

# Kostnader for fjernvarmeutbygging

Rapporten ”Kostnader for fjernvarmeutbygging” presenterer kostnader for bygging av fjernvarme primært basert på bioenergi.

Rapporten har som mål å være et hjelpemiddel for fjernvarme utbyggere.



## Kostnader for fjernvarmeutbygging. Status 2010

Rapporten "Kostnader for fjernvarmeutbygging" presenterer kostnader for bygging av fjernvarme basert på primært bioenergi som grunnlast. Rapporten har som mål å være et hjelpemiddel for fjernvarme utbyggere for å sette opp investeringsbudsjett og gjennomføre forprosjekt. Investeringene i fjernvarmedistribusjon og varmesentraler er estimert og der det er tatt hensyn til tekniske og praktiske forutsetninger som medfører forskjeller i investering og driftskostnad. Rapporten er komplett med et avsnitt om varmepumper, men der de lokale forutsetningene er større enn for biokjeler og dermed er det vanskeligere å presentere konkrete "nøkkeltall".

Målet med rapporten er å presentere et kostnadsopplegg for fjernvarmeprosjekter fordelt på kostnadselement og der kostnadsopplegget er basert på tilbud fra bygging av konkrete anlegg under senere år.

Et anlegg som er mindre komplekst med billigere løsninger, materiell, styresystem etc. gir en lavere investering men kan gi høyere driftskostnader, sammenlignet med mere robuste og dyrere løsninger av bedre kvalitet.

I rapporten presenteres ikke navn eller adresser på noen konsulenter, leverandører av utstyr eller entreprenører. Informasjon om disse kan fås fra Norsk Fjernvarme alternativt NoBio.

Formålet med rapporten er å styrke den generelle kunnskapsbasen og stimulere kunnskapsformidlingen innen fjernvarmebransjen.

Prosjektet er finansiert av Norsk Fjernvarme med støtte fra Enova SF og gjennomført i nært samarbeid med Norsk Fjernvarme.

For å bedre bakgrunnsdata har Norsk Fjernvarme nedsatt en gruppe bestående av John Marius Lynne Eidsiva Bioenergi, Jon Tveiten Norsk Energi og Heidi Juhler Norsk Fjernvarme som kommet med verdifulle innspill til rapporten.

I rapporten er det presentert tall for tilgjengelig teknologi og best praksis for varmesentraler og varmedistribusjon i området 100 kW til 10 MW.

- Fjernvarmerør presenteres med dimensjoner, effektoverføring og kostnad.
- Kundesentraler / varmevekslere / varmemålere basert på dimensjon og kostnad.
- Biobrenselkjeler presenteres for ulike brensel som funksjon av kjeleeffekt og kostnad.
- Gass-/ oljekjeler presenteres som funksjon av kjeleeffekt og kostnad.
- Varmepumper basert på ulike varmekilder så som jord/bergvarme og sjøvann.
- Drift- og vedlikeholdskostnader

*Det tas forbehold for at oppgitte priser er estimat tilpasset et spesifikt prosjekt, andre plasser med andre entreprenører og leverandører kan gi helt andre kostnader.*

Nittedal 06 desember 2010

*Mats Rosenberg, Bioen as*

## Innhold

<b>1. GRENSESNIITT.....</b>	<b>7</b>
<b>2. KUNDESENTRALER .....</b>	<b>8</b>
2.1.    GENERELT .....	8
2.2.    INDIREKTE SYSTEM.....	9
2.3.    VARMVEKSLERENHET.....	9
2.4.    VARMEMÅLERE .....	10
2.5.    INSTALLASJON .....	11
2.6.    OPPSUMMERING - KUNDESENTRALER .....	11
2.7.    DAMPVARMVEKSLER.....	11
<b>3. FJERNVARMENETT .....</b>	<b>13</b>
3.1.    GENERELT .....	13
3.2.    DIMENSJONERING OG KAPASITET I FJERNVARMERØR.....	13
3.3.    VARMETAP FRA PREISOLERTE STÅLRØR .....	14
3.4.    VARMETAP FRA PREISOLERTE PEX-RØR.....	15
3.5.    PREFABRIKKERTE STÅLRØR MED DELER .....	16
3.6.    PREFABRIKKERTE PEX MED DELER .....	17
3.7.    GRØFTEARBEIDER.....	18
3.8.    TOTAL KOSTNAD FOR FJERNVARMENETT (STÅLRØR).....	18
<b>4. VARMESENTRALER.....</b>	<b>20</b>
4.1.    OPPBYGGING AV VARMESENTRALER .....	20
4.2.    BIOBRENSLETYPYPER .....	21
4.3.    PELLETANLEGG .....	22
4.4.    BRIKETTER/TØRRFLIS .....	23
4.5.    FUKTIG FLIS .....	23
4.6.    OPPSUMMERT .....	24
4.7.    KOSTNADER FORDELT PÅ ULIKE KOMPONENTER .....	25
4.8.    EN LEVERANDØRS BUDSJETT FOR EN BIOBRENSELENHET PÅ 2500 kW.....	32
4.9.    KOSTNAD FOR EN KOMPLETT VARMESENTRAL .....	33
<b>5. VARMEPUMPER.....</b>	<b>34</b>
LAVTEMPERTURKILDER .....	35
<b>6. DRIFT- OG VEDLIKEHOLD AV BIOBRENSSELKJELER.....</b>	<b>37</b>
6.1.    PERSONELL /ARBEIDSKRAFT .....	37
6.2.    ASKEHÅNTERING.....	38
6.3.    ELEKTRISITETSBEHOV .....	38
6.4.    OPPSUMMERING AV DRIFT/VEDLIKEHOLD.....	39
<b>7. REFERANSER.....</b>	<b>39</b>

### **Figur liste**

FIGUR 1-1, GRENSESNITT FJERNVARMESYSTEM .....	7
FIGUR 2-1, PRINSIPP FOR DIREKTE OG INDIREKTE SYSTEM.....	8
FIGUR 2-2, KUNDESENTRALS KOSTNAD.....	10
FIGUR 2-3, KOSTNAD FOR DAMPVEKSLERE.....	12
FIGUR 3-1, TURVANN GÅR DIREKTE OVER I RETURSTOKKEN UTEN Å BLI AVKJØLT. ....	13
FIGUR 3-2, VARMETAP FRA STÅLRØR.....	15
FIGUR 3-3, VARMETAP FRA PEX-RØR .....	15
FIGUR 3-4, TWIN RØR PÅ LAGER.....	17
FIGUR 3-5, KOSTNAD FOR FJERNVARMENETT (VÅREN 2010). ....	19
FIGUR 4-1, VARIGHETSKURVE MED EN GRUNNLASTKJEL.....	20
FIGUR 4-2, VARIGHETSKURVE MED TO GRUNNLASTKJELER .....	21
FIGUR 4-3, OPPSUMMERTE KOSTNADER FOR BIOBRENSLEHETER SOM KR/KW-BIO. ....	25
FIGUR 4-4, MASKINKOMPONENTER I ET BIOBRENSELANLEGG .....	25
FIGUR 4-5 BYGGET UTSEENDE ER KOSTNADSDRIVENDE .....	26
FIGUR 4-6, KOSTNAD FOR DAMPANLEGG BASERT PÅ PELLETS OG SKOGSFLIS.....	28
FIGUR 5-1, EKSEMPEL PÅ EFFEKT VARIASJON I MENGDE AVLØPSVANN I LØPET AV TO ÅR.....	36

### **Tabell liste**

TABELL 2-1, KOSTNAD FOR VARMEMÅLER.....	10
TABELL 2-2, KOSTNADER FOR KOMPLETTE KUNDESENTRALER .....	11
TABELL 2-3, KOSTNAD FOR KOMPLETT DAMPMÅLER.....	12
TABELL 3-1, PRISER FOR ENKEL RØR OG MUFFER.....	16
TABELL 3-2, KOSTNAD FOR TWINRØR SAMMENLIGNET MED ENKELRØR .....	17
TABELL 3-3, KOSTNAD FOR PEX-RØR (EKSKL TRANSPORT) .....	18
TABELL 3-4 KOSTNADEN FOR FJERNVARMESYSTEM NETTET FOR ULIKE DIMENSJONER .....	19
TABELL 4-1, KJELSAMMENSETNING FOR Å OPPNÅ N-1.....	21
TABELL 4-2, KOSTNAD FOR PELLETRANLEGG.....	22
TABELL 4-3, KOSTNAD FOR VARMESSENTRALER FOR BRIKETTER/TØRR FLIS. ....	23
TABELL 4-4, KOSTNAD FOR INDUSTRIANLEGG FOR FUKTIG FLIS.....	23
TABELL 4-5, KOSTNAD FOR FJERNVARMENANLEGG FOR FUKTIG FLIS .....	24
TABELL 4-6, KAPITEL 27, UTSLIPPSKRAV FOR NYE ENHETER .....	29
TABELL 4-7 KOSTNADER FOR OLJEFYRTE SPISS/RESERVEENHETER.....	31
TABELL 4-8, OPPSPLITTING AV KOSTNADER FOR BIOBRENSELANLEGG UTEN BYGG .....	33
TABELL 4-9, KJELINSTALLASJON KOMPLETT VARMESENTRAL .....	33
TABELL 4-10, INVESTERING KOMPLETTE VARMESSENTRALER .....	34
TABELL 5-1, KOSTNAD FOR BERGVARMEPUMPE PÅ 3000 KW .....	37
TABELL 6-1, TIDSFORBRUK FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV BIOKJELER.....	38
TABELL 6-2, OPPSUMMERING AV DRIFT- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER.....	39

## Sammendrag/konklusjon

Det er sammenstilt et estimat av kostnader for fjernvarmeutbygging, basert på tilbudte og utførte fjernvarmeutbygginger. Kostnadene er fordelt på kundesentraler, fjernvarmedistribusjon og varmesentraler.

Rapporten er basert på underlag fra konkrete anlegg som er bygget under 2007 - 2010 med tilbud på anlegg, og omfattende både budsjettpriser og konkrete tilbud. Hvert anlegg er unikt og det er derfor ikke mulig å eksakt vurdere kostnaden for et fremtidig anlegg basert på tidligere erfaringer. Hvert anlegg er tilpasset de spesifikke forutsetningene som gjelder for dette anlegget og plassert på denne plassen. Tall og underlag i rapporten kan derfor ikke brukes helt ukritisk uten det må tas hensyn til forutsetninger som ligger til grunn for det spesifikke prosjekt.

Samtlige priser er presentert eksklusive merverdiavgift og det er antatt følgende valutakurser i sammenligningen.

$$1 \text{ DKK} = 1,07 \text{ NOK}, \quad 1 \text{ SEK} = 0,87 \text{ NOK}, \quad 1 \text{ €} = 8,0 \text{ NOK}$$

Kostnadsnivå er per høsten 2010, hvis ikke annet er angitt.

