenergi frem mod 2020 er, at udbygge kapaciteten med 1.000 MW havmøller og 500 MW kystnære havmøller. Samtidig forventes opført nye landmøller med en samlet kapacitet på 1.800 MW til afløsning af de ældre landvindmøller. I 2014 blev over 39% af det danske elforbrug dækket af vindenergi, mens i 2015 leverede vindmøllerne hele 42,1% af danskernes elforbrug².

Energieffektivisering, både i forsyningen og ved besparelse, er et andet element, der bliver satset stort på i energiaftalen. Dette går ikke helt i tråd med, at udvidelsen af vindkraftkapaciteten forventes at resultere i øget kritisk el-overløb, hvorfor der skal findes en løsning herfor.

Fjernvarme er den mest populære og udbredte form for opvarmning af bygningerne i Danmark. Hele 63% af boligmassen bliver i dag opvarmet med fjernvarme og der er en voksende interesse for fjernvarme blandt befolkningen og på samfundsmæssig plan. Udfasning af olie- og gasfyr i bygninger kan også være med til, at flere og flere forbrugere vil blive konverteret til fjernvarme i de kommende år. Allerede i 2013 blev der indført et stop for installation af olie- og naturgasfyr i nye bygninger, og i områder med fjernvarme vil det fra 2016 ikke være tilladt, at installere olie- eller naturgasfyr i eksisterende bygninger.

Det er dog ikke uden udfordringer at udbrede fjernvarme. Bl.a. har varmetætheden (afstanden mellem varmetaftagere) og fjernvarmesystemets bestående ledningskapacitet stor betydning for, hvor og i hvilket omfang fjernvarme kan udbredes.

Ovenstående udfordringer med el-overløb og fjernvarme udbredelse kan imødegås gennem etablering af varmepumper på retursiden af fjernvarmesystemet.

Nærværende pilotprojekt handler om energieffektivisering af fjernvarmeværket og el-nettet ved implementering af en større el-mængde i fjernvarmesystemet.

1.2. Redegørelse af problem

Varmetab i fjernvarmenettet er fjernvarmens primære udfordring iht. rentabilitet og konkurrenceevne. I tilgift hertil vil en faldende elpris, som følge af forøgelsen af vindkapaciteten, udfordre fjernvarmen samfundsøkonomisk.

En stigende el-produktion fra vindmøllerne påvirker især den decentrale kraftvarmesektor, hvor færre værker producerer kraftvarme, pga. den lave elpris. Reduktionen af den decentrale kraftvarmesektor belaster forsyningssikkerheden i el-systemet.

Der er udbredt interesse for at understøtte en fjernvarmesektor, der giver driftssikkerhed i det samlede energisystem for både el og varme, samt leverer en komfortabel og sikker energiløsning til befolkningen, som er med til at holde energiforbruget i ro. Men et konkurrencedygtigt fjernvarmesystem i fremtiden kræver effektivisering og besparelse.

¹ Aftale mellem da siddende regeringen (S, R, SF) og V, DF, Enhedslisten og K om den danske energipolitik 2012-2020, den 22. marts 2012 http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energi-politik/politiske-aftaler-paa-energiomraadet/energi-aftalen-22-marts-2012/Aftale_22-03-2012_FINAL_ren.doc.pdf

² Energinet: "Vindmøller slog rekord i 2014, den 06. januar 2015"

<http://energinet.dk/DA/El/Nyheder/Sider/Vindmoeller-slog-rekord-i-2014.aspx>

Berlingske: "Danmarks vindmøller sætter ny verdensrekord i 2015" af Ritzau, den 15. januar 2016

<http://www.b.dk/nationalt/danmarks-vindmoeller-saetter-ny-verdensrekord-i-2015>

Ledningstabet ved flere decentrale varmeværker er i dag på 30 % - 40 %. Ifølge en opgørelse fra Dansk Fjernvarme, som Energistyrelsen har bearbejdet, har 33 % af fjernvarmeværkerne et tab større end 20 %, mens 3 % har af dem har et tab på over 30 %³. Når en større andel af værkets varmeproduktion går til spilde, vil det medføre et større driftsudgift til varmeværket, hvilket igen medfører højere varmepriiser og større varmeregninger for forbrugerne. På samfundsmæssigt niveau betyder ledningstab bl.a. et ressourcospild og mere forurening af miljøet.

Høje temperaturer i ledningsnettet og lav varmetæthed forårsager stor ledningstab. Man kan ikke ændre på varmetætheden, men spørgsmålet er, om det er nødvendigt, at cirkulere med så høje temperaturer.

Bygninger, der bliver bygget efter de nye krav fra bygningsreglementet, er så tætte og velisolerede, at varmebehovet for rumopvarmning er reduceret markant. Til rumopvarmning vil disse bygninger kunne klare sig med meget lavere fremløbstemperatur end den, som mange fjernvarmeværker kører med i dag.

Derudover arbejder mange fjernvarmeværker på, at reducere returtemperaturen i fjernvarmenettet. Returtemperaturen er et udtryk for energieffektiviteten hos fjernvarme kunden. Returtemperaturen har derudover også betydning for energieffektiviteten hos på kraftvarmeværker, da retur-vandet bl.a. anvendes til afkøling af røggassen i en kondenserende kedel, jo lavere returtemperatur jo mere energi er der at hente i røggassen.

Temperaturen i returledningen har en så stor betydning for kondensatoreffekten, at der er kraftvarmeværker, som anvender varmepumpe kun med det formål, at opnå en koldere retur og på den måde udnytte den mulige større mængde energi i røggassen. Ved indhentelse af en større andel varme i røggassen reduceres behovet for varmeproduktion på værkets varmeanlæg og værket kan dermed opnå en besparelse i driftsudgifterne.

1.3. Projektets formål

Formålet med dette projekt er at undersøge en mulig løsning på problematikken omkring el-overløb i el-nettet, samt ledningstab og høj returtemperatur i fjernvarmenettet ved at udnytte sammenspillet mellem fjernvarmen og elsektoren med varmepumper som bindeled.

Det gøres ved at udnytte lavenergivarmeren i fjernvarmens returledning og individuelle kompressions varmepumper. Hermed er formålet, at redegøre for varmepumpers anvendelsesmuligheder for at mindske tabet i transmissions- og distributionsledningen, samt forbedre energiudnyttelse af kraftvarmeværkets producerede energi og herved også forbedre nyttevirkningen af kraftvarmeværket.

Samtidig er projektets formål, at redegøre for i hvilken situation, det er rentabel både for varmeværket og forbrugeren, at anvende varmepumpe på returvarmen til varmeforsyning af nye forbrugere. Herved kan energiudnyttelsen af den producerede energi forbedres, da større mængde af varmeproduktionen kan anvendes uden ledningsnettets kapacitet øges. Herved er det også muligt, at etablerer en kollektiv varmeforsyning af nye forbrugere, der udnytter sammenspillet mellem fjernvarme og elmarkedet.

Projektets delformål er at eftervise, om anvendelsen af returvarmen medfører lavere returtemperatur og dermed forbedres virkningsgraden af kraftvarmeværket, ved at opnå større varmeoverførsel i den kondenserende kedel på kraftvarmeværket.

På baggrund af de præsenterede problemstillinger, skal forskellige løsninger analyseres. Hermed kan der redegøres for, i hvilke situationer det kan være fordelagtigt at anvende teknologien, samt hvilke energieffektiviseringer der opnås herved.

³ Ingeniøren: "Dansk Energi: Nettet vil give alt for høje fjernvarmeregninger" af Sanne Wittrup, den 07. august 2013 <http://ing.dk/artikel/dansk-energi-nettab-vil-give-alt-hoeje-fjernvarmeregninger-160760>

Første arbejdsopgave i projektet omfatter analyse og redegørelse for de teoretiske anvendelsesmuligheder af teknologien og den potentielle forbedring heraf. Redegørelsen eftervises gennem et pilotprojekt, der omfatter etablering af et varmepumpeanlæg med fjernvarmereturen som varmekilde til varmeforsyning af Aars Golfklub.

Hertil er næste arbejdsopgave driftsoptimering af installationen, hvor praktiske driftserfaringer af teknologiens indflydelse på ledningsnettet og kraftvarmeværkets produktion skal identificeres. Samtidig skal der redegøres for følsomheden af teknologien, ved at analysere måledata fra forskellige driftssituationer, afhængig af sæson, varmebehov og kraftvarmeværkets drift.

Efter at teknologiens drift er optimeret, kan modeller og værktøj verificeres, ved at sammenholde resultater fra forskellige driftssituationer. Det giver muligheden for, at skabe viden om hvornår teknologien kan anvendes og bliver fordelagtigt for kraftvarmeværker, såvel som forbrugere.

Til slut redegøres der for begrænsninger og muligheder for anvendelse af teknologien i fjernvarmens distributionsnet, samt hvilken indflydelse det kan have på anvendelsen af den stigende mængde producerede el fra vindmøller.

1.4. Projektafgrænsning

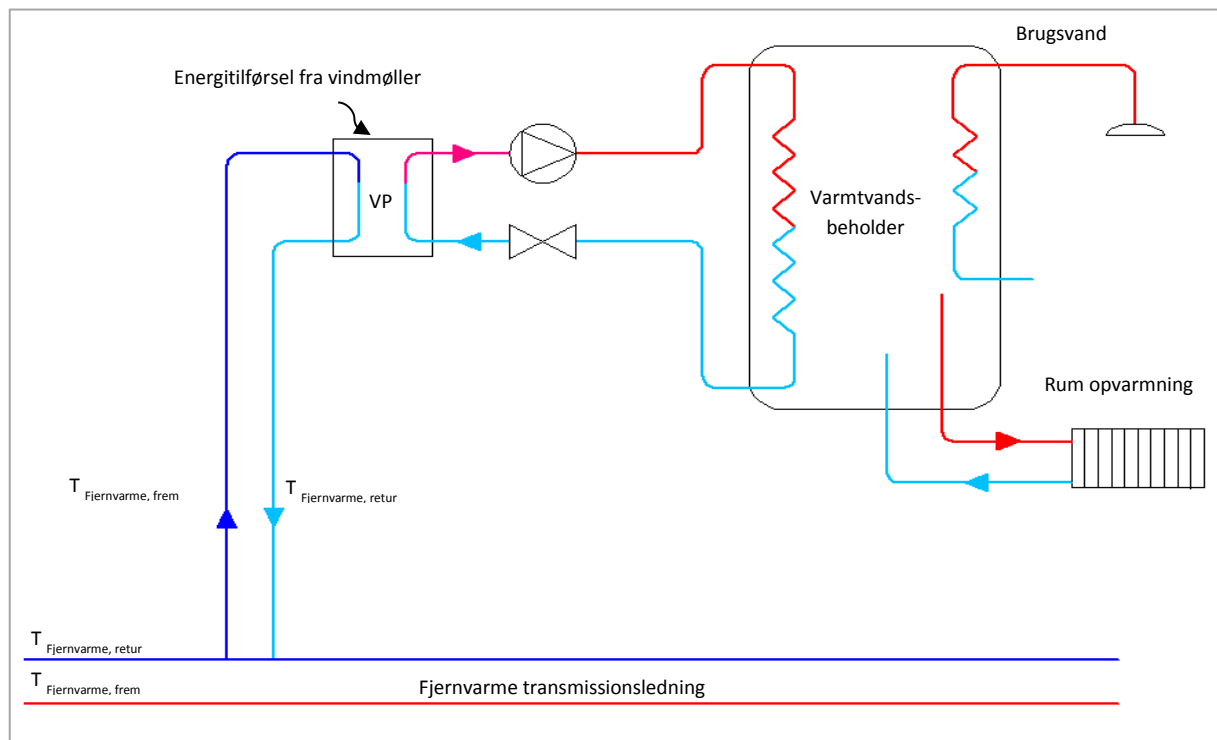
Da pilotprojektet kun omfatter en mindre institution, vil det ikke være muligt at eftervise dens virkning på kraftvarmeanlægget, ligesom det vil være svært at eftervise en betydelig reduktionen af returtemperaturen i transmissionsledningen. I stedet vil pilotprojektets resultater ekspanderes, for at sandsynliggøre løsningsindvirkningen i større kontekst.

2. Beskrivelse af teknologien

Projektet omfatter anvendelsen af varmepumper til fjernvarmeforsyning, med fjernvarmereturen som varmekilde. Projektet fokuserer dermed på udnyttelse af den overskydende energi i returledningen, som ikke bliver udnyttet hos de allerede tilsluttede forbrugere. Den overskydende energi anvendes i projektet til forsyning af nye forbrugere, som tilkøbes den kollektive varmeforsyning. Herved kan varmepumper anvendes til, at opnå bedre energiudnyttelse og derved sikre en lavere returtemperatur til varmeværket.

2.1. Anlægsbeskrivelse

Ved at sende returvandet i en transmissionsledning gennem en kompressions varmepumpe, overføres det mulige tilgængelige energi i returvandet til kølemidlet i varmepumpen og det afkølede vand ledes retur i transmissionsledningens returledning til varmeværket. Kompressoren i varmepumpen hæver kølemidlets tryk, og temperaturen vil dermed stige. Det komprimerede og varme kølemiddel gennemløber anlæggets overhedningsfjerner der herefter opvarmer varmebeholderens øvre halvdel. Kølemidlet kondenserer og afgiver sin energi til centralvarmevandet, som cirkulerer gennem den nederste del af varmebeholderen.



Figur 2.1.0; Skitsering af teknologien.