Kostnad for komplette **kundesentraler** inklusive leveranse av varmemålere, rørarbeider og prefabrikkert varmevekslerenhet kan oppsummeres med følgende tabell:

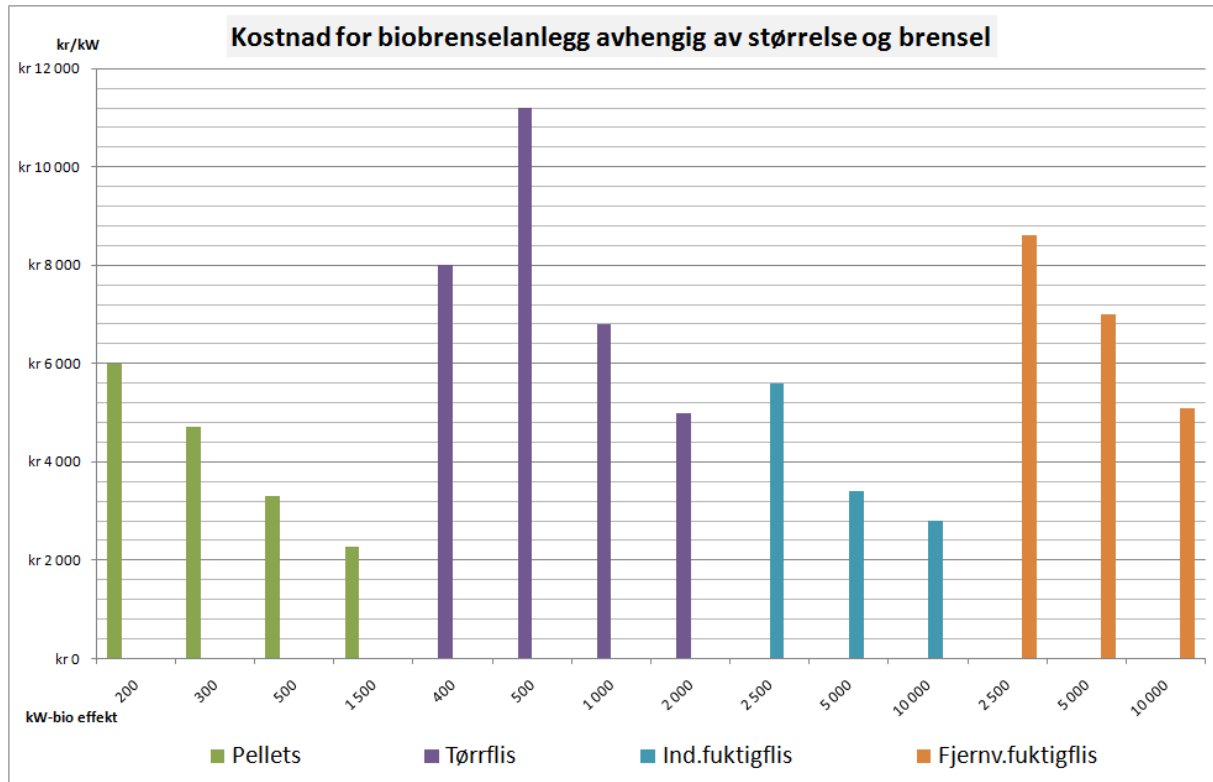
Effekt (oppvarming)	Varmevekslere	Rørarbeider	Prosjektering/el	Sum, NOK
50 kW	70 000	25 000	15 000	110 000
100 kW	80 000	30 000	15 000	125 000
200 kW	90 000	40 000	20 000	150 000
500 kW	110 000	60 000	20 000	190 000
1000 kW	150 000	75 000	25 000	250 000

Kostnaden for utbygging av **fjernvarmenett** (isolasjonsklasse serie-2) er oppsummert i følgende tabell oppgitt i kr per meter grøft.

DN	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
Effekt ved $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$ , kW	110	190	360	550	1100	1950	3200	6500	11700	18300
Rør materiell	300	350	400	450	600	700	900	1400	1900	2400
Rørmontasje	300	350	400	650	900	1300	1400	1600	1800	2000
Grøftarbeid	850	900	1100	1100	1500	1800	2000	2250	2400	2600
Prosj/byggeledelse	350	400	500	550	600	620	700	750	800	900
<b>Sum</b>	<b>kr 1 800</b>	<b>kr 2 000</b>	<b>kr 2 400</b>	<b>kr 2 750</b>	<b>kr 3 600</b>	<b>kr 4 420</b>	<b>kr 5 000</b>	<b>kr 6 000</b>	<b>kr 6 900</b>	<b>kr 7 900</b>
Påslag asfalt	kr 800	kr 800	kr 800	kr 800	kr 800	kr 900	kr 1 000	kr 1 100	kr 1 150	kr 1 200
<b>Sum inkl asfalt</b>	<b>kr 2 600</b>	<b>kr 2 800</b>	<b>kr 3 200</b>	<b>kr 3 550</b>	<b>kr 4 400</b>	<b>kr 5 320</b>	<b>kr 6 000</b>	<b>kr 7 100</b>	<b>kr 8 050</b>	<b>kr 9 100</b>
Påslag sentrum	kr 1 200	kr 1 300	kr 1 400	kr 1 500	kr 1 700	kr 1 800	kr 1 900	kr 2 100	kr 2 200	kr 2 300
<b>Sum asfalt/sentrum</b>	<b>kr 3 800</b>	<b>kr 4 100</b>	<b>kr 4 600</b>	<b>kr 5 050</b>	<b>kr 6 100</b>	<b>kr 7 120</b>	<b>kr 7 900</b>	<b>kr 9 200</b>	<b>kr 10 250</b>	<b>kr 11 400</b>

Sum er for en utbygging ved enkle grunnforhold (grus, gress etc). Hvis det er utbygging der man må asfaltere over grøften skal det gjøres et påslag for asfalt. Hvis det i tillegg er utbygging i sentrumsområde må man gjøre et sentrumspåslag i tillegg til asfalt tillegget.

Kostnaden for **biobrenselanlegg** er oppsummert i figuren under. Søylene viser investeringen for en biobrenselenhet ferdig installert i et bygg. Anlegg for fuktig flis er dyrest. Bemerk at for pelletanleggene inngår ikke byggekostnader. Hva som er optimalt kan variere fra anlegg til anlegg. En generell regel er at i mindre anlegg bør man bruke et mer homogent og tørrere brensel.



Tallene er nærmere presentert i avsnitt 4.3-4.6.

### Varmepumper

Kostnaden for varmpumper er avhengig hva det koster å ta i bruk lavtemperturkilden. Der det ligger vel til rette for bruk av varmpumper kan denne kostnaden være lav, men i andre tilfelle kan den være svært høy.

For bergvarmpumper er det presentert en kostnad på komplett installasjon på mellom 10 000 og 20 000 kr/kW varmpumpe effekt der prisen varierer med størrelse og teknikk.

### Drift- og vedlikehold

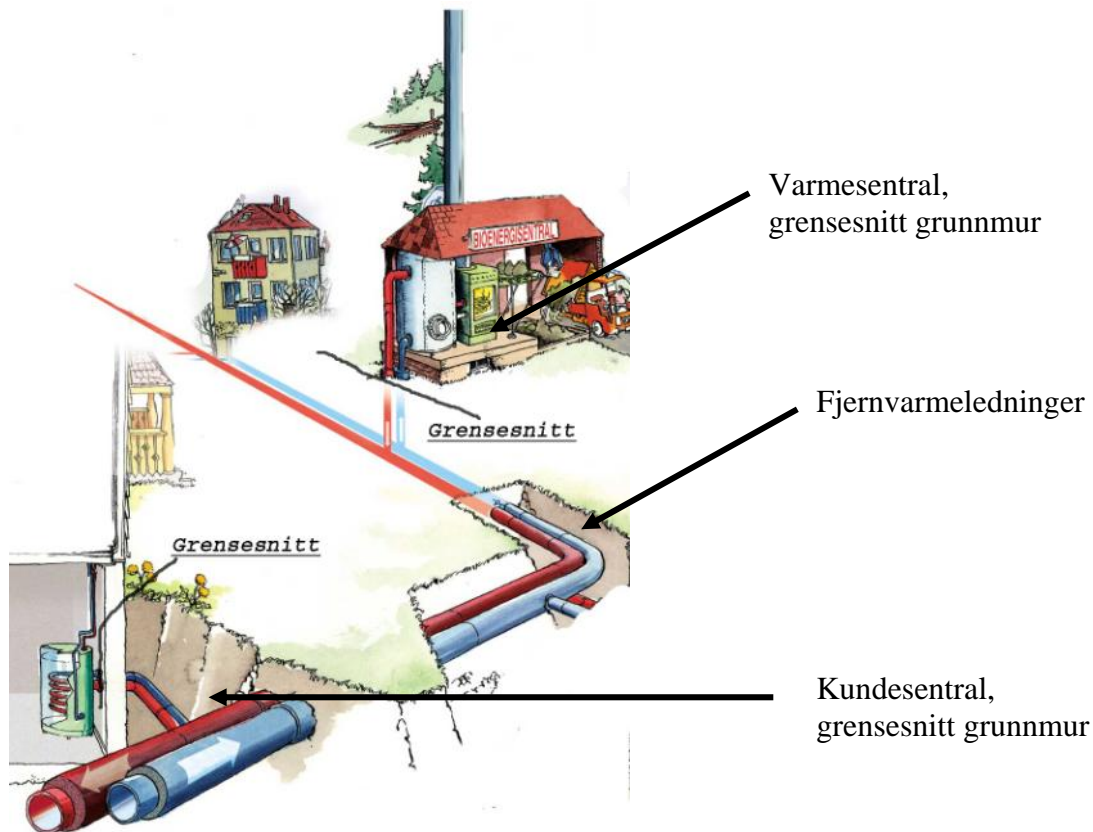
Drift- og vedlikeholdskostnaden for et biobrenselanlegg er avhengig av brenselkvalitet og kvaliteten på installert anlegg. Et dårligere brensel og et dårligere anlegg krever mer av driftspersonell. Et teknisk bra anlegg og med et homogent brensel har en drift- og vedlikeholdskostnad på 5-7 øre/kWh. Hvis man har et dårlig anlegg og et brensel som medfører driftsproblem så kan kostnaden raskt bli det dobbelte eller i området 10-14 øre/kWh.

## 1. Grensesnitt

Fjernvarmens grunnleggende idé er utnyttelse av lokale, fornybare energiresurser der en større varmeproduksjonsentral gir tekniske, økonomiske og miljømessige gevinster i forhold til flere mindre produksjonsenheter. Normalt er grunnenheten basert på avfallsenergi, biobrensel, varmepumpe og/eller spillvarme fra industrien. Varmen distribueres ut til kundene gjennom et rørnett (fjernvarmerør) og varmer opp vann eller luft hos kundene (i byggene).

Et fjernvarmesystem kan deles opp i tre enheter med klare grensesnitt:

- **Varmesentralen** (kjeler, rørsystem i varmesentral, styresystem, bygg etc.)  
*Grensesnitt:* grunnmur ut fra varmesentralen.
- **Fjernvarmenettet** (fjernvarmerør nedgravet i bakken mellom varmesentral og kunde)  
*Grensesnitt:* grunnmur varmesentral og grunnmur inntil i hvert bygg.
- **Kundeinstallasjoner** (installasjoner hos kunden, for oppvarming og varmt tappevann)  
*Grensesnitt* fra grunnmur og til og med varmeveksler (kundesentral).



Figur 1-1, Grensesnitt fjernvarmesystem

Grensesnittet mellom kunde og fjernvarmeleverandøren varierer en del mellom ulike fjernvarmesystem og påvirker derved investeringen. I dette prosjektet er det antatt at fjernvarmeleverandøren svarer for investeringen og drift/vedlikehold til og med varmeveksler.

## 2. Kundesentraler

### 2.1. Generelt

I større fjernvarmesystemer i Norge er dimensjonerende trykknivå på 16 eller 25 bar og med en temperatur på over 100 °C. For forsyning av bygg som internt har lavere trykk- og temperaturnivå må det installeres varmevekslere mellom fjernvarmesystemet og byggets interne varmesystem, et så kallet indirekte fjernvarmesystem. Varmeveksleren blir et hydraulisk skille mellom fjernvarmesystemet og byggets varmesystem og i tillegg blir det et naturlig grensesnitt der man ikke blander vann.

I mindre komplekse system kan man bruke samme vann i fjernvarmesystemet som i bygget, så kallet direkte system.

I det følgende gis en kort oppsummering av systemene med fordeler og ulemper.

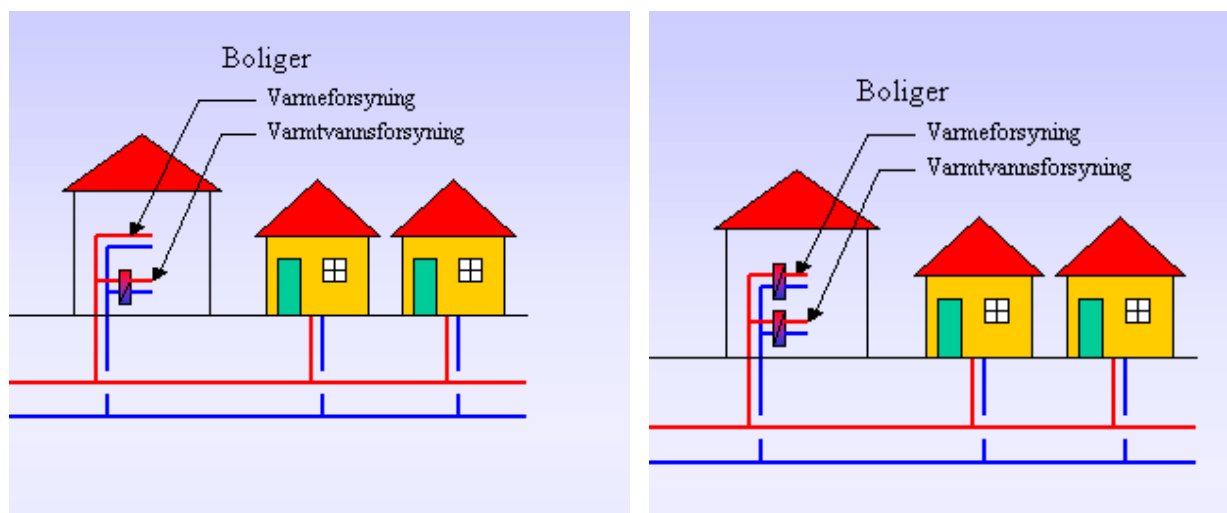
#### 2.1.1. Direkte system

I mindre varmesystem og der man har et maksimalt trykk på 6 bar samt turtemperaturer på under 90-95 °C er det mulig at bruke ”fjernvarmevannet” direkte for oppvarming og installere en varmeveksler for beredning av tappevann. Varme til den enkelte boenhet distribueres direkte (uten overføring i en varmeveksler).

Systemet er billigere og enklere enn et system med varmevekslere (indirekte). Ved lekkasje på varmeanlegget i en enhet, vil det kunne strømme ut store mengder vann, da området varmesystem går inn til hver enkelt radiator. I tillegg kan små lekkasjer være vanskelig å lokalisere i og med at sekundærnettets også omfatter boligens interne varmeanlegg. I og med at varmforsyningen er direkte vil forsyningen til samtlige kunder kunne bli påvirket av feil i varmeanlegget i en bolig.

Det kreves relativt høy temperatur i sekundærnett i den varme delen av året for å kunne levere varmt tappevann. Dette gir en høyere vanntemperatur inn på radiatorer høst/sommer/vår enn ideelt ønskelig og varmetapet øker både i fjernvarmenettet og i boenhetene.

Systemet er relativ vanlig spesielt i Danmark men lite brukt i Norge på grunn av høydeforskjeller og at det er et uklart grensesnitt mellom varmeselger og kjøper.



Figur 2-1, Prinsipp for direkte og indirekte system.



## **2.2. Indirekte system**

I det indirekte system så har i utgangspunkt hvert bygg en veksler for oppvarming og eventuelt en veksler for tappevann. Byggets varme- og varmtvannssystem er atskilt fra fjernvarmenettet via varmevekslene. Dette gjør at kvaliteten på boligens varmedistribusjonssystem er av mindre betydning for fjernvarmenettet. Ved lekkasje i et lokalt varmeanlegg, vil denne være begrenset til det aktuelle bygget.

Vekslerne skal være utstyrt med regulerventiler på fjernvarmesiden for å begrense vannmengden gjennom veksleren og dermed returtemperaturen. Installasjon i det enkelte bygg er mer omfattende enn for det direkte systemet men gir et sikrere system og bedre styring/regulering.

Varmevekslerne blir et fysisk skille (grensesnitt) mellom fjernvarmenettet (primærside) og byggets lokale oppvarmingssystem (sekundærside) og er dermed et naturlig grensesnitt mellom fjernvarmeleverandør og byggeier (kunde).

En komplett prefabrikkert kundesentralen består normalt av følgende enheter:

- varmevekslere for lokalt oppvarmingssystem (radiatorer, ventilasjon etc.)
- varmevekslere for tappevannsberedning
- regulerventiler og utstyr for måling av levert varme, stengeventiler m.m.

Kundesentralene leveres billigst i prefabrikkert utførelse med armatur/instrument og ferdig internt elektrisk koblet. Det er også mulig å få kundesentralene komplett levert med filter, varmemålere og stengeventiler, slik at det er bare å kople på fjernvarmerøren.

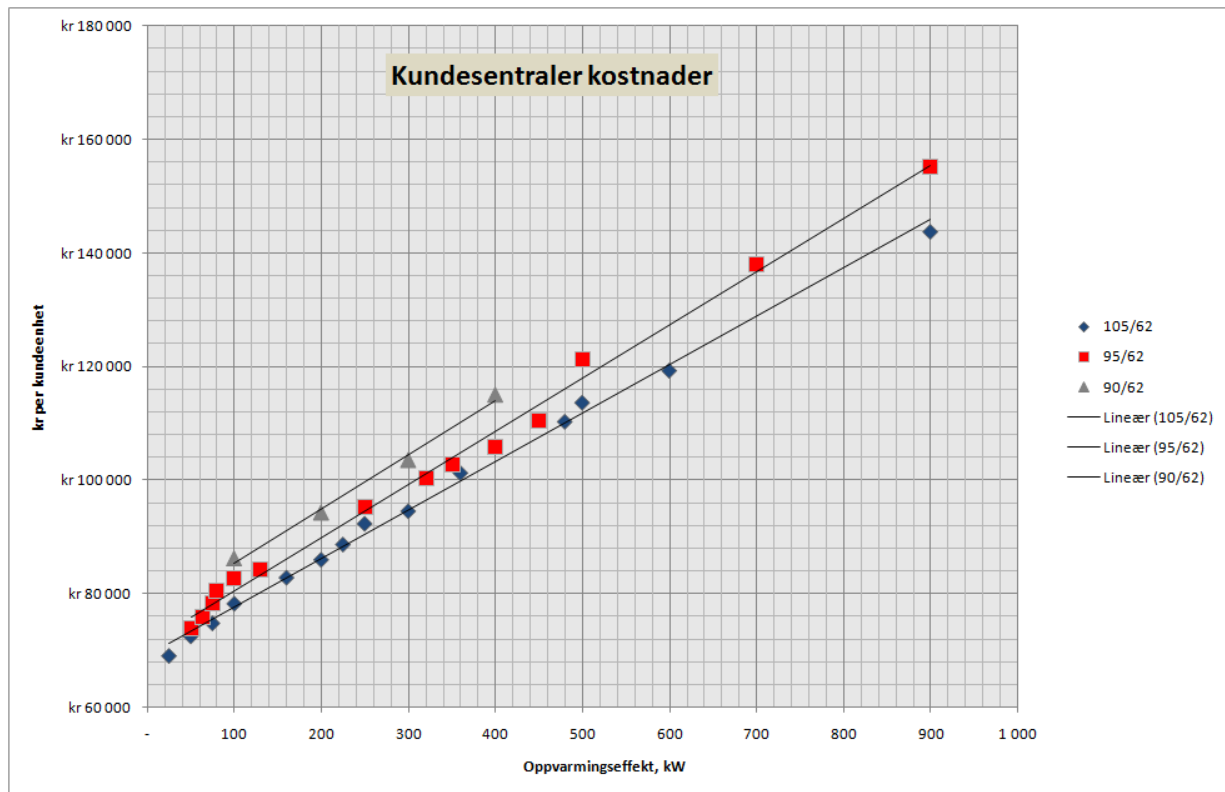
Investeringene i en kundesentral er avhengig av følgende faktorer:

- Effektstørrelsen, kW, økt effekt medfører større vannmengde og dyrere enhet.
- Temperaturdifferanse mellom tur/retur og mellom fjernvarmesystem og lokalt varmesystem. Få grader mellom tur fjernvarme og tur til kunden, alternativt få grader mellom retur fra kunden og retur til fjernvarmen, medfører større veksler og dyrere sentral.
- To-veis kommunikasjon med regulatoren og funksjoner for styring av temperaturer etc. øker investeringen.
- Rørinstallasjonen i bygget, dvs antall rørmeter fra hovedledningen utenfor bygget og frem til plasseringen av kundesentralen, samt hvor komplisert det er å komme frem med installasjonen medfører varierende priser.

## **2.3. Varmevekslerenhet**

For et mindre fjernvarmesystem er det enklest for driften at standardisere seg på en leverandør av reguleringsutstyr i form av spesielt regulersentralen men også regulerventil, aktuator og temperaturfølere. Dels for å kunne holde et mindre lager av reservedeler og dels for å være godt kjent med reguleringsenhet.

Kostnaden for komplette kundesentraler er vist i figuren under og omfatter en oppvarmingsveksler dimensjonert for 80/60 °C og en tappevannsveksler (50-300 kW).



Figur 2-2, Kundesentralskostnad

Fra figuren fremgår at prisen øker med redusert turtemperatur på fjernvarmen.

## 2.4. Varmemålere

Prisen for en varmemåler er avhengig av størrelsen på måleren. Prisen varierer mellom ulike leverandører. En komplett varmemåler med integreringsverk, flødestransmitter og temperaturfølere koster fra ca kr 3 000 til kr 10 000 for effekter mellom 100 og 1000 kW.

Tabell 2-1, Kostnad for varmemåler

Qp (m <sup>3</sup> /h)	Effekt ( $\Delta T=40$ °C)	Dimensjon	Pris
1,5	70 kW	1" rørgjenger	kr 3 500,-
3,0	140 kW	Dn20	kr 4 000,-
6,0	280 kW	Dn25	kr 6 000,-
10,0	450 kW	Dn40	kr 7 000,-
15,0	700 kW	Dn50	kr 8 000,-
25,0	1100 kW	Dn65	kr 10 000,-

Pris for kommunikasjonsmoduler kommer i tillegg og avhengig av hvordan signalutbyttet skal utføres.