Teknologien, som udnytter sammenspillet mellem fjernvarmen og elsektoren, i form af varmepumper på returvarme, kan medføre:

- Bedre udnyttelse af den producerede varme
- Reduceret varmetab i transmissions- og distributionsledningen
- Lavere returtemperaturen til kraftvarmeværket
- Forbedring af kraftvarmeværkets effektivitet
- Øget implementeringen af el i fjernvarmesektoren

Hvis teknologien anvendes til forsyning af flere huse, vil temperaturen i ledningen reduceres mærkbart, og den kondenserende kedel på kraftvarmeværket vil udvinde mere energi ud af røggassen.

2.2. Anvendelsesmuligheder og begrænsninger

Varmepumpe på returvarme kan teoretisk set anvendes til fjernvarmeforsyning af både nye og eksisterende forbrugere.

Hos en eksisterende forbruger er der dog nogle begrænsninger med hensyn til planlægning og økonomi, da de allerede har investeret i et varmeanlæg og etableret stikledningerne med tilslutning til fjernvarmenettets frem- og returløb. For en eksisterende forbruger kan teknologien med fordel anvendes i forbindelse med reovering af stikledninger og udskiftning af varmeanlæg.

Anvendelse af varmepumper til varmeforsyning med fjernvarmereturen som varmekilde har stor potentiale til forsyning af nye forbrugere, hvilket er listet i de følgende afsnit.

3. Teknologiens anvendelse

I dag er de fleste husstande langs fjernvarmens forsyningsnet allerede tilsluttet fjernvarmen. De bygninger, som stadigvæk har individuelle varmeløsninger baseret på fossile brændsler, vil i fremtiden være nødt til at konverteres til fjernvarme, med mindre de vil investere i individuelle vedvarende teknologier såsom jordvarme, solvarme mm.

Men når en ny forbruger, herunder specielt forbrugere med et større energibehov, ønsker at blive tilsluttet fjernvarme gennem en eksisterende forsyningsledning, kan det i nogle situationer ikke lade sig gøre pga. ledningskapaciteten. I sådanne tilfælde er en løsning med varmepumpe på returvarme en alternativ løsning. Der er derfor nærliggende at sammenligne dette alternativ med traditionelt fjernvarme.

Forbrugeren kan også vælge at investere i en ny individuel varmeløsning. I disse tilfælde vil der typisk være tale om et jordvarmeanlæg, da dette har en kontinuerlig varmeproduktion (modsat f.eks. solvarme) og ingen røggasemissioner og brændselshåndtering (som f.eks. et biomasse kedelanlæg). Der er derfor nærliggende at sammenligne dette alternativ med et traditionelt jordvarmeanlæg.

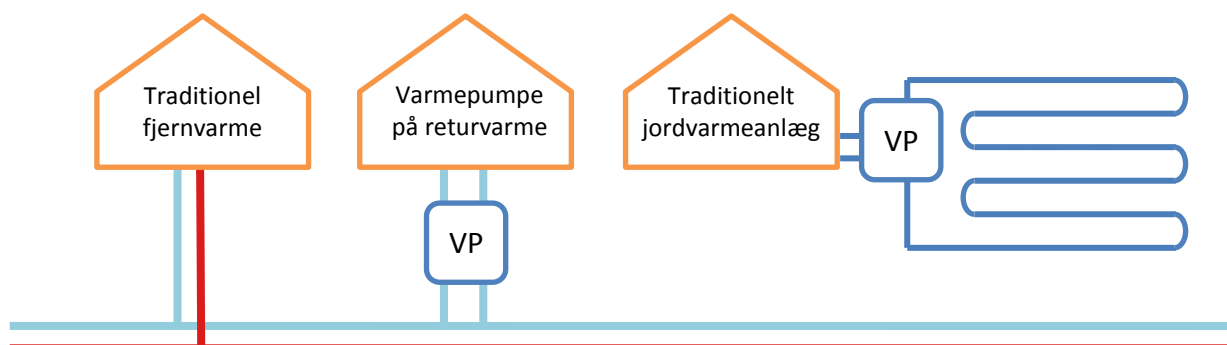


Illustration 3.0; Varmepumpeanlægget på returvarme sammenlignes med to referencer; traditionel fjernvarme og et traditionelt jordvarmeanlæg.

Sidst kunne man også opstille en situation for en klynge af huse eller en satellitby, der ligger op til en fjernvarmetransmissionsledning, der ønsker at komme på fjernvarmen. Hvis man antager at kapaciteten af fjernvarmefremløbet er 100 % anvendt i spidslast, er det her et spørgsmål om, at undersøge, hvilken energimængde, man potentielt set kan trække ud af transmissionsledningens returvarme ved hjælp af en varmepumpe løsning.

3.1. Varmepumpe på returvarme og traditionel fjernvarme

Sammenlignet med traditionelt fjernvarme, der typisk består af en stikledning og en vekslerstation, har løsningen med varmepumpe på returvarme både en større investeringsomkostning i form af varmepumpeanlægget og en ekstra driftsomkostning i form af elforbrug til driften af varmepumpen. Driftsøkonomien for det samlede energisystem skal derfor være god, for at kunne konkurrere med traditionel fjernvarme.

Der er flere muligheder for hvorledes drifts- og investeringsøkonomien kan stykkes sammen. F.eks. kan investeringen i anlægget og driften af varmepumpen ligges hos forbrugeren, ligesom fjernvarmebrugere ofte betaler for stikledningen og vekslerstationen ved traditionel fjernvarmetilkobling. Alter-

nativ kan investering i anlægget foretages af varmekærket, mens anlægsdriften af forbrugeren. I begge tilfælde skal forbrugeren betale en reduceret varmepris sammenlignet med traditionel fjernvarme, for at økonomien kan hænge sammen. En tredje løsning kunne være, at lade varmekærket bære hele anlægsinvesteringen og driftsomkostningen, mod at forbrugeren betaler samme varmepris som varmekærets øvrige forbrugere. Uanset hvilken model der stykkes sammen, er det nødvendigt at afdække, hvilken værdi returvarme skal have, for at der er balance i virksomheds- og brugerøkonomien.

Der er taget udgangspunkt i Aars Fjernvarmes varmepriser, faste bidrag og tilslutningsbidrag fra 2014. Aars Fjernvarme er projektdeltager og derudover vært for pilotprojektet.

Referencen: Traditionel Fjernvarme – standard hus					Kr./år ekskl. moms
Varmekøb	18,1	MWh	350	kr./MWh	6.324,50
Fast bidrag	130	m ²	15	kr./m ²	1.950,00
Målerleje	1	stk.	500	kr./stk.	500,00
D&V husinstallation			200	kr.	200,00
Årlig variabel udgift				Kr.	8.974,50
Tilslutningsbidrag	100	kr.m ²	13.000	kr.	
Stikledning (20 m á 700 kr./m)	700	kr./m	14.000	kr.	
Husinstallation (veksler inkl. montering)	18.000	kr.	18.000	kr.	
Total ekskl. moms			45.000	kr.	
Finansiering, annuitetsydelse	Kurs 100	5 %	12 år	Kr.	5.077,14
I alt, årlig varmeudgift				Kr.	14.051,64

Tabel 3.1.0; Årlig varmeudgift for et standardhus på 130 m² med et årligt varmebehov på 18,1 MWh, tilsluttet fjernvarmen på traditionelvis.

Alternativ: Varmepumpe på returvarme - standard hus (uændret varmepris)					Kr./år ekskl. moms
Varmekøb	14,5	MWh	350	kr./MWh	5.059,60
Fast bidrag	130	m ²	15	kr./m ²	1.950,00
Målerleje	1	stk.	500	kr./stk.	500,00
Elforbrug (COP-værdi = 5)	3,6	MWh	1.200	kr./MWh	4.336,80
Reduceret elafgift	3,6	MWh	-502	Kr./MWh	-1.814,23
D&V varmepumpeanlæg			1.500	kr.	1.500,00
Årlig variable udgift				Kr.	11.532,17
Tilslutningsbidrag	100	kr.m ²	13.000	kr.	
Stikledning (20 m á 700 kr./m)	700	kr./m	14.000	kr.	
Husinstallation (VP anlæg inkl. montering)	30.000	kr.	30.000	kr.	
Total ekskl. moms			57.000	kr.	
Finansiering, annuitetsydelse	Kurs 100	5 %	12 år	Kr.	6.431,05
I alt, årlig varmeudgift				Kr.	17.963,22

Tabel 3.1.1; Årlig varmeudgift for et standardhus på 130 m² med et årligt varmebehov på 18,1 MWh, tilsluttet et varmepumpeanlæg på returvarme med fuld varmepris. Med en COP- værdi på 5 reduceres varmekøbet med 3,6 MWh, der leveres fra el-nettet. Der skal derfor kun købes 14,5 MWh varme i alternativet.

Tekniske forudsætninger:

- Der tages udgangspunkt i et standardhus på 130 m²
- Med et årligt varmebehov på 18,1 MWh
- Varmepumpens COP-værdi på returvarme er sat til 5

Økonomiske forudsætninger;

- Investering i en varmepumpe inkl. varmvandsbeholder og montering er prissat til 30.000 kr. ekskl. moms.
- Investeringen i en standard varmeveksler inkl. montering er sat til 18.000 kr. ekskl. moms.
- Elprisen er sat til 1,2 kr./kWh, og der er regnet med en reduceret elafgift på 0,502 kr./kWh.
- Tilbagebetalingstiden er 12 år for forbruger investeringer og 20 år for forsyningselskabsinvesteringer.

Ovenstående tabeller viser den årlige varmeudgift for en standard bolig for hhv. referencen med traditionel fjernvarme (tabel 3.1.0) og for alternativet med varmepumpeanlæg på returvarme (tabel 3.1.1). I tabellen for alternativet er priserne uændret i forhold til traditionel fjernvarme, dvs. varmekøb, fast bidrag og målerleje er det samme, som for normal fjernvarme og tilslutningsbidraget og investeringen i stikledning er ligeledes uændret.

Alternativet har en højere årlig variable udgift end traditionel fjernvarme, for selvom varmepumpens COP-værdi er med til at reducerer husstandens varmekøb (med 3,6 MWh), så er prisen på den el som fjernvarmen erstattes med væsentligt højere end varmeprisen. Hertil komme antagelsen om højere drift- og vedligeholdelses udgifter på varmepumpeanlægget. Sidst med ikke mindst er investeringen i varmepumpeanlægget også højere end for et traditionelt veksleranlæg. Det fremgår tydeligt af tabellerne, at et varmepumpeanlæg på returvarme ikke er konkurrencedygtigt under disse forhold.

Hvornår bliver varmepumpeanlægget på returvarme så potentielt set konkurrencedygtigt? Det nedenstående diagram viser en opstilling, hvor varmeprisen, det faste bidrag og tilslutningsbidraget gradvist reduceres i forhold til traditionel fjernvarme.

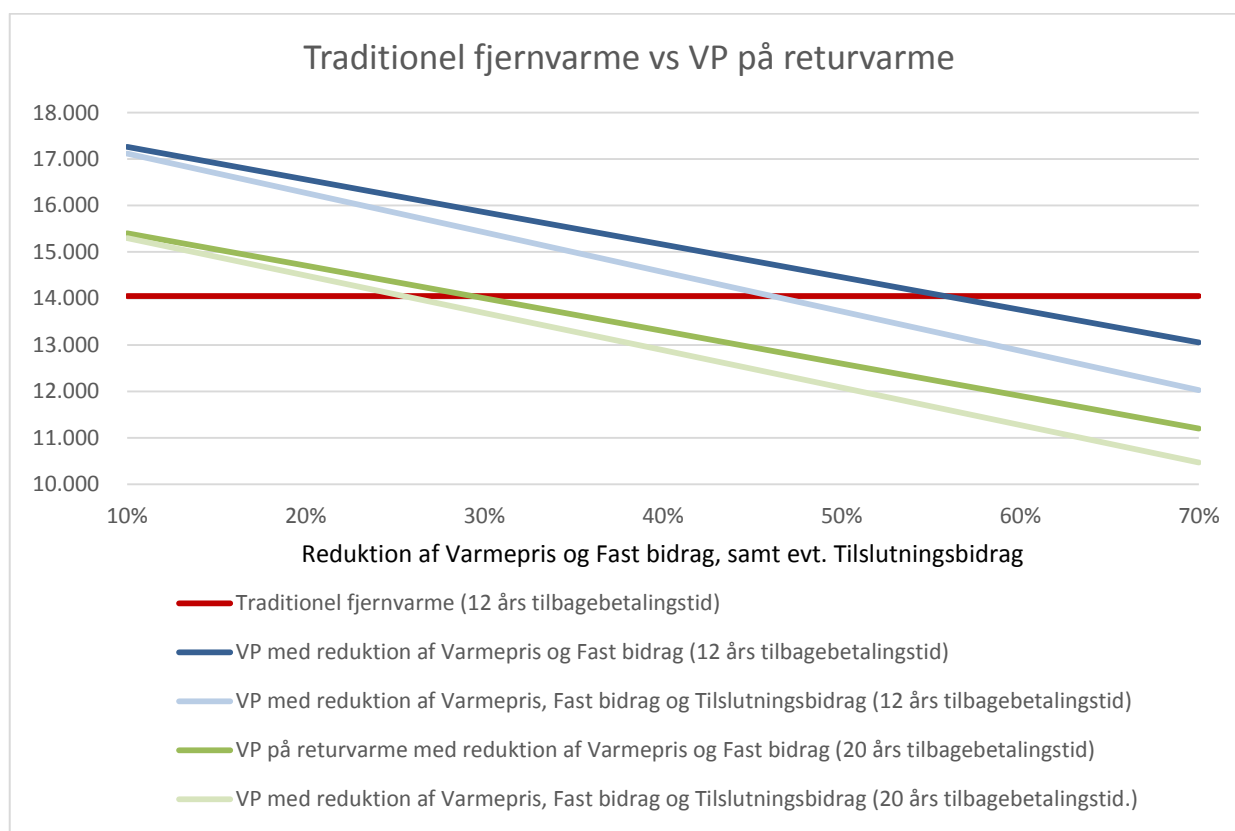


Diagram 3.1.2; Årlige varmeudgifter for traditionel fjernvarme, stillet op mod et varmepumpeanlæg på returvarme under forskellige prisreduktionsmodeller.

Som det fremgår af ovenstående diagram skal prisen på returvarme ligge væsentligt under prisen på fremløbsvarme før alternativet med varmepumpen på returvarme er konkurrencedygtigt med traditionel fjernvarme under de opstillede forudsætninger. Det fremgår også heraf, at det ikke er tilstrække-

ligt kun at sænke varmeprisen på returvarme. Det faste bidrag skal også berøres og eventuelt også tilslutningsbidraget.

Bibeholdes tilslutningsbidraget skal varmeprisen og det faste bidrag reduceres med ca. 57 % før alternativet er konkurrencedygtigt (mørkeblå kurve). Reduceres tilslutningsbidraget sammen med de variable udgifter skal priserne reduceres med ca. 48 % i forhold til reference situationen (lyseblå kurve).

Sammenstill vi de variable udgifter (Varmekøb + Fast bidrag) for referencen og alternativet, så skal prisen for disse ydelser nedjusteres med 36,5 % før de variable udgifter for alternativet svare til de variable udgifter på 8.974,50 kr. pr år som den traditionelle fjernvarme koster jf. tabel 3.1.0.

Ydelsen for den årlige varmeudgift er følsom over for tilbagebetalingstiden på investeringerne. Ser vi på en situation, hvor varmekædet investerer i varmepumpeanlæg mv. kunne vi antage en længere tilbagebetalingstid. Forlænges tilbagebetalingstiden til 20 år, vil forbrugers ydelse kunne sidestilles med traditionel fjernvarme ved returvarmepris og et fast bidrag, der er reduceret med 29 % af reference situationen (mørkegrøn kurve). Inddrages også tilslutningsbidraget ligger prisreduktionen på omkr. 25 % af traditionel fjernvarme (lysegrøn kurve).

Hvilke prisparametre man kunne ønske at justerer på, er fuldstændigt op til det enkelte varmekædet. Konklusionen for dette afsnit er, at en prisjustering skal finde sted, hvis alternativet med varmepumpeanlægget på returvarme skal sidestilles med traditionel fjernvarme.

I beregningerne er der regnet med en reduktion på elafgiften på 502 kr./MWh for husstande, som har elvarme, varmepumpe eller jordvarme som hovedvarmekilde til opvarmning. Ændres reglerne omkring reduktionen og fjernes f.eks. afgiftsreduktionen helt, bliver varmepumpeløsningen mindre konkurrencedygtigt mod traditionel fjernvarme. Den samlede årlige varmeudgift for et 130 m² hus vil være på 19.777,45 kr. ekskl. moms (uden reduktion på elafgift) mod 17.963,22 kr. ekskl. moms (med reduktion på elafgift) som angivet i tabel 3.1.1.

3.2. Styling af varmepumpeanlæg efter vindmøllernes el-produktion

Meromkostningen i forbindelse med anvendelse af varmepumpe på returvarme til varmeforsyning, er et elforbrug til drift af varmepumpen. For at forbedre driftsøkonomien kan man overveje at drifte et varmepumpeanlæg om natten, hvor el-produktionen fra vindmøllerne er størst og elprisen er lavest. Det kræver først og fremmest, at man køber strømmen til en differentieret pris dvs. markedsprisen. Jf. Nordpol Elspot Pris har der i den første uge i april 2016 været en gennemsnitlig el-prisforskel på 36,7 kr./MWh i DK1 og 43,8 kr./MWh i DK2 i timerne fra kl. 00-07 og 07-12. Elprisen er højest i tidsrummet 07-12 og lavest i timerne 00-07. I de øvrige tider er prisforskellene ubetydeligt.

Prisen for 1 MWh el, som en forbruger skal betale for, er en sammensætningen af flere priser, herunder markeds elprisen samt tariffer og afgifter. Hele 70 - 80 % af den samlede elpris består af tariffer og afgifter, som er faste priser og uafhængige af, hvilket tidspunkt på døgnet man bruger strømmen. Besparelsen ved at drifte anlægget om natten, vil derfor ikke give nogen betydelig besparelse.

Der er også den udfordring, at de mindre varmepumpeanlæg til private husstande, typisk ikke har en stor nok varmtvandsbeholder til akkumulering af det varme vand. Eksempelvis var varmepumpeanlægget hos Aars Golfklub forsynet med en 300 liter varmtvandsbeholder, som senere hen blev udskiftet med en 500 liters. Anlægget driftes efter varmebehovet hos Golfklubben og jf. projektleder Mads Hougaard fra DVI har anlægget op til 30 start og stop i løbet af en dag. Teknisk set er det derfor ikke muligt, at drifte et varmepumpeanlæg hos mindre private forbrugere. Var det derimod tale om varmepumpeanlæg etableret ved et fjernvarmekædet, kunne man med fordel drifte varmepumpen om natten, da man har større mulighed for akkumulering af varmen.

3.3. Varmepumpe på returvarme og jordvarmeanlæg

I tilgift til traditionel fjernvarme ville det være nærliggende, at sammenstille alternativet med et varmepumpeanlæg på returvarme med et traditionelt jordvarmeanlæg. Der kan være situationer, hvor fjernvarme er til stede, men ikke kan tilsluttes på normal vis f.eks. pga. mangel på kapacitet i fjernvarmenettet. Her ville et jordvarmeanlæg være en typisk reference.

Etablering af et jordvarmeanlæg i et standard hus på 130 m² og et årlig varmebehov på 18,1 MWh ligger jf. DVI mellem 80.000 og 100.000 kr. ekskl. moms. Anlægget består af en varmepumpe og et jordslangeanlæg, hvor den nødvendige længde af jordslangerne er afhængig af flere forhold, heriblandt bygningens eksakte varmebehov og varmetab og jordbundsforholdet. For et standard hus på 130 m² kræver det ca. 200 m jordslanger, hvilket kræver ca. 200 m² jordareal. COP-værdien for en jordvarmepumpe ligger jf. DVI på 3 til 3,5 og de årlige drifts- og vedligeholdelsesudgifter sættes til 3.000 kr./år.

Referencen: Jordvarmeanlæg – standard hus					Kr./år ekskl. moms
Elforbrug (COP-værdi = 3,5)	5,2	MWh	1.200	kr./MWh	6.195,00
Reduceret elafgift	5,2	MWh	-502	Kr./MWh	-2.591,75
D&V varmepumpeanlæg			3.000	kr.	3.000,00
Årlig variable udgift				Kr.	6.603,67
Husinstallation (VP anlæg og slanger)			90.000	kr.	
Finansiering, annuitetsydelse	Kurs 100	5 %	20 år	Kr.	7.221,83
I alt, årlig varmeudgift				Kr.	13.825,51

Tabel 3.2.0; Årlige varmeudgifter for et standard hus tilsluttet et traditionelt jordvarmeanlæg (referencetilstand).

Ved alternativet med varmepumpen på returvarme, skal der ud over varmepumpeanlægget kun etableres en stikledning. Etableringsomkostningerne for alternativet kommer derfor til, at varierer med længden af stikledningen.

Varmepumpeanlægget forventes at have en højere COP-værdi, da varmekilden er returvarme med en temperatur mellem 30 og 40 °C. Med en ønsket fremløbstemperatur fra varmepumpesystemet på 65 °C i vintermånederne bliver varmepumpens temperaturløft 30 °C. Jo lavere temperaturløft jo højere COP-værdi kan der opnås. Med returvarme som varmekilde forventes COP-værdien, at ligge på omkring 5 jf. DVI.

I forbindelse med pilotprojektets etablering (se afsnit 4), udarbejdede Aars Fjernvarme en aftale med Aars Golfklub om levering af returvarme til et varmepumpeanlæg ved golfklubben. Projektet blev etableret med følgende pristilpasninger af varme fra Aars Fjernvarme; Returvarmepris 60 % af norm (prisen vil stige til 75% efter 5 års tilslutning) og Fast bidrag 40 % af norm (prisen vil stige til 45% efter 5 års tilslutning). Der blev ikke betalt Tilslutningsbidrag og tilbagebetalingstiden blev sat til 20 år iht. anlæggets forventede tekniske levetid. For at opstille et realistisk alternativ til jordvarmeanlægget er disse forudsætninger anvendt i denne sammenstilling. Her er dog regnet med 100 % betaling af tilslutningsbidrag (se tabel. 3.2.1).

Alternativ: Varmepumpe på returvarme – standard hus (prisaftale som for Aars Golfklub)					Kr./år ekskl. moms
Varmekøb (75 %)	14,5	MWh	210	kr./MWh	3.794,70
Fast bidrag (45 %)	130	m ²	6	kr./m ²	877,50
Målerleje	1	stk.	500	kr./stk.	500,00
Elforbrug (COP-værdi = 5)	3,6	MWh	1.200	kr./MWh	4.336,80
Reduceret elafgift	3,6	MWh	-502	Kr./MWh	-1814,23
D&V varmepumpeanlæg			1.500	kr.	1.500,00
Årlig variable udgifter				Kr.	9.194,77

Tilslutningsbidrag	100	kr.m ²	13.000	kr.	
Stikledning (20 m á 700 kr./m)	700	kr./m	14.000	kr.	
Husinstallation (VP anlæg inkl. montering)	30.000	kr.	30.000	kr.	
Total ekskl. moms			57.000	kr.	
Finansiering, annuitetsydelse	Kurs 100	5 %	20 år	Kr.	4.573,83
I alt, årlig varmeudgift				Kr.	13.768,60

Tabel 3.2.1; Årlig varmeudgift for et standard hus med anvendelse af variabel varmepris og fast bidrag svarende til de aftalte priser mellem Aars Fjernvarme og Aars Golfklub (priser gældende efter 5 års tilslutning) og med betaling af fuld tilslutningsbidrag.

Af tabellerne 3.2.0 og 3.2.1 kan vi se, at med de givne forudsætninger er den årlige variable udgift for alternativet med varmepumpe på returvarme ca. 28 % dyre end referencen (9.194,77 kr. – 6.603,67 kr. = 2.591,10 kr.) mens ydelsen på investeringen er væsentligt lavere (4.573,83 kr. – 7.221,83kr. = -2.648,01 kr.). Samlet set er den årlige varmeudgift for alternativet i afskrivningsperioden lidt lavere end referencen. Alternativet med varmepumpen på returvarme er således kun billigere end referencen så længe investeringen er lavere end for referenceanlægget. I det nedenstående diagram er den årlige varmeudgift for alternativet sat i relation til et jordvarmeanlæg ved forskellige længder af stikledningen.

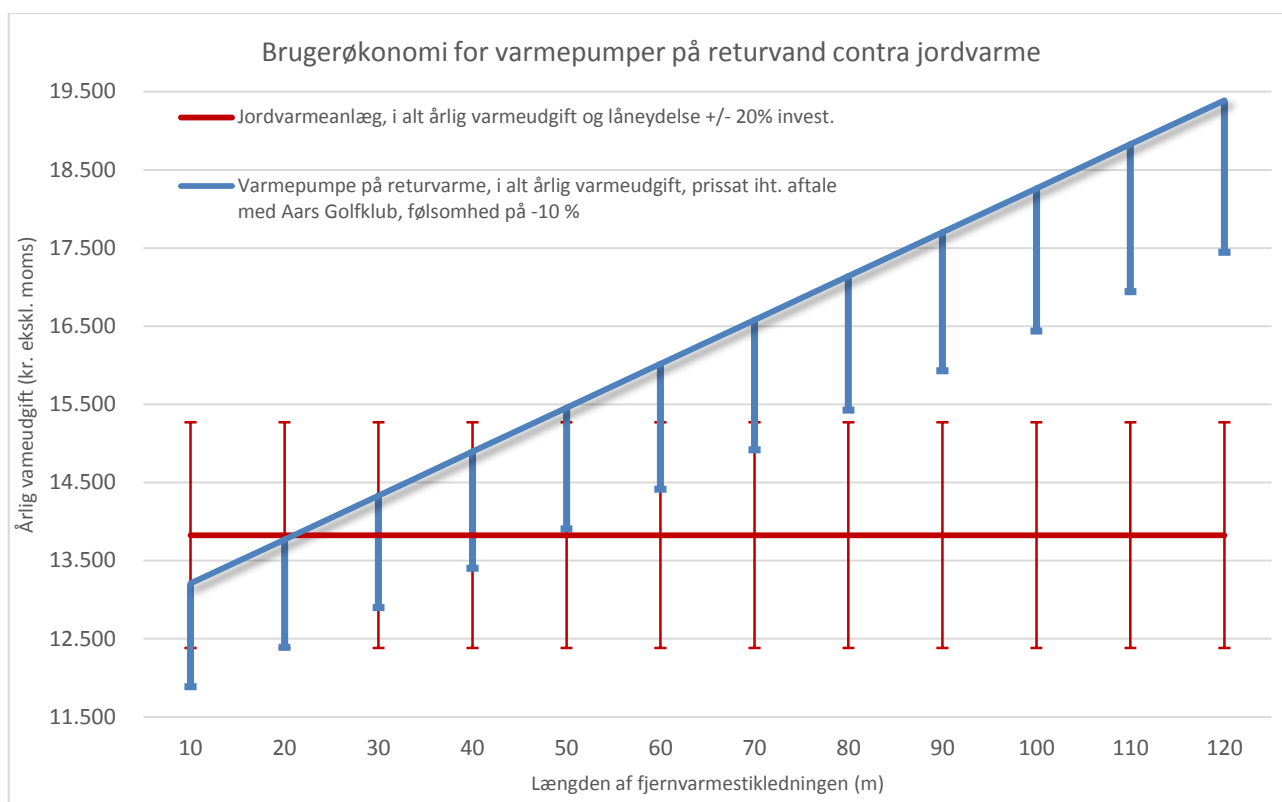


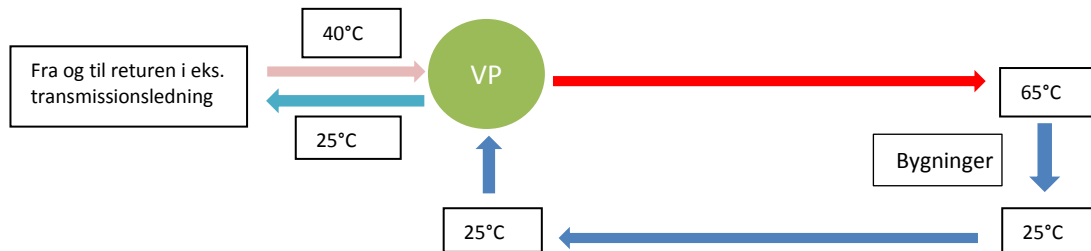
Diagram 3.2.2; Sammenstilling af en reference for et Jordvarmeanlæg med +/- 20 % følsomhed på investeringen og et alternativ for et varmepumpeanlæg på returvarme prissat iht. aftalen med Aars Golfklub og med følsomhed på -10 %. Alternativet er vist med forskellig længde af stikledningen fra transmissionsledningen til forbrugeren. Stikledningen er prissat til 700 kr./m.