## 2.5. Installasjon

Installasjonskostnaden for en kundesentral kan deles opp i følgende deler:

- *Rørtekniske arbeider* med leveranse av rørarmaturer og instrument samt rørtekniske arbeider på fjernvarmesiden av bygget er grovt vurdert til mellom 30-80 000 kr for effekter mellom 50 kW og 1000 kW. Kostnaden er avhengig av rørstrekk innendørs og hvor komplisert tilkoplingen er i tillegg til størrelsen på tilkoplingen (rørdimensjon).
- *Prosjektering*, av en kundesentral med tilknytning til eksisterende varmesystem koster i størrelse 10-20 000 NOK per sentral. Prisen er avhengig av hvor nøye tegningen skal utformes, hvilket tegningsgrunnlag som finnes for prosjekteringen samt effekten og derved rørdimensjoner.
- *Elektriske arbeider* omfatter elektrisk tilkopling av varmemålere, regulering av kundesentralen samt montasje av utetemperturfølere. Tilkopling av en kundesentral er uavhengig av størrelsen og tilsvarer ca 1 dags arbeid samt materiale, dvs ca kr 5 000,- - 10 000,-.

## 2.6. Oppsummering - kundesentraler

Et kostnadsestimat for en komplett kundesentral med prosjektering, prefabrikkert varmevekslerenhet, målere samt elektrisk og rørteknisk tilkopling er oppsummert i tabell 5.

**Tabell 2-2, Kostnader for komplette kundesentraler**

Effekt (oppvarming)	Varmevekslere	Rørarbeider	Prosjektering/el	Sum, NOK
<b>50 kW</b>	70 000	25 000	15 000	<b>110 000</b>
<b>100 kW</b>	80 000	30 000	15 000	<b>125 000</b>
<b>200 kW</b>	90 000	40 000	20 000	<b>150 000</b>
<b>500 kW</b>	110 000	60 000	20 000	<b>190 000</b>
<b>1000 kW</b>	150 000	75 000	25 000	<b>250 000</b>

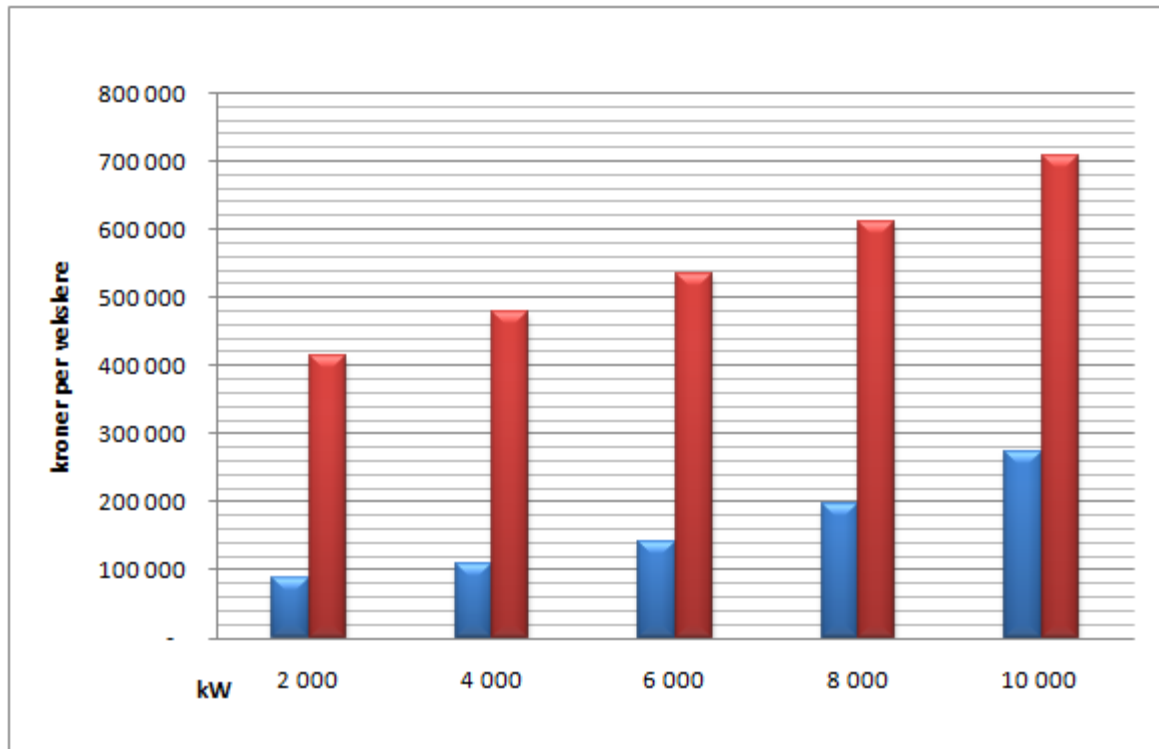
Tallene er basert på en temperaturredifferens på 30 °C, med en turtemperatur på 95 °C og returtemperatur på 65 °C i fjernvarmenettet.

To-veis kommunikasjon øker investeringen med 10-20 000 kr per kundesentralen og er uavhengig av sentralens størrelse.

## 2.7. Dampvarmeveksler

Varmevekslere fra damp til væske fase er en del dyrere på grunn av dyrere enheter og mindre volumer, samt at kringutstyret for regulering og sikkerhet er mer omfattende. Det er utført en grov vurdering av kostnaden for dels en komplett dampveksler med kringutstyr (røde søyler) og dels for bare selve dampveksleren (blå søyler).

Prisene varierer kraftig med valg av trykk/tempertur og hva som inngår i enheten. Rør og montasje er ikke inkludert i figuren under.



**Figur 2-3, Kostnad for dampvekslere**

Dampmåler har en større feilmargin sammenlignet med varmemålere. De fleste målere arbeider med en differansetrykkmåling over en strupeskiye. For å få en god nøyaktighet bør strypeskiven ha en variabel areal for å gjøre måleren velegnet.

I tillegg til selve måleren skal det inngå et integreringsverk (flowcomputer) som kompenserer målingen for variasjoner i trykk og temperatur. Kostnaden for dampmåler er en god del høyere en for en tilsvarende varmemåler.

**Tabell 2-3, Kostnad for komplett dampmåler**

Dimensjon	Tonn damp/h	Ca kW	Pris
<b>Dn80</b>	3,0	2 000 kW	kr 60 000
<b>Dn100</b>	6,0	4 000 kW	kr 70 000
<b>Dn125</b>	9,0	5 800 kW	kr 80 000
<b>Dn150</b>	16,0	10 400 kW	kr 100 000

### 3. Fjernvarmenett

#### 3.1. Generelt

For distribusjon av fjernvarme til kundene er det forutsatt at det installeres et fjernvarmenett bestående av preisolerte fjernvarmerør med mediator av stål eller plast (PEX). Rørene legges i en grøft med en dybde som gir minst ca 0,6 m overdekking av fjernvarmerør.

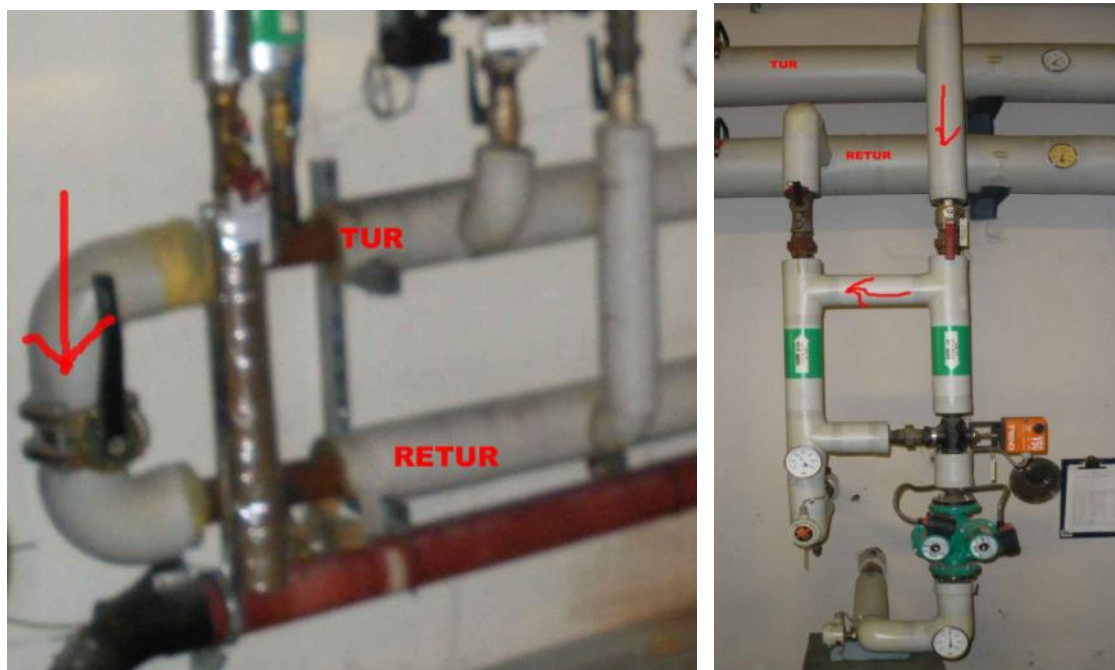
Investeringskostnaden for et fjernvarmenett er avhengig av de lokale forutsetningene. Det er ikke uvanlig med dobling både en og flere ganger når man sammenligner en utbygging i jomfruelig grunn, sammen med utbygginger i tettsteder.

#### 3.2. Dimensjonering og kapasitet i fjernvarmerør

Kapasiteten i fjernvarmerøret er avhengig av temperaturforskjellen mellom tur/returvann. Hvis temperaturdifferensen dobles så kan man overføre dobbelt så mye effekt under forutsetning at man har lik vannmengde. En vanlig regel er at hvis man går opp en dimensjon så dobler man overføringskapasiteten i fjernvarmerøret, mens investeringen øker med cirka 15-25%.

Tiltak hos kundene medfører at returtemperaturen kan reduseres og dermed øker kapasiteten i fjernvarmenettet, samt at man får bedre mulighet at bruke varmekilder med lav turtemperatur.

I mange eldre sekundær system finnes shuntutstyr og ventilasjonsaggregat med regulering av varmen med treveis ventiler koblete så at varmt vann returneres ukjølt tilbake til de eksisterende kjeler. Figur 4-1, viser hvordan turvann går direkte over i returstocken uten å bli avkjølt. Ventilen ved pilen må stenges (beklager litt dårlig bilde) og tilsvarende for koplingen til høyre.



Figur 3-1, Turvann går direkte over i returstocken uten å bli avkjølt.

Det er vanlig med en **bypass fra tur-stokken over til returstocken**. Denne kopling medfører at ukjølt vann går direkte fra turledningen over på returledning. By-pass koplingen bør erstattes med en liten ventil som bare gi en blødning slik at ikke pumper går mot stengte ventiler.

I tillegg bør der ikke være noen by-pass koplinger som fører turvann direkte til returledningen. Dette kan være gjennom eksisterende kjeler, dobbelt mantlede varmtvannsberedere eller andre koplinger.

**Nattsinking** er noe som sterkt påvirker effektuttaket. For de fleste bygg er der marginal eller besparing. For bygg med normal isolerte vegger så spises besparelsen opp om morgenen når effektbehovet øker. For fjernvarmeleverandøren medfører nattsinking at morgentoppen blir ekstra høy og mer spiseeffekt må brukes.

Tiltak som er aktuelle for å reduserer returtemperaturen er innjustering av radiatorsystemet og at **regulerventilene** på kundesentralene er små og korrekt dimensjonerte.