Af diagram 3.2.2 fremgår det at varmepumpeanlægget på returvarme giver en lavere årlig varmeudgift end et jordvarmeanlæg ved max. 20 m stikledning i et worst-case senarie og ca. 75 m stikledning i et best-case senarie. I best-case senariet er returvarmeprisen reduceret med 10 % så den årlige variable udgift for hhv. referencen og alternativet er direkte sammenlignelige.

Fjernes reduktionen på elafgiften er den årlige variable udgift for alternativet med varmepumpe på returvarme ca. 16 % dyre end referencen (11.000 – 9.200 kr. = 1.800 kr.).

3.4. Ny udstykningsområde eller satellitby

Når et nyt udstykningsområde ønskes tilsluttet fjernvarme, kan returvarmen fra de eksisterende forbrugere anvendes til varmforsyning af området gennem en transmissionsledning med tilkobling til det eksisterende fjernvarmenet. Fra transmissionsledningen kan returvandet enten sendes frem helt ud til den enkelte forbruger, eller der kan etableres en central vekslerstation, hvorfra returtemperaturen hæves til den ønskede temperatur vha. en eller flere varmepumper før det sendes ud til forbrugerne.



Figur 3.3.0; Varmeforsyning af et område med varmepumpe og fjernvarmeretur.

I dag sender flere fjernvarmeverker varme til omkringliggende satellitbyer gennem lange transmissionsledninger, hvilket i perioder kan forårsager større varmetab. Installeret der et centralvarmepumpeanlæg i satellitbyen, kan man i stedet for at sende varme ved normal fremløbstemperatur i transmissionsledningens fremløb, sende returvand fra det øvrige fjernvarmenetværk gennem transmissionsledningen.

Besparelserne ved valg af denne løsning:

- Mindre ledningstab
- Ikke behov for forøgelse af varmeproduktion

Udgifterne ved valg af denne løsning:

- Pumpeudgifter
- Større investering
- Større rørdimension

Eksempel

Hvis det antages, at 50 boliger skal forsynes med returvarmen, kan udgifter og besparelserne ved valg af løsningen værdisættes ud fra nogle forudsætninger. De variable faktorer i regnestykkerne til beregning af rentabiliteten kan antages at være varmebehovet og længden af transmissionsledningen.

- Udstykningsområdet består af 50 boliger med et tilslutningseffekt på 6,8 kW/bolig (standardhus 130 m², 18,1 MWh/år)
- Afstand til transmissionsledning, hvorfra der skal hentes returvarme er 1.000 m
- Transmissionsledningen skal være af Twinrør, serie 2
- Temperatursæt i transmissionsledningen er 40/25 °C

En overslagsberegning viser at transmissionsledningen skal være DN80 for at kunne flytte denne energimængde. Varmetabet i transmissionsledningen er beregnet til 5,5 W/m svarende til 48 MWh/år.

Med samme forudsætninger som ovenstående og et temperatursæt på 75/40 °C kan ledningsdimensionen sættes en dimension ned dvs. DN65. Varmetabet i ledningen er beregnet til 10,4 W/m svarende til 91 MWh/år.

Nu kan besparelsen af at reducere ledningstabt fra 10,4 W/m til 5,5 W/m bestemmes. Det gøres ud fra en produktionspris på 350 kr./MWh.

$$Pris_{\text{besparelse, ledning}} = 350 \frac{\text{kr}}{\text{MWh}} \cdot \left(91 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} - 48 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} \right) = 15.050 \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

Samtidig kan udgifterne til varmepumpen udregnes, baseret på antagelsen om at 50 boliger skal forsynes. Elprisen, som varmeværket skal betale for elforbruget til fjernvarmeproduktion er 700 kr./MWh.

$$Pris_{drift,VP} = \frac{50 \cdot 18,1 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}}{\text{COP}_{=5}} \cdot 700 \frac{\text{kr}}{\text{MWh}_{el}} = 126.700 \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

Energimængden som anvendes til at drive varmepumpen, skal ikke produceres af fjernvarmeværket. Derfor er der en besparelse i varmeproduktion, tilsvarende energien som varmepumpen leverer.

$$Pris_{besparelse, varmeproduktion} = \frac{50 \cdot 18,1 \frac{\text{MWh}}{\text{år}}}{5} \cdot 350 \frac{\text{kr}}{\text{MWh}} = 63.350 \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

Herefter kan den totale årlige besparelse regnes;

$$\begin{aligned} \text{Besparelse}_{\text{Årlig}} &= \text{Pris}_{\text{besparelse ledning}} + \text{Pris}_{\text{besparelse, varmeproduktion}} - \text{Pris}_{\text{drift, vp}} \\ \text{Besparelse}_{\text{Årlig}} &= 15.050 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} + 63.350 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} - 126.700 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} = -48.300 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Alle ovenstående priser er ekskl. moms.

Hvis værdien er negativ, er det ikke en fordel, baseret på driftsomkostningerne og antagelserne i eksemplet. I diagrammet nedenfor er den årlige besparelse plottet i forhold til ledningslængden. Det er igen ved 50 boliger.

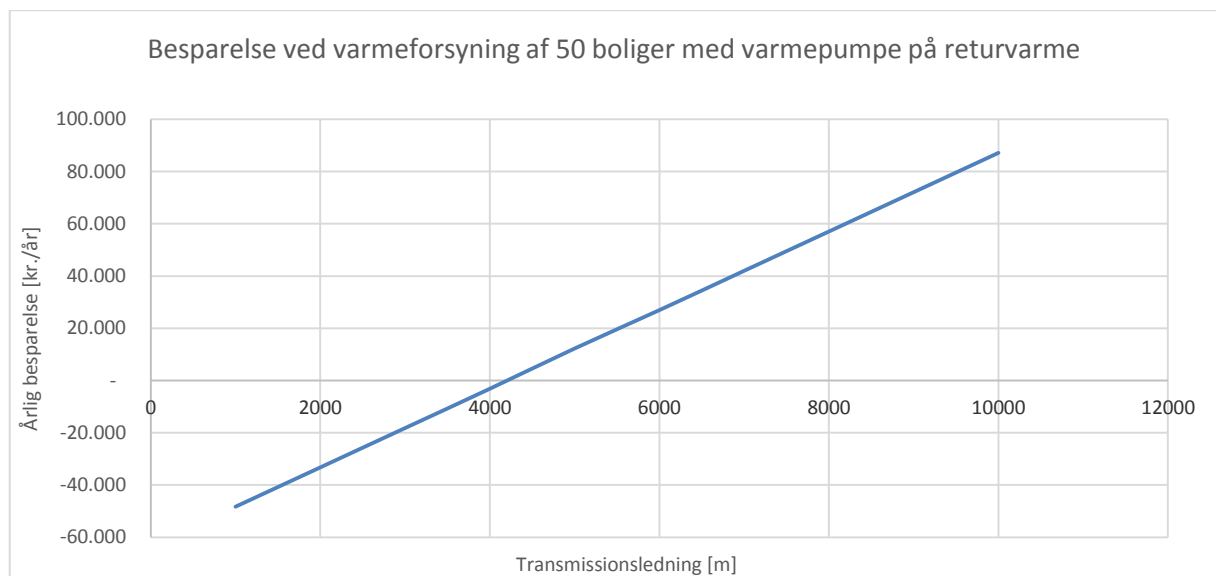


Diagram 3.3.0; Årlig besparelse ved forsyning af 50 boliger med fjernvarmereturen frem for fjernvarmefremløbet i forhold til længden af transmissionsledning.

Hvis projektet skal give en besparelse i driftsomkostninger skal længden af transmissionsledningen være over 4 km.

I realiteten vil den varmemængde som anvendes til at drive varmepumpen ikke blive produceret af varmeværket, da det tages ud af returledningen. Den eneste belastning på værket er derfor opvarmning af returvandet fra en lavere temperatur. Omvendt bliver returvandet anvendt til afkøling af røggaskondensatoren, hvilket forbedre kedeffecten.

Hvis den højere røggaskondensatoreffekt sammenholdes med omkostningerne til opvarmning af returvandet fra en lavere temperatur, vil besparelsen i varmeproduktionen være det samlede varmebehov, som kræves af varmeværket til varmeforsyning af de 50 boliger på traditionel vis.

Ude fra denne betragtning bliver regnestykket for varmeværkets årlige udgifter og besparelse som følgende;

Energimængden som anvendes til at drive varmepumpen, skal ikke produceres af fjernvarmeværket.

$$Pris_{besparelse, varmeproduktion} = 50 \cdot 18,1 \frac{\text{MWh}}{\text{år}} \cdot 350 \frac{\text{kr}}{\text{MWh}} = 316.750 \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

Herefter kan den totale årlige besparelse regnes;

$$Besparelse_{\text{Årlig}} = Pris_{besparelse \text{ ledning}} + Pris_{besparelse, varmeproduktion} - Pris_{drift, vp}$$

$$Besparelse_{\text{Årlig}} = 15.050 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} + 316.750 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} - 126.700 \frac{\text{kr.}}{\text{år}} = 200.100 \text{ kr.}$$

3.5. Lavenergiområder

Varmeforsyning af boliger med varmepumpe på returvarme er uden tvivl mest effektiv for lavenergi-huse/område pga. meget lavt varmebehov til rumopvarmning. Desuden har mange lavenergi-huse gulvvarme, som kun kræver en fremløbstemperatur på 40-50°C.

Antages fjernvarmereturen at have en temperatur på 40°C, kan det i perioder anvendes direkte til rumopvarmning og ellers skal temperaturen kun løftes 10-15 °C, jo lavere temperatur løft jo højere COP-værdi kan opnås. Hermed vil det kun være brugsvandet, som kræver en højere temperatur af hensyn til anvendelse og sikring mod legionellabakterier. Legionella kan dog bekæmpes på flere måder f.eks. ved at hæve temperaturen veksleret i korte perioder (ved 60 °C dør legionellabakterier på ca. 10 minutter) eller ved at etablerer et vandsystem i huset der bære under 3 liter vand (jf. tysk norm).

4. Varmepumpeinstallation hos Aars Golfklub

Nærværende projekt er demonstreret på Aars Fjernvarmes distributionsnet, hvor der er etableret en stikledning fra returvarmen, til forsyning af Aars Golfklub, som tidligere anvendte olie. Valget af Aars Golfklub, som en case for dette projekt, startede med at der var interesse for tilslutning af klubben til fjernvarmen. Aars Fjernvarme etablerede en 8 km lang transmissionsledning mellem Aars og Hornum i forbindelse med en fusionering af varmeværkerne i de to byer i 2009.



Figur 4.0.0; Oversigt over Aars Golfklub og transmissionsledningen mellem Aars og Hornum.

Transmissionsledningen passerer tæt forbi Aars Golfklub og det blev derfor diskuteret om golfklubben, kunne forsynes med varme fra transmissionsledningen. Men såfremt golfklubben skulle forsynes på traditionel vis med fjernvarme fra ledningens fremløb, ville det betyde at transmissionsledningens kapacitet ville blive nedsat, hvilket kunne give problemer i visse driftssituationer. Kunne golfklubben derimod udnytte transmissionsledningens returløb, ville klubben ikke trække på ledningens kapacitet og effektiviteten af det samlede energisystem kunne potentielt set forbedres.

Bygningsfaciliteterne ved Aars Golfklub er dog ikke lagt ud for, at kunne udnytte returvarme til rum opvarmning og opvarmning af brugsvand. Varmepumpen vil derfor kunne løfte temperaturen til et temperatursæt, som golfklubben kan udnytte. I januar 2014 blev der etableret en 160 m DN40 stikledning og installeret en 16 kW varmepumpe på returvandet fra Hornum transmissionsledningen. Her skal varmepumpeanlægget dække behovet for opvarmning og varmt brugsvand. Returvarmen anvendes samtidig til opvarmning af et værksted med strålingsvarme. Dette giver mulighed for både at verificere udregninger af varmepumpens drift med returvarmen og anvendelse af returvarmen direkte til opvarmning, hvilket kan være relevant i lavenergihuse.

Golfklubben står selv for el-købet til drift af varmepumpen og betaler 60 % af den normale varmepris til Aars Fjernvarme. Den årlige faste afgift for golfklubben er reduceret med 60 %. Golfklubben har derudover ikke betalt tilslutningsbidrag. Stikledningen til Golfklubben er 160 m og omkostningerne til etablering af stikledningen har derfor været 350 kr./m i stedet for de 700 kr./m som er stikledningsprisen hos Aars Fjernvarme. En brugerøkonomisk beregning for Aars Golfklub er vist i nedenstående tabel 4.0.1.

Aars Golfklub – Varmepumpe på returvarme	Priser	Samlet udgift ekskl. moms
Varmekøb (60 % af normal pris)	210 kr./MWh	15.482,40 kr.
Fast bidrag (40 % af normal pris)	6 kr./m ²	3.978,00 kr.
Målerleje (samme pris)	500 kr./stk.	500,00 kr.
Elforbrug (COP-værdi = 5)	1.200 kr./MWh	22.117,70 kr.
Reduceret elafgift	-502 kr./MWh	9.252,56 kr.
D&V	3.000 kr.	3.000,00 kr.
Årlig varmeudgift		35.825,49 kr.
Tilslutningsbidrag	0 kr./m ²	0,00 kr.
Stikledning, 160 m	350 kr./m	56.000,00 kr.
Husinstallation (varmepumpe inkl. montering)	102.590 kr./stk.	102.590,00 kr.
Samlet investering		158.590,00 kr.
Årlig ydelse på lån (5% over 20 år)		12.725,70 kr.
I alt årlig varmeudgift og låneydelse		48.551,17 kr.

Tabel 4.0.1; Aars Golfklubs årlig varmeudgift efter etablering af varmepumpe med returvarme som varmekilde. Det samlede varmebehov er 92 MWh/år svarende til 0,139 MWh/m²/år og 663 m² opvarmet areal.

Sammenligner man den årlige varmeudgift ved varmforsyning med varmepumpe på returvarme med traditionel fjernvarme er løsningen med varmepumpe på returvarme 9.720,64 kr. billigere end traditionel fjernvarmen, se tabel 4.0.2 for beregning af årlige varmeudgiften ved traditionel fjernvarme forsyning.

Fjernes reduktionen på elafgiften, er den årlige varmeudgift for alternativet med varmepumpe på returvarme 57.803,73 kr. ekskl. moms.

Aars Golfklub – Traditionel fjernvarme	Priser	Samlet udgift ekskl. moms
Varmekøb	350 kr./MWh	32.254,95 kr.
Fast bidrag	15 kr./m ²	9.945,00 kr.
Målerleje	500 kr./stk.	500,00 kr.
D&V	1.000 kr.	1.000,00 kr.
Årlig varmeudgift		43.699,95 kr.
Tilslutningsbidrag	40 kr./m ²	26.520 kr.
Stikledning, 160 m	350 kr./m	56.000,00 kr.
Husinstallation (veksler inkl. montering)	30.000 kr./stk.	30.000,00 kr.
Samlet investering		112.520,00 kr.
Årlig ydelse på lån (5% over 20 år)		14.571,85 kr.
I alt årlig varmeudgift og låneydelse		58.271,80 kr.

Tabel 4.0.2; Aars Golfklubs årlig varmeudgift ved traditionel fjernvarme forsyning. Det samlede varmebehov er 92 MWh/år svarende til 0,139 MWh/m²/år og 663 m² opvarmet areal.

4.1. Varmepumpeanlæggets størrelse

Investeringen i varmepumpeanlægget er ligesom andre anlæg afhængig af anlægskapaciteten, jo større anlægskapacitet jo lavere er prisen pr. kW kapacitet. Nedenstående anlægsomkostninger er oplyst af DVI.

Anlægskapacitet	32 kW	250 kW	500 kW	1.000 kW
Varmepumpe + tank	97.000 kr.	352.000 kr.	704.000 kr.	1.400.000 kr.
Tilslutning og automatik	60.000 kr.	120.000 kr.	200.000 kr.	350.000 kr.
I alt	157.000 kr.	472.000 kr.	904.000 kr.	1.750.000 kr.
	<i>Kr./kW</i>	<i>1.888</i>	<i>1.808</i>	<i>1.750</i>

Tabel 4.1.1; Anlægsinvestering ved forskellige anlægskapaciteter oplyst af DVI.

Jf. DVI er falder etableringsomkostningerne pr. installeret kW for varmepumpeanlæg når anlæggene bliver større. Specielt fra mindre anlæg på 16-32 kW til store anlæg på 250-1.000 kW

Anvender vi forudsætningerne for Aars Golfklub, men opjusterer energibehovet svarende til de større varmepumpeanlæg, for vi nedenstående årlige varmeomkostninger:

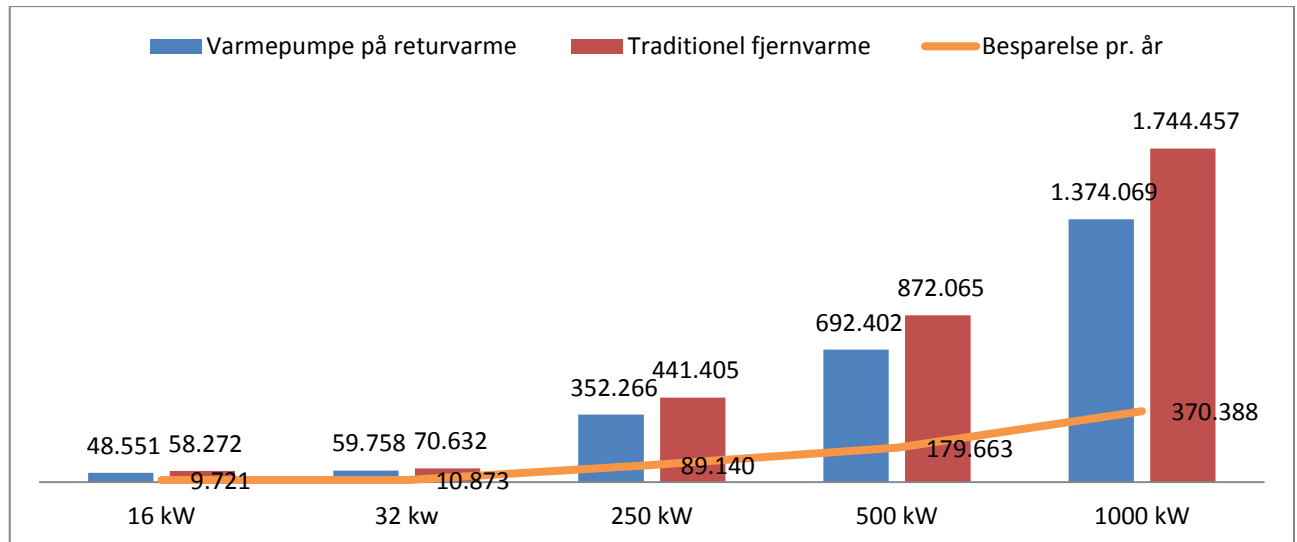
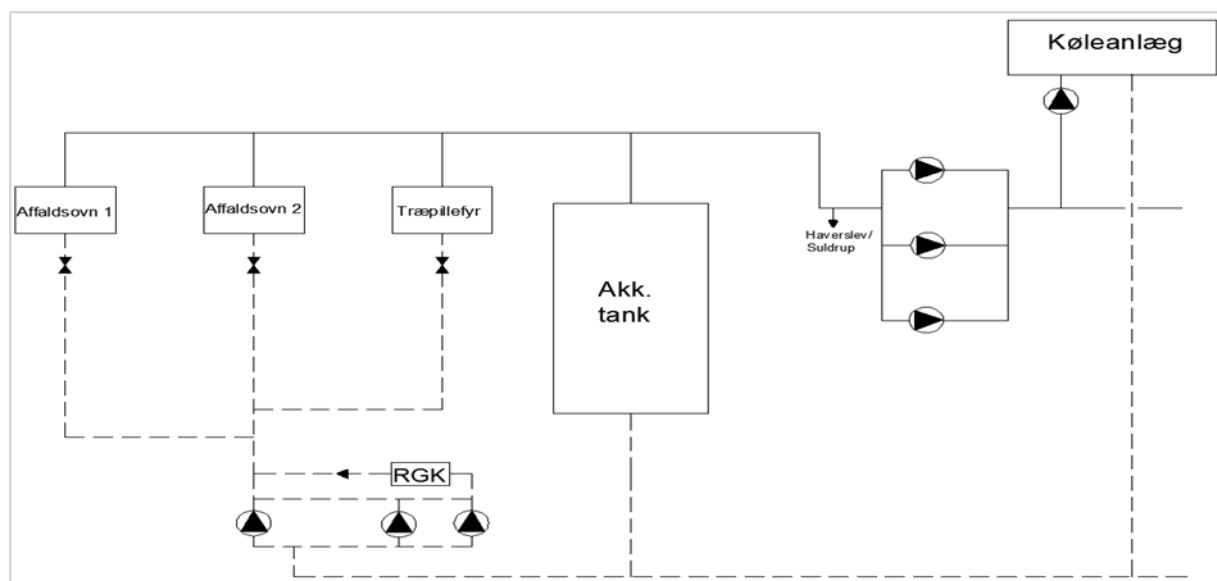


Diagram 4.1.2; Årlige varmeomkostninger ved forskellige anlægsstørrelser. Varmebehov (MWh), forbrug (varme/el), tilsluttet areal (m2), investering og stikledningens dimension er tilpasset de større energibehov.

Ovenstående diagram viser at store forbrugere med større varmebehov vil kunne opnå bedre brugerøkonomi end mindre forbrugere. Beregningerne beror på en lang række antagelser og forudsætninger, der såfremt de ændres, vil give et andet resultat. Helt overordnet kan man dog stadig konkludere, at større anlæg som udgangspunkt giver bedre økonomi end mindre.

4.2. Aars Fjernvarme – varmeanlæg

Aars Fjernvarme anvender affald som primært brændsel. Til spids- og reservelast anvendes træpiller og naturgas. El-produktionen, som på årsbasis svarer til ca. 5.000 husstandes elforbrug, afsættes til Himmerlands Elforsyning Net A/S, og varmen anvendes som fjernvarme til varmeforsyning af mere end 5.200 husstande i Aars, Hornum, Suldrup og Haverslev.



Figur 4.2.0; Aars Fjernvarmes varmeanlæg.

Brændsel	Ydelse
Affald	1 stk. 10,0 MW ovn + 2 MW røggaskondensering 1 stk. 8,5 MW ovn + 1,5 MW røggaskondensering 1 stk. 2,9 MW el dampturbine 1 stk. 7 MW køleranlæg
Træpiller	1 stk. 6 MW kedel
Naturgas	18 MW naturgaskedel
Olie	10 MW oliekedel
Elkedel	1 MW
Transmission	8 + 16 km transmissionsledning
Akkumulering	2 stk. 800 + 300 m ³

Tabel 4.2.1; Tekniske anlæg i Aars.

Affaldsovnene er bestykket med røggaskondensator, som har til formål at øge varmevirkningsgraden for affaldsovnene ved at udnytte en del af spildvarmen i form af røggassen.

4.2.1. Røggaskondensatoren

Røggaskondensatoren udnytter en del af den energimængde, der stadig er i røggassen til at opvarme returvandet. Efter røggaskondensatoren bliver returvandet opvarmet yderligere i affaldsovnene.

I forbindelse med investering og montering af røggasveksleren garanterer producenten en bestemt overført varmeeffekt, ved en bestemt temperatur af returvandet. Denne garanti er 5,1 MW ved 38°C og 4,3 MW ved 42°C og dette betyder, at røggaskondensatoren kan overføre 0,2 MW mere pr. grad returvandet sænkes. Sagt på en anden måde skal temperaturen sænkes med 5°C, for hver MW ekstra, man ønsker at overføre (5,0 °C/MW).

Grunden til at den lavere temperatur af returvandet i røggaskondensatoren medfører, at en større mængde varme overføres, skyldes øget temperaturforskel mellem røggas og vand. En større temperatordifferens mellem ind- og udløb i kondensatoren medfører større varmeeffekt overført.

Driftsfall		Nominell			Max, ½h medelværdi	
		38	42	Ingen kondensering	38	42
Temperatur fjärrvärmeretur	°C	38	42	Ingen kondensering	38	42
Kondenseringseffekt	MW	5,1	4,3	-	6,9	5,9
Avdragsflöde	m ³ /h	4	3	0,6	5,8	4,5
Rökgastryckfall mellan leveranspunkter ^{*1}	Pa	1200	1200	1200	1600	1600
Vattenförbrukning	m ³ /h	0	0	4,5	0	0
Elförbrukning (GMAB levererad utrustning)	kWh/h	40	40	40	40	40

Figur 4.2.1.0; Garantidata for røggaskondenseringen hos Aars Fjernvarme.

Sammenhængen mellem overført varme og ændring i temperatur er illustreret i nedenstående diagram.