**Direkte veksling** for beredning av varmt tappevann gir en lavere retur, men øker det momentane effektbehovet for bygget. Derfor bør det være en prioritering av varmtvann foran oppvarming.

### **3.3. Varmetap fra preisolerte stålrør**

Fjernvarmerør kan fås med ulik tykkelse på isolasjonen rundt røren. Normal isolerte (serie-1) har minst isolasjon og ekstra/ekstra isolerte rør (serie-3) har mest isolasjon. Hva som er optimalt isolasjonstykkelse er avhengig av prisen for varmen ut på nettet og der man bruker økt isolasjon med økt brenselpris.

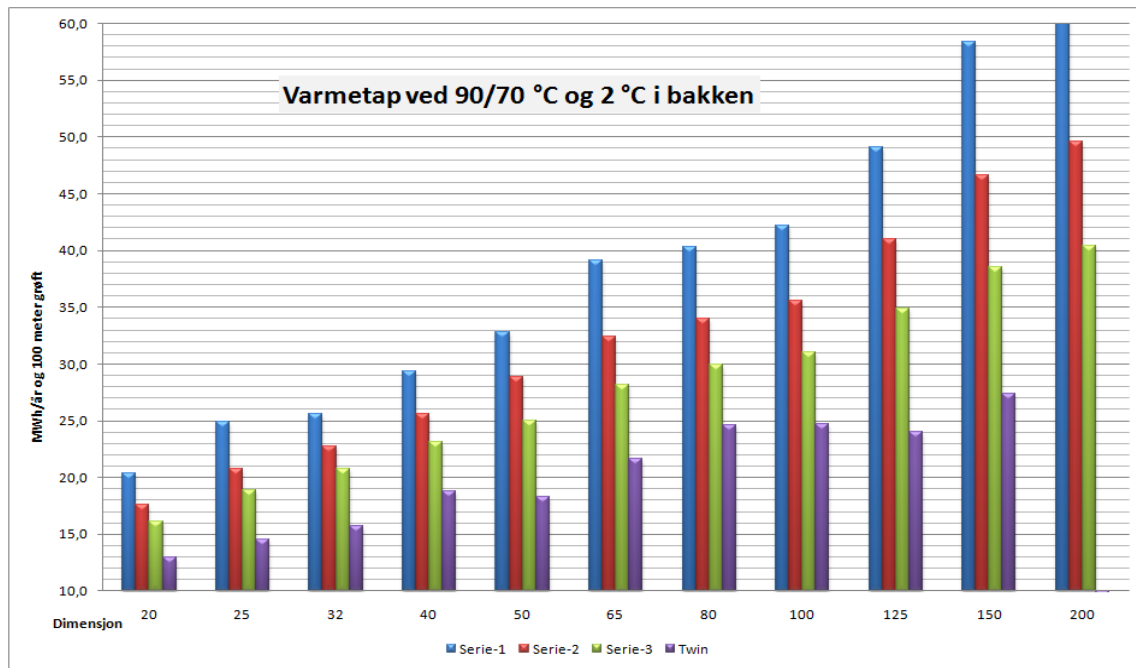
I denne rapporten er kostnaden for fjernvarmerør basert på ekstra isolerte rør (serie-2). Ekstra isolerte rør er noe dyrere i innkjøp og medfører en økt kostnad for grøftarbeidene ettersom grøften blir litt bredere.

I den følgende figuren er varmetapet for ulike isolasjonstykkelse presentert i kWh per 100 meter grøft (dvs både for tur og returledning) ved en tempertur på 90 °C i turledning og 70 °C i returledningen.

I tillegg til de ulike isolasjonstykkelsene så er også varmetapet fra twin rør presentert i samme figur. Twin rør er når de to medierørene (tur og retur) er plassert i felles kapperør. Dette er en gunstig løsning når det gjelder varmetap og grøftens brede. Ulempen med twinrør er at røren blir tunge å håndtere, kan bli vanskelig å sveise mellom røren samt at man er mer låst når det gjelder retningsendringer.

Normalt ligger varmetapet fra et fjernvarmenett i størrelse 5-10% av det årlige varmesalget. I varmenett med mange små kunder og lange ledninger kan varmetapet på årsbasis bli betydelig høyere.

Varmetapet fra fjernvarmenett er nesten konstant over året og derfor blir varmetapet under sommermånedene høyt i % og under vinteren lavt i % av salget.

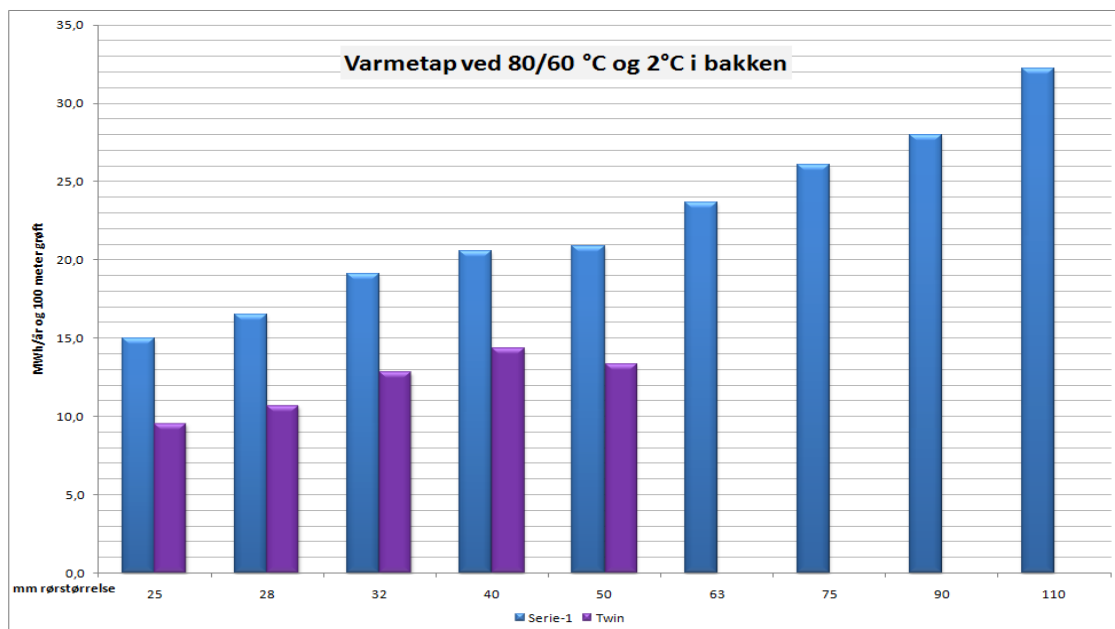


Figur 3-2, Varmetap fra stålrør

Effektetapet er forholdsvis lavt og i størrelse 1-3% av maksimalt effektbehov til kundene.

### 3.4. Varmetap fra preisolerte PEX-rør

Varmetap fra PEX rør er høyere enn varmetapet fra stålrør, men samtidig er temperaturene lavere. Ved antatt middel temperatur på 70 °C og 2 °C i bakken over året blir varmetapet som figuren under. Notere at varmetapet er per 100 meter grøft.



Figur 3-3, Varmetap fra PEX-rør

Varmetapet for et 50 mm rør er lavere enn for 40 mm rør. Dette avhenger av at det er plass til mer isolasjon i 50 mm røret sammenlignet med 40 mm røret slik at isolerevnen blir bedre og derved varmetapet mindre.

### 3.5. Prefabrikkerte stålrør med deler

Det finnes i dag en handfull leverandører av prefabrikkerte stålrør. Prisene varierer mellom leverandørene, avhengig av etterspørsel og størrelsen på leveransen. I den følgende tabellen oppgis budsjettpriser for 12 meters stålrør og en del deler.

Kostnaden for bygging av et fjernvarmenett kan deles opp i følgende elementer:

- Rørkostnader, innkjøp av materiell (rør, bend, ventiler, muffe, etc.)
- Grøftkostnader inklusive graving, sprenging, fjerning og tilkjørsel av nye masser
- Rørarbeid med sveising, muffing og alarmsystem.
- Administrative kostnader med prosjektering, byggeledelse, dokumentasjon etc.

Hvilket kostnadselement som de ulike deler blir definert som, kan variere fra prosjekt til prosjekt. Når det gjelder grøftkostnaden er den avhengig av bredden og dybden for grøften, hvilke masser som graver i, samt hvilken overdekning som skal brukes.

Prisene er oppgitt i norske kroner og omfatter leveranse med full bil til Østlandet.

**Tabell 3-1, Priser for enkel rør og muffe**

Dimensjon	12-m lengde	Muffe per stykk	Komplett pris for rør, legging/ montasje per meter grøft (eksklusive grøftarbeider)
DN32	1200	240	550 kr/meter grøft
DN40	1250	250	600 kr/meter grøft
DN50	1500	260	700 kr/meter grøft
DN65	1700	280	800 kr/meter grøft
DN80	2000	300	1 100 kr/meter grøft
DN100	2800	250	1 500 kr/meter grøft
DN125	3200	400	2 000 kr/meter grøft
DN150	4800	500	2 300 kr/meter grøft
DN200	6000	600	3 000 kr/meter grøft

I komplett pris er det i tillegg til prisen før rør/muffe lagt inn følgende moment.

- a) Lagring av materiell.
- b) Transport fra rørlager.
- c) Kappig av rør inklusive avisolering og fugefasing.
- d) Legging/montering i grøft på skolinger, inklusive å tre rør andre rør/kabler.
- e) Sveising utført av sveisere med godkjente sertifikater.
- f) Tetthetsprøving av alle rørskjøter med luft og såpevann.
- g) Radiografisk kontroll av min. 10 % av rørsveisene (fra DN65 og oppover).
- h) Sammenkopling av alarmtråder.
- i) Muffe arbeid av godkjent firma.

Prisen for twin-rør varierer kraftig med dimensjonen. For mindre dimensjoner så er et twin rør billigere enn to enkel rør men for større dimensjoner er det omvent. I tillegg blir store twinrør tunge og kompliserte å håndtere.





Figur 3-4, Twin rør på lager

Tabell 3-2, Kostnad for twinrør sammenlignet med enkelrør

Dimensjon	Serie-2 12-m lengde	Twin 12-m lengde	Dimensjon	Serie-2 12-m lengde	Twin 12-m lengde
DN20	1 050	1 500	DN65	1 700	3 700
DN25	1 100	1 550	DN80	2 000	4 500
DN32	1 200	1 750	DN100	2 800	7 000
DN40	1 250	1 800	DN125	3 500	10 000
DN50	1 500	2 500	DN150	4 800	13 000

### 3.6. Prefabrikkerte PEX med deler

PEX-rør, dvs rør i plast er billigere å bygge men medfører at maksimalt trykk (6 bar) og temperatur blir begrenset til maksimalt 90-95 °C. PEX-rørene finnes opp til diameter 110 mm (ca x kW ved en temperatur differanse på x °C).

Plastrørsystem kan legges direkte i grøften i hele lengder på opp til 200 m. Mediarøret er av polyetylen, Isolering er av polyetylenkum og varerøret av HD-polyetylen.

PEX røret er et fleksibelt system som lett kan legges forbi hinder og kan bøyes i små bøyeradier for hånd.