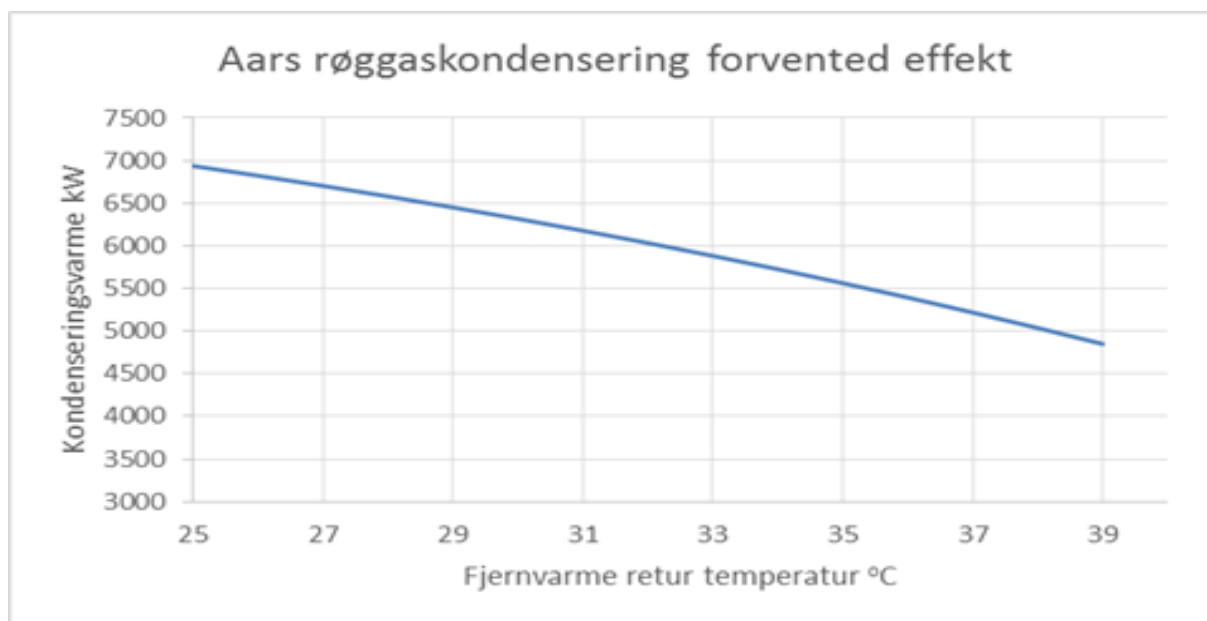


Diagram 4.1.1.1; Kondenseringseffekt som funktion af returtemperatur.

Diagram 4.1.1.1 viser, at når returtemperaturen reduceres, opnås mindre og mindre stigning af kondenseringseffekten og dermed effektiviteten. Dette tyder på, at ved en vis returtemperatur vil kondenseringseffekten være tæt på konstant.

Falder returtemperaturen fra 35°C til 25°C kan røggaskondensatoren teoretisk set overføre 1,35 MW mere, se Diagram 4.1.1.1, og dette betyder at røggaskondensatoren kan overføre 0,135 MW pr. grad returvandet sænkes.

Den ekstra varme som overføres i kondensatoren er energi, som tilføres systemet, hvilket forbedrer den termiske nyttevirkning af systemet. Det betyder færre driftstimer og dermed mindre brændselsforbrug. Kraftvarmeanlæggets totale virkningsgrad vil stige som følge af en mere varmeproduktion uden nogle ekstra omkostninger.

Sænkes temperaturen i returledningen fra 35°C til 25°C vil det betyde en øget kapacitet på 1,35 MW. Med en driftstid på f.eks. 5.000 timer pr. år svarer det til 6.750 MWh pr. år. Det forudsætter dog at flowet i returledningen er stort nok til afkøling røggassen.

Nedenstående tabel 4.1.1.2 viser beregninger for, hvad det koster ekstra at opvarme 1.000 kg fjernvarmevand fra 25°C til 80°C sammenlignet med hvis fjernvarmevandet skulle opvarmes fra 35°C til 80°C.

Energiltilførsel	Returtemperatur = 35°C	Returtemperatur = 25°C
Ønsket temperatur [°C]	80	80
Vandmængde til opvarmning [kg]	1.000	1.000
Varmefylde [J/kg °C] (ved 80°C)	4.196	4.196
Energiltilførsel [GJ]	0,19	0,23

Tabel 4.1.1.3; Data til beregning af energiltilførsel til opvarmning af 1.000 kg returvand fra 35 og 25°C til 80°C.

Energiltilførsel til opvarmning af fjernvarmevand:

$$E_{\text{tilført}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$E_{\text{tilført}(80-38)^{\circ}\text{C}} = 1.000 \text{ kg} \cdot 4.196 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (80 - 35)^{\circ}\text{C} = 0,189 \text{ GJ}$$

$$E_{\text{tilført}(80-28)^{\circ}\text{C}} = 1.000 \text{ kg} \cdot 4.196 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (80 - 25)^{\circ}\text{C} = 0,231 \text{ GJ}$$

Hermed vil det koste varmeværket 0,042 GJ mere, at få opvarmet 1.000 kg returvand fra 25°C til 80°C end hvis returvandet skulle opvarmes fra 35°C til 80°C, svarende til 18 % ekstra omkostning.

Antages flowet at være 7 m³/h, bliver mængden af returvandet, som skal opvarmes fra 25°C til 80°C for at producere de 6.750 MWh ekstra varme på røggaskondensatoren, 35.000 m³ svarende til 5.000 timers drift.

Energiforbrug fra 25°C til 80°C	Returtemperatur = 25°C
Ønsket temperatur [°C]	80
Returvarme mængde [m ³]	35.000
Returvarme mængde [kg] (densitet ved 25°C = 996,95 kg/m ³)	34.893.250
Varmefylde [J/kg °C] (ved 80°C)	4.196
Energitilførsel [GJ]	8.053
Energitilførsel [MWh]	2.237

Tabel 4.1.1.4; Energiforbrug til opvarmning af 35.000 m³ fjernvarme returvand fra 25°C til 80°C.

Den ekstra energimængde til opvarmning af returvandet, som følge af en lavere temperatur, er 22 % af de 2.237 MWh, dvs. 492 MWh.

Med ovenstående forudsætninger kan den potentielle fordel for affaldsforbrændingen i Aars udregnes. Afgiftsstrukturen for affaldsvarmeproduktion er dog yderst kompleks og forskellig fra værk til værk. I beregningen tager vi udgangspunkt i følgende forudsætninger; Produktionsomkostning for affaldsvarme (brændsel, afgifter og D&V) er 175 kr./MWh. Hertil kommer en tillægsafgift på øget effektivitet og udnyttet bortkøling på ca. 68⁴ kr./MWh.

Specielt sidstnævnte afgift er behæftet med kritik, da den virker hæmmende for effektivitetsforbedrende tiltag på affaldsvarmeproducerende anlæg.

Indtægt fra effektivitetsforøgelse ved reduktion af returvand fra 35 °C til 25°C	Enhedspris [kr./MWh]	Resultat
Merydelse fra veksler [MWh]		6.750
Mersalg af varme [kr./år]	365	2.463.750
Øget produktion som følge af koldere returvand [MWh] (22 %)		492
Øget produktionsomkostning [kr./år]		86.100
Merindtægt ekskl. effektivitetsafgift [kr./år]	175	2.377.650
Effektivitetsafgift [kr./år]	68	459.000
Merindtægt inkl. effektivitetsafgift [kr./år]		1.918.650

Tabel 4.1.1.5; Årlig merindtægt for effektivitetsforøgelsen af den kondenserende kedel inkl./ekskl. nuværende afgift på effektivitetsforbedringer på affaldsvarmeanlæg.

Som det fremgår af ovenstående kan reduktionen af returvandets temperatur give en potentiel merindtægt til varmeværket på 2,37 mio. kr./år. Projektets fordel reduceres dog med ca. 20 % pga. effektivitetsafgiften der pt. pålagt affaldsforbrænding, hvorved projektfordelen reduceres til 1,92 mio. kr./år.

⁴ Baseret på afgiftsstruktur for affaldsvarme i 2015.

6.750 MWh svarer til varmebehovet for ca. 373 standard husstande (18,1 MWh/år, 130 m²). Tilslutningsafgiften for 373 husstande andrager ca. 1,94 mio. kr. (40 kr./m²). Dvs. omkostningen for Aars Fjernvarme ved, at udsige tilslutningsafgiften til huse på returvarme, vil potentielt kun have en tilbagebetales på 1 år.

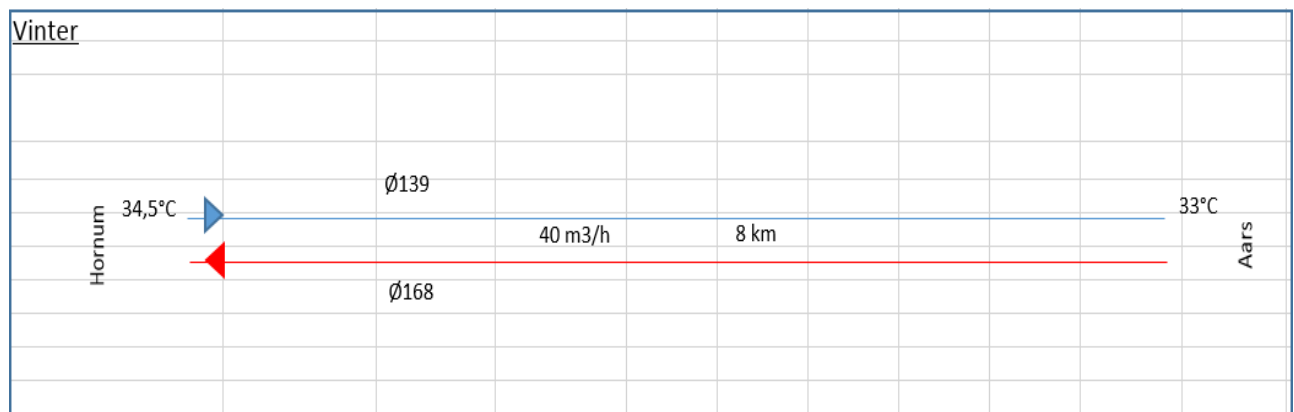
4.2.2. Hornum transmissionsledning

Transmissionsledningen mellem Aars og Hornum blev etableret i 2009 i enkeltrør med fremløb på Ø168 og retur på Ø139.

- Ledningskapacitet: ca. 40 m3/h
- Returtemperatur i vinterperioden: 32-33°C
- Returtemperaturen i sommerperioden: 35°C
- Flow i sommerperioden: 12 m3/h

Det skal undersøges, hvornår temperaturen i returledningen falder ned til 12°C som følge af tilkobling af flere enkelte forbrugere langs transmissionsledningen. Jf. varmepumpeproducenten DVI skal returtemperaturen være over 12°C for at have en COP-værdi, som skal give en fornuftig projektøkonomi.

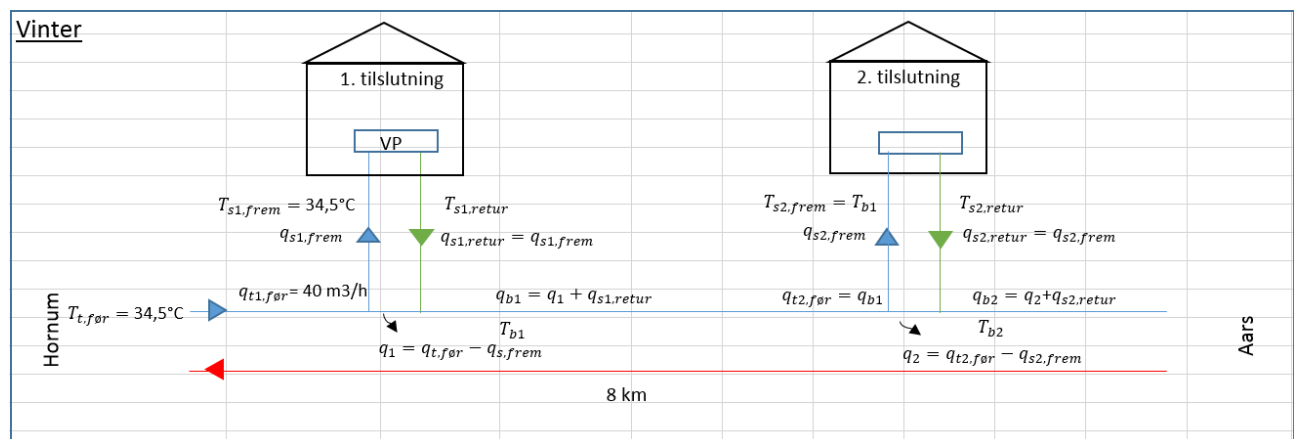
Temperaturtabet i transmissionsledningen mellem Aars og Hornum er beregnet til 1,5°C, hvilket betyder at returtemperaturen er 34,5°C i Hornum. Flowet antages at være 40 m3/h og temperaturen 34,5°C ved første tilslutning. Se figur 4.2.2.0.



Figur 4.2.2.0; Transmissionsledningen mellem Aars og Hornum.

4.2.2.1. Temperaturen i returledningen efter første tilslutning:

For at regne temperaturtabet efter hver enkel tilslutning skal flowet i de tilsluttede bygninger være kendt. Jo større varmebehov til de enkelte tilslutninger jo større temperaturtab vil der være efter hver tilslutning.



Figur 4.2.2.1.0; Illustration af tilslutning af flere enkeltforbrugere til returledningen mellem Aars og Hornum.

Antages flowet til hver enkel tilslutning at være 1,0 m³/h (storforbrugere) og udløbstemperaturen på varmepumpens kolde side til 10°C, vil temperaturen i returledningen efter den første tilslutning falder ned til 33,4°C fra 34,5°C. Beregning af temperaturen efter en tilslutning er som følge:

$$q_{t1,før} = 40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$q_{s1,frem} = 1,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$q_{s1,frem} = q_{s1,retur}$$

$$q_1 = q_{t,før} - q_{s1,frem}$$

$$T_{t,frem} = 34,5^\circ\text{C}$$

$$T_{s1,frem} = 34,5^\circ\text{C}$$

$$T_{s1,retur} = 10^\circ\text{C}$$

$$q_{b1} = q_1 + q_{s1,retur}$$

$$T_{b1} = \frac{q_1 \cdot T_1 + q_{s1,retur} \cdot T_{s1,retur}}{q_1 + q_{s1,retur}}$$

For disse betegnelser se figur 4.2.2.1.0.