Følgende rørdimensjoner finns:

- Ett rørs-typene 40, 50, 63, 75, 90 og 110 mm (ytte diamter).
- To rørs-typene 2x25, 2x32, 2x40, 2x50 og 2x63 mm dvs to rør i samme kappe

Rørene produseres for en maksimal turtemperatur 95 °C og med maks. arbeidstrykk på 6 bar.

**Tabell 3-3, Kostnad for PEX-rør (ekskl transport)**

Dimensjon	Mantelrør	PEX-rør kr/m	Effekt ved $\Delta T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ *)
<b>32/32 mm</b>	110 mm	350	30 kW
<b>40/40 mm</b>	125 mm	400	50 kW
<b>50/50 mm</b>	160 mm	450	100 kW
<b>63/63 mm</b>	180 mm	500	180 kW
<b>75 mm</b>	160 mm	400	300 kW
<b>90 mm</b>	180 mm	500	500 kW

\*) Effekten er beregnet ved et trykktap på ca 100 Pa/meter

Notere at det er forskjell på hvordan man oppgir dimensjoner for PEX-rør og stålrør. Stålrøren oppgis med en dimensjon (DN) som i prinsipp er basert på tum størrelse. Diameteren for stålrøren er nesten alltid større oppgitt DN. For PEX-røren gjelder at disse oppgis i mm og der oppgitt diameter er utvendig diameter. Dette medfører at kapasiteten (effektoverføringen) i for eksempel et stålrør DN50 er betydelig høyere enn kapasiteten i et 50 mm PEX-rør.

### 3.7. Grøftarbeider

Grøftkostnaden for fjernvarmerør kan være mye høyere enn rørkostnaden, inklusive montasje. For enkle grøfter, dvs ikke tettbygde strøk er den totale kostnaden omtrent lik med rørkostnaden. For tettbygde strøk med kantstein, krav om asfaltering av en hel veibredde etc så kan grøftkostnaden bli både to og fire ganger høyere sammenlignet med rørkostnaden.

Det som er inkludert i grøftkostnaden er følgende enheter:

1. *Utgraving av grøfter*
2. *Fundament av sand/fin pukk, 0-16 mm med tykkelse 150 mm.*
3. *Fjerning av skolinger og omfylling av rørene til 200 mm overkant rør*
4. *I omfyllingsmassene legges med 1 trekkerør  $\varnothing 110$  mm (PVC)*
5. *Til gjenfylling over omfyllingssonen med 50% gravemasser og 50% tilkjørte masser.*
6. *Bortkjøring av overskuddsmasser*
7. *Saging og legging av asfalt.*
8. *Provisoriske kjørebuer og gangbuer.*

Ettersom kostnaden for grøften varierer så mye kan det være en fordel at ta en diskusjon med VA - avdelingen eller nettselskapet i kommunene og basere seg på de erfaringer som de har når det gjelder behov for sprening, utskiftning av masser og generell kostnadsnivå.

### 3.8. Total kostnad for fjernvarmenett (stålrør)

I tillegg til kostnaden for rør, rørmontasje og grøftarbeid så tilkommer prosjektering og byggeledelse. Dette er oppgitt som en kostnad kr/meter i tabellen under. Kostnaden varierer med hvor komplekst anlegget er og hvor godt man ønsker det prosjektert før bygging.

I enheten rørmateriell ligger kostnaden for fjernvarmerør, med muffe, bend, prefab ventiler etc., dvs alt materiell ute i grøften.

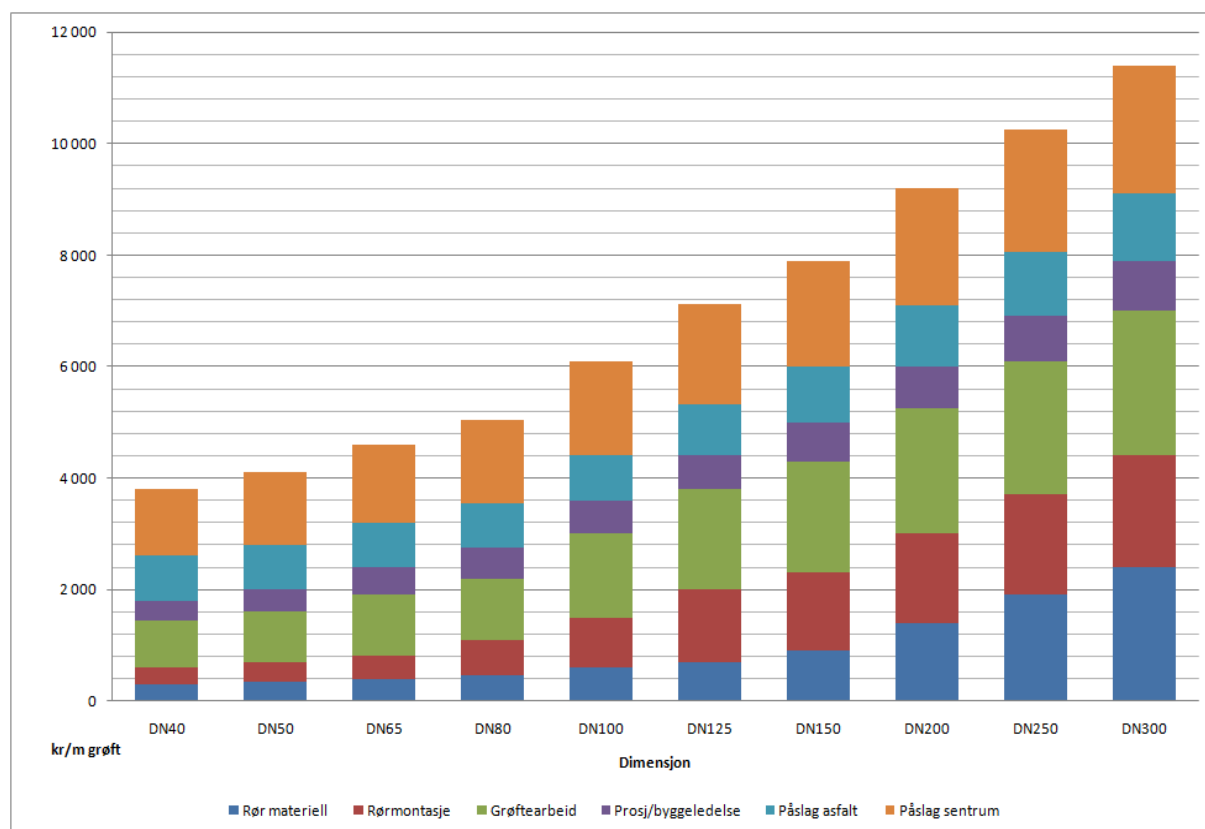
Grøftekostnaden med asfaltering blir nesten den samme for mindre dimensjoner (opp til DN100) ettersom grunneiere i de fleste tilfeller setter krav til at hele eller halve veibanen skal asfalteres uansett grøftbredde.

**Tabell 3-4 Kostnaden for fjernvarmesystem nettet for ulike dimensjoner**

DN	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
Effekt ved $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$ , kW	110	190	360	550	1100	1950	3200	6500	11700	18300
Rør materiell	300	350	400	450	600	700	900	1400	1900	2400
Rørmontasje	300	350	400	650	900	1300	1400	1600	1800	2000
Grøftarbeid	850	900	1100	1100	1500	1800	2000	2250	2400	2600
Prosj/byggeledelse	350	400	500	550	600	620	700	750	800	900
<b>Sum</b>	<b>kr 1 800</b>	<b>kr 2 000</b>	<b>kr 2 400</b>	<b>kr 2 750</b>	<b>kr 3 600</b>	<b>kr 4 420</b>	<b>kr 5 000</b>	<b>kr 6 000</b>	<b>kr 6 900</b>	<b>kr 7 900</b>
Påslag asfalt	kr 800	kr 800	kr 800	kr 800	kr 800	kr 900	kr 1 000	kr 1 100	kr 1 150	kr 1 200
<b>Sum inkl asfalt</b>	<b>kr 2 600</b>	<b>kr 2 800</b>	<b>kr 3 200</b>	<b>kr 3 550</b>	<b>kr 4 400</b>	<b>kr 5 320</b>	<b>kr 6 000</b>	<b>kr 7 100</b>	<b>kr 8 050</b>	<b>kr 9 100</b>
Påslag sentrum	kr 1 200	kr 1 300	kr 1 400	kr 1 500	kr 1 700	kr 1 800	kr 1 900	kr 2 100	kr 2 200	kr 2 300
<b>Sum asfalt/sentrum</b>	<b>kr 3 800</b>	<b>kr 4 100</b>	<b>kr 4 600</b>	<b>kr 5 050</b>	<b>kr 6 100</b>	<b>kr 7 120</b>	<b>kr 7 900</b>	<b>kr 9 200</b>	<b>kr 10 250</b>	<b>kr 11 400</b>

Notere at for et anlegg som bygges med både asfalt og i sentrum skal det *først* gis påslag for asfalt og *deretter* påslag for sentrum.

For vei kryssinger eller andre hinder der man må borre eller presse røren under hindret eller arkeologiske undersøkelser etc så tilkommer dette til meterprisen og er ikke inkludert i enhetsprisene.



**Figur 3-5, Kostnad for fjernvarmenett (våren 2010).**

## 4. Varmesentraler

### 4.1. Oppbygging av varmesentraler

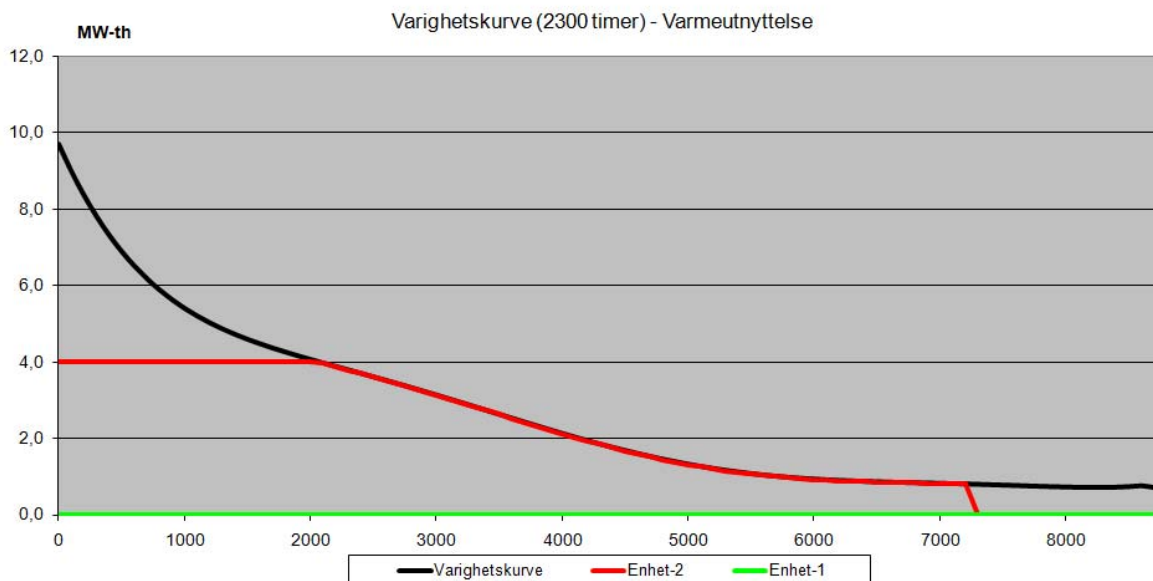
Varmesentraler er gjerne bygget opp med flere kjeler. Man trenger en grunnlastkjel til å dekke mesteparten av varmebehovet, det vil si grunnlasten eller her biobrenselkjelen. En grunnlastkjel er på 40-50% av maksimale effektbehovet og dekker normalt ca 80 % av varmebehovet. Ettersom denne kjelen har en lang årlig drifttid, er det viktig at den har lave driftskostnader i form av brensel.

Resterende varme kommer fra spiss/reservekjelene med ca 20%. Det er antatt at man bruker olje eller gass for spiss/reserve. Ut teknisk synspunkt er olje gunstig ettersom relativt store energimengder kan lagres på tank og man er mindre risiko utsatt. Hvis man ønsker en ekstra miljøprofil så er det mulig at bruke bioolje eller biodiesel som spiss/reserve effekt. Bioolje anlegg koster litt mer for brenneren samt at oljen må holdes varm og forvarmes før den kan brennes. En bioolje blir over tid gammel og man må ha en omsetning av oljen.

En elkjel er mindre aktuell for spiss/reserve effekt ettersom en elkjel må ha prioritert overføring og får da en høy effektavgift i tillegg til en energiavgift.

NVE som håndterer fjernvarmekonsesjoner stiller krav til en sammensetning av kjelstørrelser og antall så at man dekker N-1 kravet, dvs at maksimalt effektbehov kan dekkes selv om største enhet er ute av drift.

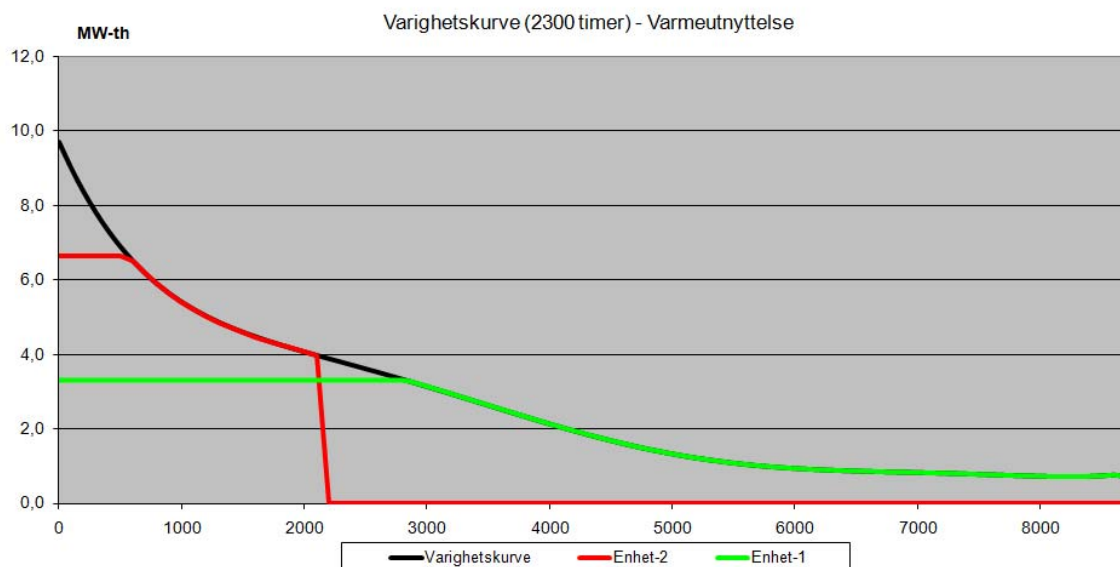
Figuren under viser et fjernvarmesystem med et maksimalt varmebehov på 10 MW. Med en grunnlastkjel på 4 MW som er regulerbar mellom 20-100% så dekker man ca 80% av varmebehovet.



Figur 4-1, Varighetskurve med en grunnlastkjel

På grunn av kjelen "bare" kan reguleres ned til 20% så må den stoppes ca 2 måneder under sommeren når effektbehovet er lavt.

Hvis man som alternativ installerer 2x2,5 MW som grunnlast så kommer man til å dekke over 95% med grunnlast, men får en høyere investering.



**Figur 4-2, Varighetskurve med to grunnlastkjeler**

I tillegg til grunnlastkjelen må man ha en effektreserve for å oppfylle NVEs krav om N-1. I tabellen under vises eksempler på hvordan man kan oppfylle kravet at dekke N-1. Samtlige fire alternativ er identiske i forhold til N-1, men medfører varierende andel biobrensel og antall kjeler, dvs investering.

**Tabell 4-1, Kjelsammensetning for å oppnå N-1**

	Alternativ -1		Alternativ-2	
<b>Maksimalt effektbehov</b>	10 MW		10 MW	
<b>Grunnlast</b>	4 MW		2x 3,3 MW	
	Alternativ 1A	Alternativ 1B	Alternativ 2A	Alternativ 2B
<b>Spisslast</b>	2x6 MW	3x3,5 MW	2 x 4,0 MW	2 x 3,3 MW
<b>Største enhet</b>	6 MW	4,0 MW	4,0 MW	3,3 MW
<b>Resterende effekt</b>	10 MW	11,0 MW	10,7 MW	10,0 MW
<b>Installert kjeleffekt</b>	16 MW	14,5 MW	14,7 MW	13,3 MW

Med flere mindre kjeler så dekker man mer som grunnlast og man trenger mindre total installert effekt, men investeringen øker med antall kjeler.

## 4.2. Biobrenseltyper

Ved utnyttelse av *trevirke for varmeproduksjon* er det logisk å dele inn enheten etter hvordan de krever spesielle tiltak for lager, brenselinnmatning og forbrenning. I rapporten er det brukt følgende oppdeling av brensel:

1. **Pellets.** Pellets er et homogent produkt. Pellets kan blåses inn i et lager og krever derfor ikke en nedgravd silo som lager. Dette medfører at spesielt lagret kan utformes som en billigere konstruksjon, men også brenselinnmatning med skruer og

forbrenningsutstyret produseres for å håndtere et enklere brensel. Brenselet har høy tetthet hvilket medfører at lagrets størrelse blir mindre.

2. **Briketter / tørr flis.** Briketter og tørr flis er slått sammen som en gruppe ettersom de i utgangspunktet har behov for samme utforming av lager og utstyr for innmatning og forbrenning. Dette under forutsetning at flisen er tørr og homogen til fuktighet og størrelse. Brenselagret utformes oftest som en nedgravd silo der trailer tipper bakover eller sideveis ned i siloen. En silo for sidetipp blir litt dyrere ettersom denne må bygges lengre. Brennverdien i briketter er vesentlig høyere (3-4 ganger) enn i flis regnet per løst m<sup>3</sup> og et brikett lager kan bygges mindre uten at lagerkapasiteten reduseres.
3. **Fuktig flis / bark.** Fuktig brensel krever en større rist for forbrenningen. Det på grunn av at vannet i brenselet må fordampe hvilket øker forbruket av brensel og røykgassvolumet. Fuktig brensel er oftest mindre homogent hvilket stiller større krav til brenselinnmatning og brenselager. De fleste feil/stopp i et biobrenselanlegg oppkommer i innmatning av brensel på grunn av at dette ikke er tilpasset det aktuelle brenselet eller omlastninger mellom ulike transportsystem.

I tillegg til kostnader for den tekniske utformingen så medfører et innhomogent brensel mer oppfølging/driftstans sammenlignet med et homogent brensel som pellets eller briketter.

### 4.3. Pelletanlegg

Investeringen for et pelletanlegg er basert på at enheten kan plasseres i et eksisterende bygg samt at pelletlagret bygges som en silo på et betongfundament.

Kjelen er dimensjonert for et maksimalt trykk på ca 3-6 bar og en temperatur på maksimalt 105 °C. Styresystemet er forholdsvis enkelt med O<sub>2</sub>-styring, undertrykk i ovnen og med en operatørskjerm på styreskap. Det inngår web-grensesnitt og GSM-alarm.

Opphandling skjer som en totalleveranse der leverandøren er ansvarlig for alt elektrisk og maskinutstyr.

**Tabell 4-2, Kostnad for pelletanlegg**

Pellets	200 kW <sub>bio</sub>	300 kW <sub>bio</sub>	500 kW <sub>bio</sub>	1500 kW <sub>bio</sub>	Kommentar
<b>Byggarbeider</b>	100 000	100 000	100 000	100 000	Betongfundament for silo
<b>Pelletssilo</b>	100 000	100 000	100 000	200 000	
<b>Maskinutstyr</b>	500 000	600 000	700 000	1800 000	<b>(bioenhet)</b>
<b>Røranlegg</b>	100 000	200 000	300 000	500 000	Distribusjonspumpe
<b>Elektro/automasjon</b>	200 000	200 000	200 000	400 000	
<b>Annet</b>	200 000	200 000	250 000	400 000	Uforutsett etc.
<b>Sum</b>	<b>1 200 000</b>	<b>1 400 000</b>	<b>1 650 000</b>	<b>3 400 000</b>	
<b>kr / kW<sub>bio</sub> anlegg</b>	<b>6 000</b>	<b>4 700</b>	<b>3 300</b>	<b>2 270</b>	

Prisen i kr/kW reduseres med størrelsen, men samtidig så øker ofte kompleksiteten i anleggene.

Kostnaden for tilkoplingen av rørsystemet varierer med eksisterende installasjoner og hvor mye arbeid som må utføres i dette

En pelletkjel med reservekjel som olje eller gass får i de aktuelle størrelsene plass i en prefabrikkert enhet (container). Prisen for en prefabrikkert enhet (container) er ca 0,5 Mkr for et anlegg der man kan få inn en kjel på 200-500 kW<sub>bio</sub>.

#### 4.4. Briketter/tørfflis

Et biobrenselanlegg for briketter/tørfflis forutsetter et brenselager som en nedgravd betongsilo der det er mulig å tippe brensel med baktipp og/eller sidetipp.

Trykklassen for et 500 kW anlegg antas til maksimalt 6 bar..

**Tabell 4-3, Kostnad for varmesentraler for briketter/tørr flis.**

	400 kW <sub>bio</sub>	500 kW <sub>bio</sub>	1,0 MW <sub>bio</sub>	2,0 MW <sub>bio</sub>	Kommentar
<b>Bygg</b>	500 000 *)	1 700 000	2 000 000	3 500 000	Enkelt industribygg.
<b>Maskinutstyr</b>	2 100 000	2 500 000	3 000 000	4 000 000	Biobrenselovn/kjel
<b>Røranlegg</b>	200 000	400 000	500 000	700 000	
<b>Elektro/automasjon</b>	300 000	600 000	800 000	1 000 000	
<b>Annet</b>	100 000	400 000	500 000	800 000	
<b>Sum</b>	<b>3 200 000</b>	<b>5 600 000</b>	<b>6 800 000</b>	<b>10 000 000</b>	
<b>kr / kW<sub>bio</sub> anlegg</b>	<b>8 000</b>	<b>11 200</b>	<b>6 800</b>	<b>5 000</b>	

\*) 400 kW<sub>bio</sub> enheten er en prefabrikkert enhet på ca 50 m<sup>2</sup> (7x7 meter) der halve bygget er flissilo og andre halvdel er kjelrom.

#### 4.5. Fuktig flis

Biobrenselanlegg for fuktig flis er robustere enheter enn de for tørr flis eller pellets. Brenselet er mer innhomogent og trenger derfor mer tilsyn hvilket gir en høyere driftskostnad.