Ud fra ovenstående beregningsforudsætninger kommer temperaturen i transmissionsledningens returløb under 12°C efter 100 tilslutninger med et flow på 1,0 m³/h ved hver tilslutning. Er flowet ved tilslutningerne 1,5 m³/h falder temperaturen ned til 12°C allerede efter 67 tilslutninger og ved et flow på 3,0 m³/h er der plads til 33 tilslutninger før temperaturen kommer ned på 12°C.

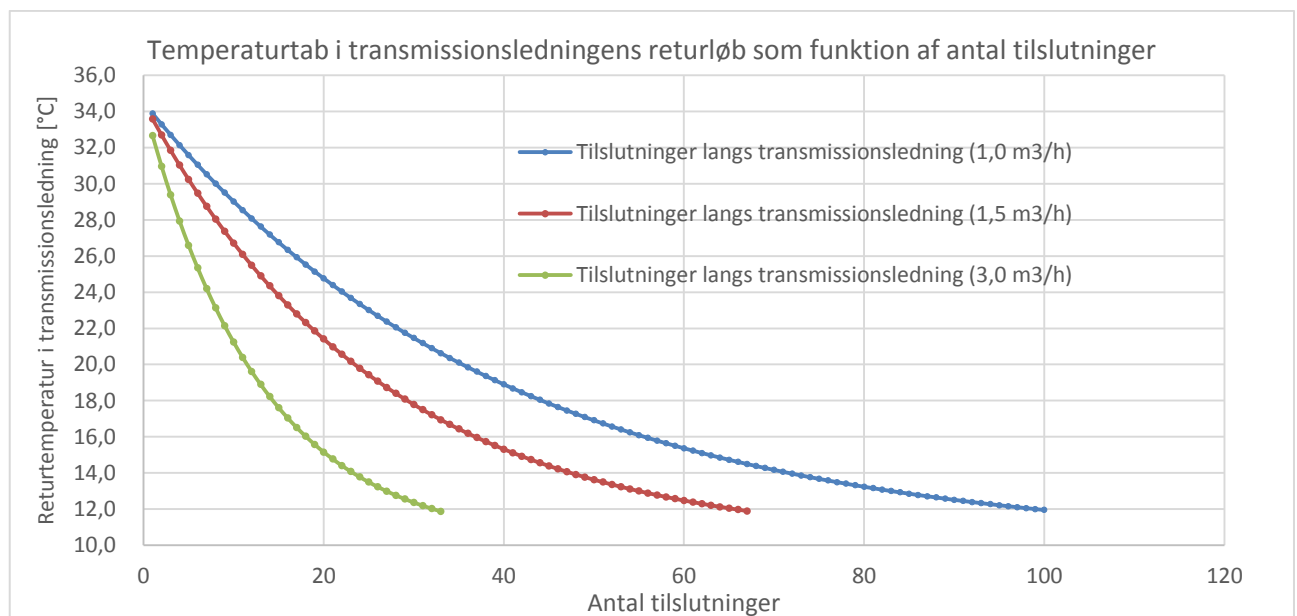


Diagram 4.2.2.1.1; Illustration af temperaturtabet i transmissionsledningens returløb som funktion af antal tilslutninger med forskellige flow.

5. Anlægsdrift og driftsdata

Varmepumpen har været i drift siden etableringen i starten af 2014. Anlægget kørte stabilt, men dog med faldende COP værdi, indtil midt 2015, hvor der opstod driftsproblemer. I den forbindelse blev en række komponenter udskiftet og varmtvandsbeholderen blev udskiftet til en 500 liters tank. Blandt forbedringerne var også udskiftning af en termoventil til en større model. Formålet med udskiftning af termoventilen var bl.a. at opnå en højere COP-værdi. Efter udskiftning af disse komponenter og forbedringerne har anlægget kørt godt, men man har ikke kunnet registrere forbedring af COP-værdien som følge af forbedringerne af anlægget.

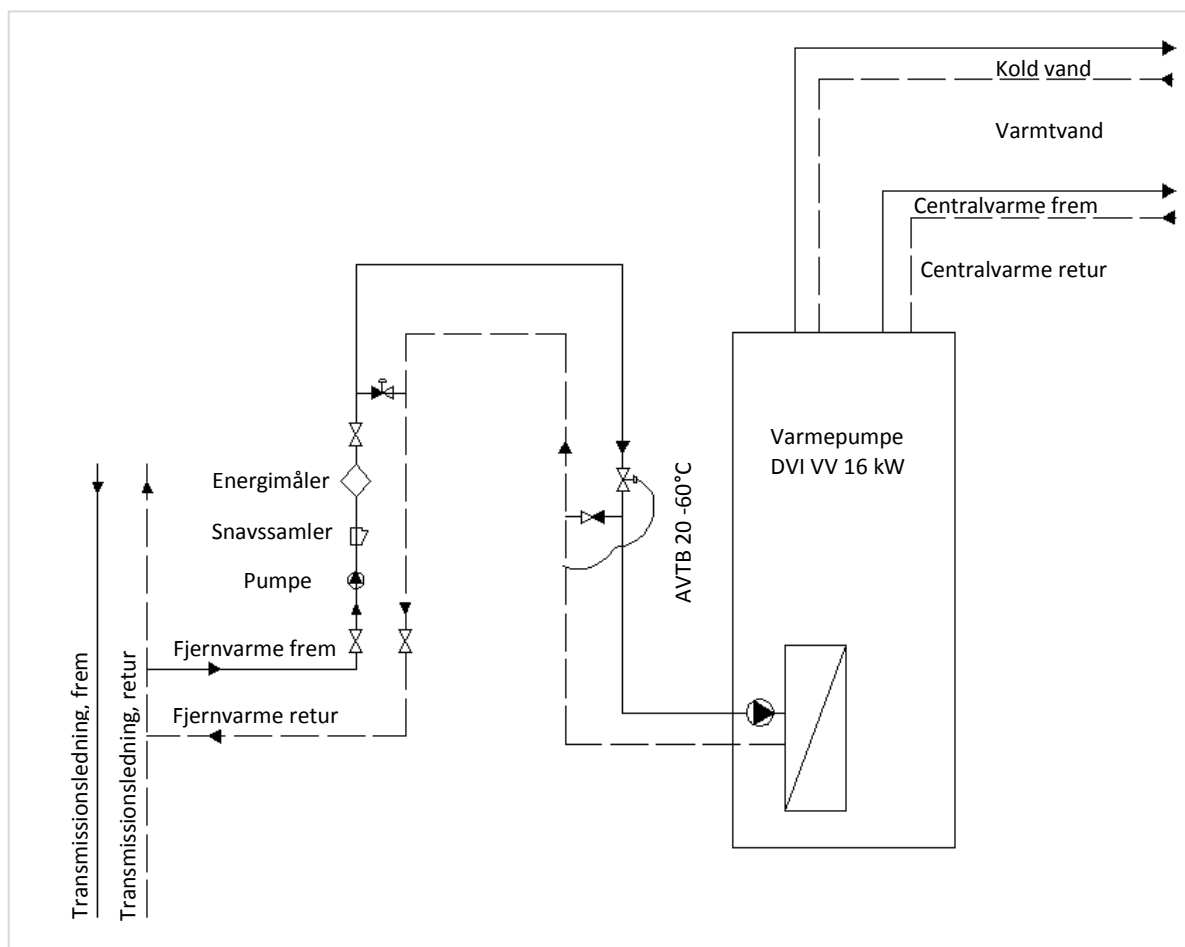
Varmepumpeanlægget bliver anvendt til opvarmning af Golfklubben og et værksted samt opvarmning af brugsvandet året rundt. Anlægget er ikke i drift kontinuerligt, men det har dog været i drift størstedelen af døgnets timer for at dække det samlede varmebehov i bygningerne.

Følgende data er løbende registreret:

- Udetemperatur
- Strømforbrug
- Varmeforbrug

5.1. Ind- og udløbstemperaturer

Den installerede varmepumpe er en varmepumpe af typen DVI VV16 varmepumpe med indbygget varmtvandsbeholder. Varmepumpen er et jordvarmeanlæg og maks. indløbstemperaturen på den kolde side er derfor lavere end hvis det f.eks. var et industrivarmepumpe.



Figur 5.1.0; Principtegning – varmepumpeanlæg ved Aars Golfklub.

Dette betyder, at returvandet i transmissionsledningen fra Hornum skal shuntes med koldt vand inden det kommer ind i varmepumpen således at indløbstemperaturen til varmepumpens kolde side ikke er over 20°C. Hermed har varmepumpen ikke kunnet få nytte af en returtemperatur højere end 20°C. Det har stor indflydelse på varmepumpens COP-værdi - jo højere temperaturløft jo dårligere COP-værdi.

5.2. Analyse af varmepumpens COP-værdi

Målte el- og varmekonsum er anvendt til beregning af varmepumpens COP-værdi. Aflæsning af varmepumpens varmekonsum sker på fjernvarmemåleren, hvorfor den beregnede COP-værdi er en værdi for køling. Omregning af køle COP-værdi til varme COP-værdi er givet ved: Varme COP-værdi = køle COP-værdi + 1.

COP-værdien blev lige efter etablering af varmepumpeanlægget målt til 4,57 og DVI forventede, at værdien skulle stige til ca. 5 efter anlægget kom i drift i en periode. Dog har COP-værdien været faldende sidenhen. Den højeste COP-værdi er målt til 4,81 og den laveste til 3,2. Gennemsnits COP-værdien er 4,19.

Nedenstående diagram viser den udregnede middel system COP-værdi for varmepumpeanlægget, målt gennem projektperioden.

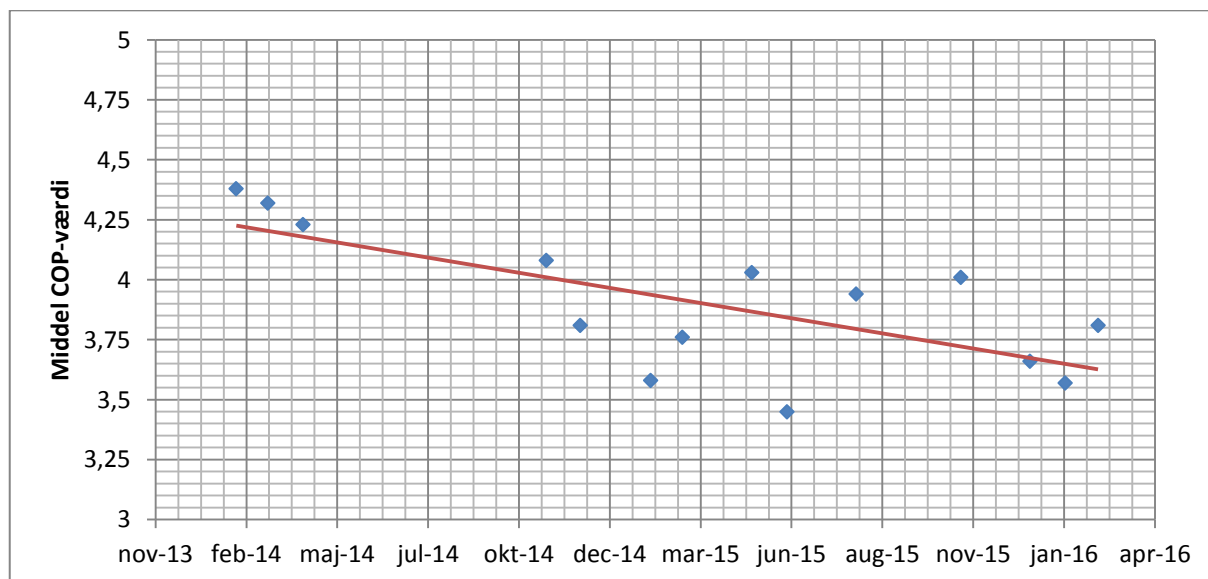


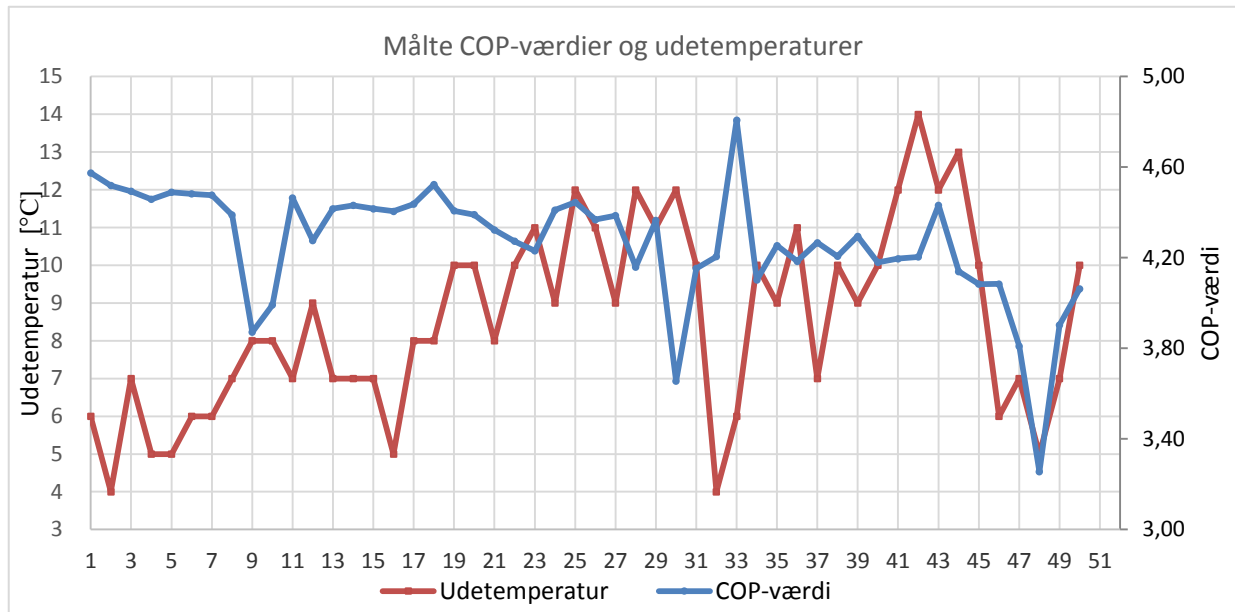
Diagram 5.1.2.0; Middel COP-værdier i perioden fra februar 2014 til marts 2016.

Som det fremgår af diagrammet har middel COP-værdien været støt faldende siden installationen af anlægget.

Energien i transmissionsledningen har været stort set konstant i hele perioden og der har ikke været eklatante vejrskifter over sommer og vinter sæsonerne. Faldet i COP-værdi antages derfor at skyldes varmepumpeanlæggets drift, varmepumpeanlæggets teknik eller begge dele.

Jf. projektleder Mads Hougaard fra DVI har varmepumpeanlægget til tider haft op til 30 start og stop i løbet af en dag. Det er antaget, at dette skyldes den særlige driftssituation, der vedrører varmebehovet for Aars Golfklub, hvor brugsvandsbehovet er relativt højt forhold til rumvarmekonsumet. Golfklubben har et højt brugsvandsbehov om sommeren til omklædningsrummene og et meget lavt varmebehov om vinteren, hvor klubbens faciliteter ikke anvendes i vid udstrækning.

Der har også været indikationer på, at varmepumpeanlægget og dets varmelager, har været underdimensioneret til spidslastforbruget i golfklubben, hvor brugsvandsbehovet er højt.



Figur 5.1.2.0; Varmepumpeanlæggets COP-værdier og målte udetemperaturer.

Som det kan ses på ovenstående figur 5.1.2.0 er der ikke nogen sammenhæng mellem udetemperaturen og de målte COP-værdier.

5.3. Forbedring af Aars Fjernvarmes varmeanlæg

På grund af varmepumpens størrelse, i forhold til det samlede varmeanlæg er det ikke muligt, at måle på varmepumpeanlæggets virkning på det samlede anlæg hos Aars Fjernvarme. Det er derfor kun muligt at beskrive forbedringen af kraftvarmeværkets effektivitet og virkningsgrad ved hjælp af teoretiske beregninger, se afsnit 4.2.1.

6. Konklusion

Projektets formål var at undersøge en mulig løsning på problematikken omkring el-overløb i el-nettet og ledningstab forårsaget af høje returtemperaturer i fjernvarmenettet ved, at udnytte sammenspillet mellem fjernvarmen og elsektoren med varmepumper som bindeled. Dette blev undersøgt ved at udnytte lavenergivarmeren i fjernvarmens returlledning som varmekilde til individuelle kompressions varmepumper hos forbrugere langs fjernvarme transmissionsledninger.



Billede 6.0; etableringen af stikledningen til Aars Golfklub.

I starten af 2014 blev der etableret et varmepumpeanlæg hos Aars Golfklub til varmforsyning af det 650 m² store klubhus samt tilhørende værksted. Varmepumpen har returvandet fra transmissionsledningen mellem Aars og Hornum som varmekilde. Det installerede varmepumpeanlæg forsyner golfklubben med varme til både opvarmning og varmt brugsvand.

6.1. Anlæggets dimension og drift

Anlægget har ved denne slutrapport været i drift i lige over 2 år. Siden projektets start har systemets COP værdi (SCOP) været faldende. Det konkluderes i projektet, at den faldende COP værdi skyldes varmepumpeanlæggets dimensionering og drift. Driftsproblemerne antages primært at være forårsaget af den særlige driftssituation, der vedrører varmebehovet for Aars Golfklub, hvor brugsvandsbehovet er relativt højt i forhold til rumvarmeforbruget, hvorfor man har mange driftsstop på anlægget. I januar 2016 blev en del komponenter desuden udskiftet og en ekstra varmtvandsbeholder blev installeret. Siden udskiftningerne har anlægget kørt stabilt.

Gennemsnits COP-værdien på det installerede varmepumpeanlæg ved Aars Golfklub ligger på 4,19, altså lavere end forventet, hvilket kan begrundes med forkert dimensionering af varmepumpeanlæg og varmtvandsbeholderen. Den valgte varmepumpeanlæg er desuden opbygget som varmepumpe til jordvarmeanlæg med en maks. indløbstemperatur på 20°C. Dette vil begrænse udnyttelse af den resterende varme i returløbet. Jf. projektleder hos DVI har DVI planer og teknologier til udvikling af mindre varmepumpeanlæg designet til returvarme som pumpens varmekilde.

Vælges der en industrivarmpumpe, som kan klare indløbstemperatur på op til 35°C, som er returtemperaturen i de fleste transmissionsledninger kan der opnås en højere COP-værdi, og dermed bedre brugerøkonomi.

Ovenstående har afledt følgende erfaringer:

- For at opnå høj effekt skal varmepumpeanlægget designes til den forventede returvandstemperatur, så returvandets fulde energiindhold udnyttes.
- For at opnå stabil drift skal varmepumpeanlægget designes til den forventede driftssituation, der bør derfor ligges mere vægt på, at få et præcist billede af driftssituationen i projekteringsfasen.
- Det kan være en fordel, at overdimensionere anlæggets akkumuleringskapacitet.

6.2. Projektets delmål

Projektets delformål var, at redegøre for varmepumpers anvendelsesmuligheder for, at mindske tabet i transmissions- og distributionsledningen, samt forbedre energiudnyttelse af kraftvarmeværkets producerede energi og herved også forbedre nyttevirkningen af kraftvarmeværket.

Det har ikke været muligt, at måle varmepumpeanlæggets virkninger på transmissionsledningen og det samlede kraftvarmeanlæg hos Aars Fjernvarme. Dertil er varmepumpeanlæggets indvirkning på det samlede system for lille. Projektets delkonklusioner er derfor grundet i teoretiske beregninger.

6.3. Indvirkning på røggaskondensering

Anvendelsen af returvarmen til varmeforsyning af nye forbrugere medfører en lavere returtemperatur og giver dermed et forbedret virkningsgrad af kraftvarmeværket, såfremt der kan opnås større varmeoverførsel i en kondenserende kedel. For nogle varmeproducerende anlæg giver den forbedrede anlægseffektivitet omkostningsfri merproduktion og dermed en besparelse i brændselskøbet. For affaldsbaserede kraftvarmeanlæg med kondenserende kedel skal der pt. betales energifgifter pr. produceret MWh varme, hvilket betyder at den forbedrede anlægseffektivitet giver en meromkostning i afgifter.

I beregningseksemplet med Aars Fjernvarme, vil en reduktion af returtemperaturen på 10 C give en merproduktion af varme på 6.750 MWh. Dette giver en merindtægt på ca. 2,37 mio. kr./år ekskl. afgift. Indregnes afgiften til affaldsvarmeproduktionen reduceres merindtægten med ca. 19 % til 1,92 mio. kr./år.

Projektet har vist at det er muligt, at forbedre nyttevirkningen af kraftvarmeanlægget i Aars.

Varmeværkets udnyttelse af koldere returvand vil være begrænset af det kondenserende anlæg størrelse og dermed evne til, at udnytte en given mængde returvand. Hvis varmeværket anvender et kedelanlæg uden et kondenserende anlæg som grundlast, har koldere returvand som udgangspunkt kun begrænset værdi for varmeværket. Andre produktionsformer kan dog også drage nytte af koldere returvand, f.eks. har solvarmeanlæg højere ydelse ved lavere returtemperaturer. Dette er dog ikke undersøgt i nærværende projekt.

6.4. Indvirkning på transmission og distributionsledninger

Som beskrevet i det ovenstående er varmepumpeanlæggets indvirkning til transmissionssystemet for lille til, at kunne måles. Derudover vil besparelsen i transmissionssystemet være specifik for et givent ledningsanlæg, ved et givent temperatursæt.

For at beregne den potentielle effekt har vi i stedet taget udgangspunkt i en teoretisk situation, hvor 50 ejendomme skal opvarmes via et varmepumpeanlæg på returvarme. Herefter er besparelsen i varmetab i transmissionssystemet stillet over for varmeproduktionsomkostningen for et varmepumpeanlæg. Des længere et transmissionssystem des større er besparelsen i varmetabet.

Beregningen viser, at under de givne forudsætninger, skal transmissionssystemet være min. 4 km langt, før en potentiel besparelse i varmetab kan modsvare varmeproduktionsomkostningerne på varmepumpeanlægget. For at kunne betale for afskrivningen af varmepumpeanlægget, skal transmissionssystemet derfor være væsentligt længere.

Beregningen viser, at der vil være en besparelse i varmetab i transmissionssystemet, men at den er begrænset. Af lige så stor eller større betydning har det nok, at varmeværket ved udnyttelse af returvarmen til varmeforsyning af nye forbrugere kan udnytte en større mængde af den energi, der allerede er tilstede i netværket, uden at ledningsnettets kapacitet skal øges. Dvs. man kan sætte flere kunder på ledningsnettet, end hvad ledningsnettet er udlagt til. Herved kan varmeværket spare væsentlige udvidelsesomkostninger på ledningsnettet.

6.5. Teknologiens konkurrencedygtighed

Under de rette forudsætninger er varmepumper på returvarme konkurrencedygtig med traditionel fjernvarme. I beregningseksemplerne giver følgende forudsætninger en konkurrencedygtig varmepumpeinstallation:

- Tilslutningsafgiften sættes til 0 kr. Argumentationen herfor kan f.eks. være, at et varmepumpeanlæg på returvarme ikke belaster varmenettets kapacitet, dvs. varmeværket skal ikke foretage en ledningsinvestering for, at tilkoble kunden.
- Den variable varmepris sænkes med 50 %. Argumentet herfor er, at varmeværket leverer et produkt af lavere kvalitet (energitæthed), hvorfor prisen bør reduceres.
- Den faste afgift sænkes med 50 %. Argumentet herfor kan f.eks. være, at varmeværket forbedre værkets samlede effektivitet på baggrund af den koldere returvarme.

Under de rette forudsætninger er varmepumper på returvarme konkurrencedygtig med traditionel jordvarme. Dette kræver, at ovenstående prisstruktur for returvarmen anvendes. Derudover er varmepumpeanlægget på returvarme følsom overfor investeringen i stikledningen, hvorfor stikledningens længde har betydning for anlæggets konkurrencedygtighed.

Projektet har vist, at varmepumper på returvarme til et standard hus, kun lige er konkurrencedygtig med traditionel jordvarme. På større anlæg bliver returvarmen dog mere og mere konkurrencedygtig og kommer vi op på +250 kW varmepumpeanlæg, vil varmepumper på returvarme være langt mere praktisk at anlægge end jordvarmeanlæg.

6.6. Perspektivering

Varmepumpe til varmeforsyning med fjernvarmereturen som varmekilde er en god og konkurrencedygtig varmeløsning under de rette forudsætninger og der er et godt potentiale for anvendelse af teknologien nu og i fremtiden. Varmepumpe på returvarme kan konkurrere mod andre løsninger hos bestemte forbrugere, herunder storforbrugere tæt på transmissionsledninger og forbrugere, som ikke har mulighed for etablering af f.eks. et jordvarmeanlæg pga. pladsmangel og eller dårlig jordbundsforhold. I modsætning til andre individuelle varmeløsninger som f.eks. solvarmeanlæg har varmepumpe på returvarme den fordel, at den kan forsyne bygningen året rundt.

De fleste fjernvarmeselskaber i Danmark er et hvile-i-sig-selv selskab og må derfor ikke tjene penge på salget af fjernvarme. Fordelen af koldere returvand og omkostningerne til opvarmning af fjernvarmereturen fra en koldere temperatur, skal holdes op mod hinanden og returvarmeprisen kan hermed afregnes. Fordelene ved at have koldere returvand er først og fremmest afhængig af om varmeværket har et kondenserende anlæg, som kan drage nytte af det kolde returvand. Har værket ingen kondenserende anlæg betyder det, at der mindre fordele for fjernvarmeværket. Den årlige omkostning til varmeforsyning med varmepumpe på returvarme skal som udgangspunkt svare til omkostninger til varmeforsyning med traditionel fjernvarme.

Den stigende vindmølle el-produktion i fremtiden kan derfor med stor fordel anvendes til forbedring af fjernvarmesystemet. Med en COP-værdi på 5, svarer elforbruget til opvarmning i et standard hus til ca. 20 % af det samlede energiforbrug til opvarmning. Jo højere COP-værdier der kan opnås jo større bliver andelen af elforbruget i opvarmningssystemet.

Værdien af returvarmen vil variere fra værk til værk i forhold til produktionsanlæg og fjernvarmenetværkets layout og kapacitet. Består det primære produktionsanlæg f.eks. af et motoranlæg med en kondenserende kedel eller af et solvarmeanlæg, så har koldere returvand en højere værdi pga. den øgede produktionseffektivitet ved lavere vandtemperaturer på sådanne anlæg.

Erfaringerne fra nærværende projekt kan sammen med mere velegnede teknologier afhjælpe problematikken omkring el-overløbet. Teknologien kan med fordel for forbrugere, varmeværket og samfundet anvendes til varmeforsyning af nye forbrugere.