Et fuktig brensel inneholder mindre energi per m<sup>3</sup>. Dette medfører at forbruket av brensel øker med fuktigheten og lagerkapasiteten må bygges større. Forbrenningsenheten er større og tar mer plass hvilket gir et større bygg og høyere bygg.

Investeringen for fuktig flis anlegg er delt opp i to grupper, gruppe-1 omfatter enkle anlegg der man kjør inn flis med hjullaster og leverer varme til en industri, typisk et sagbruk.

**Tabell 4-4, Kostnad for industrianlegg for fuktig flis**

	2,5 MW <sub>bio</sub>	5,0 MW <sub>bio</sub>	10 MW <sub>bio</sub>	Kommentar
<b>Bygg</b>	3 200 000	3 500 000	6 000 000	Enkelt industribygg i stålplater
<b>Maskinutstyr</b>	6 500 000	8 000 000	12 000 000	Biobrensel ovn/kjel med kringutstyr
<b>Røranlegg</b>	1 500 000	2 000 000	3 000 000	Røranlegg, pumper, ventiler etc.
<b>Røykgassrensing</b>	1 000 000	2 000 000	3 000 000	Under 50 mg/Nm <sup>3</sup> ved 6% O <sub>2</sub>
<b>Elektro/automasjon</b>	1 000 000	1 500 000	2 000 000	Overordnet styresystem og el.arbeide
<b>Annet</b>	800 000	1 000 000	2 000 000	Byggeledelse, administrasjon, etc.
<b>Sum</b>	<b>14 000 000</b>	<b>17 000 000</b>	<b>28 000 000</b>	
<b>kr / kW<sub>bio</sub> anlegg</b>	<b>5 600</b>	<b>3 400</b>	<b>2 800</b>	

Fjernvarmesentraler bygges i de fleste tilfeller med større tippommer der biler kan tippe direkte, og der mest mulig av utstyret skal være automatisk. Lageret skal ha et volum for ca 4 døgn drift og der tipping skjer innendørs. Bygget oppføres som et pent bygg med kontor og møterom samt andre velferds tiltak. Dette medfører et dyrere bygg og at også selve anlegget blir dyrere når man skal ha minimalt med personell og kjeler med en turtempertur på 120 °C.

**Tabell 4-5, Kostnad for fjernvarmeanlegg for fuktig flis**

	2,5 MWbio	5,0 MWbio	10 MWbio	Kommentar
<b>Bygg</b>	7 000 000	10 000 000	20 000 000	Varmesentral i glass/betong og stål. nedsenket tippomme
<b>Maskinutstyr</b>	6 000 000	9 000 000	14 000 000	Biobrensel ovn/kjel med kringutstyr
<b>Røranlegg</b>	2 500 000	4 000 000	5 000 000	Røranlegg, pumper, ventiler etc.
<b>Røykgassrensing</b>	2 000 000	3 000 000	4 000 000	Under 50 mg/Nm <sup>3</sup> ved 6% O <sub>2</sub>
<b>Elektro/automasjon</b>	2 000 000	3 000 000	4 000 000	Overordnet styresystem og el.arbeide
<b>Annet</b>	2 000 000	3 000 000	4 000 000	Byggeledelse, administrasjon, etc.
<b>Sum</b>	<b>21 500 000</b>	<b>35 000 000</b>	<b>51 000000</b>	
<b>kr / kWbio anlegg</b>	<b>8 600</b>	<b>7 000</b>	<b>5 100</b>	

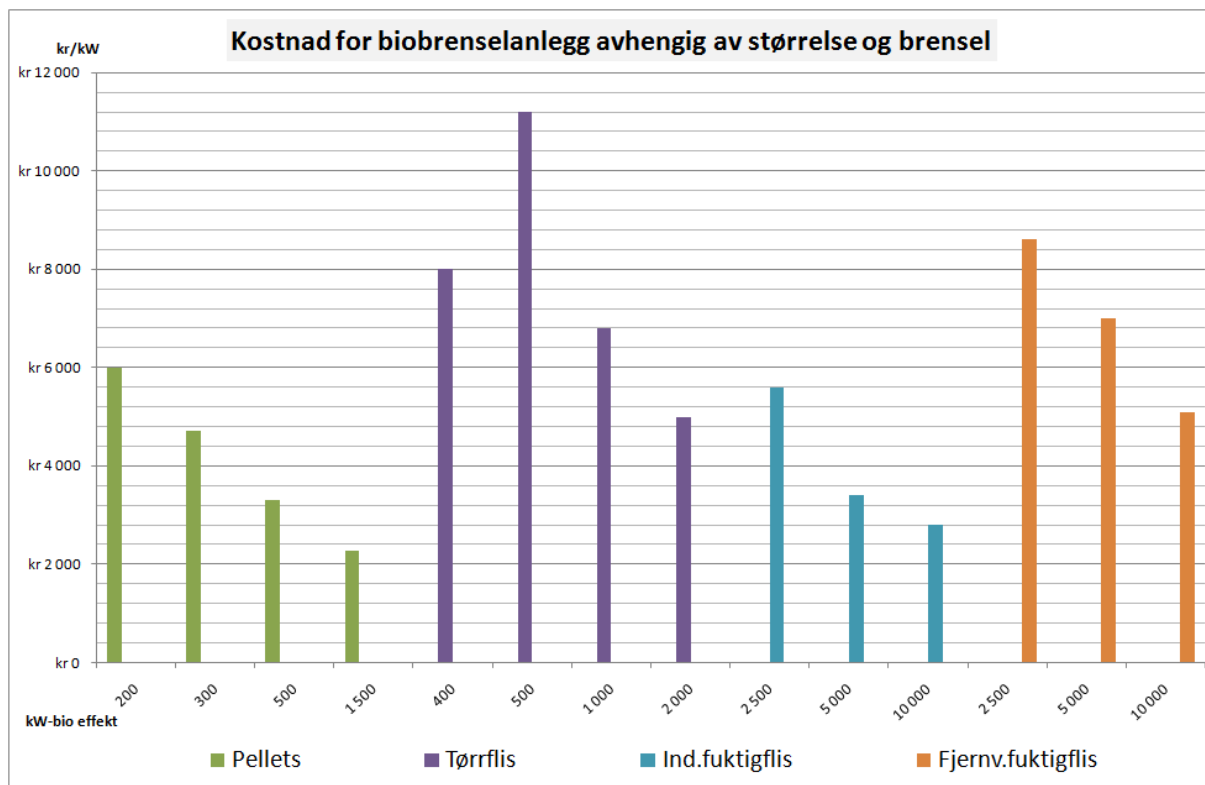
#### 4.6. Oppsummert

Kostnadene medfører fallende kurver, dvs anleggene blir billigere med økt størrelse, men der standard og krav kan medføre dyrere varmesentraler. Der er en markant forskjell mellom de tre brensel hvilket fremgår av figuren under.

Investeringen er å betrakte som en veiledning, konkrete kostnader kan man først erholde i forbindelse med budsjettpriser eller tilbudsinnhenting. Kostnaden for anleggene er avhengig av lokale forhold, ønsninger fra byggherren og ikke minst etterspørsel.

I kostnaden så er ikke tomtkostnaden inkludert, heller ikke spunting eller utskifting av forurensete masser hvis dette er nødvendig.



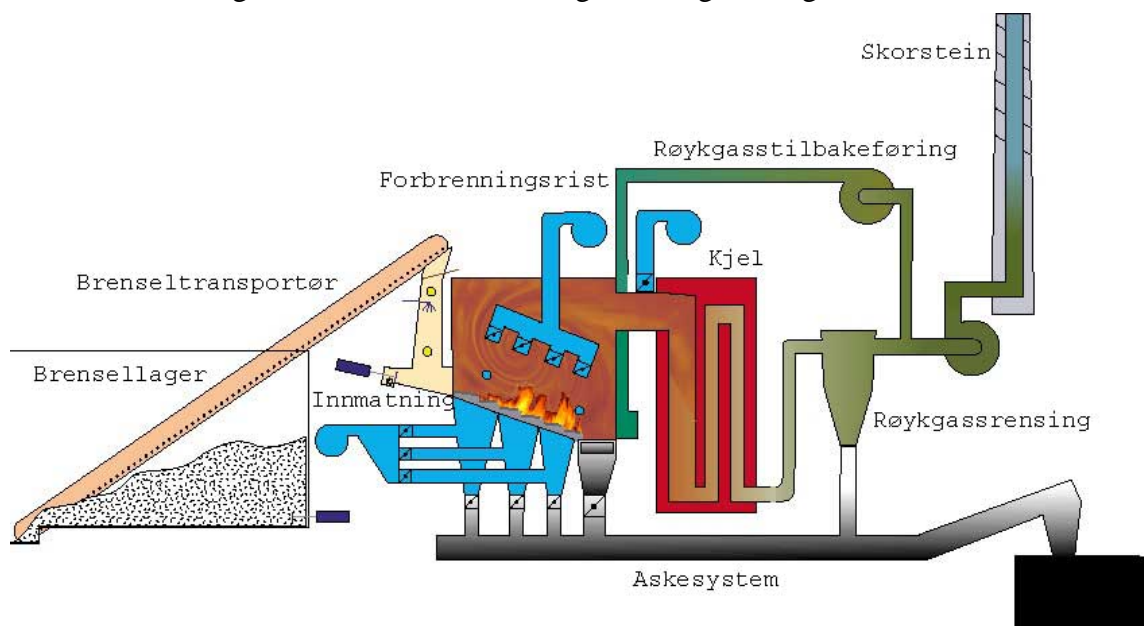


Figur 4-3, Oppsummerte kostnader for biobrenselanlegg som kr/kW-bio.

For å få den konkrete investeringen må størrelsen i kW multipliseres med krone/kW fra figuren.

#### 4.7. Kostnader fordelt på ulike komponenter

Et biobrenselanlegg kan deles opp i komponenter og der total investering er avhengig av den tekniske utformingen. En del av delene fremgår av følgende figur:



Figur 4-4, Maskinkomponenter i et biobrenselanlegg

### 4.7.1. Bygg

Kostnaden for bygg med brensellager, forbrenningsutstyr og kontorlokaler er en stor del av investeringen. I tillegg kommer kostnader for tomt, tilknytningsavgifter for el, vann og avløp samt ikke minst eventuelle kostnader for veier og øvrig infrastruktur. Hvis man skal bruke billigst mulig brensel bør brenselleveransen til større anlegg skje med sidetipp. Dette øker arealbehov for at trailer med hengere for å kunne komme til og få levert brensel med minst mulig ”søl”. Arealene for brenselleveransen kan bli store og skal holdes isfrie for enkel tilkomst.

Som eksempel på byggekostnaden kan nevnes følgende:



**Figur 4-5 Bygget utseende er kostnadsdrivende**

Børstad Varmesentral i Hamar (til venstre) er plassert i nærheten av et boligområde og bygget i tegl, stål og glass, kostet i 2003 ca 13 000 kr/m<sup>2</sup>. Varmesentral på området til Moeleven i Trysil er bygget som et enkelt stålbygg på en betongplatte, kostnaden i 2003 var ca 8 000 kr/m<sup>2</sup>.

Dette er eksempel som viser at prisen for bygget kan variere mellom 15 000 – 30 000 kr/m<sup>2</sup> byggareal avhengig av hvordan det utformes. Med tanke på at en biobrenselenhet har behov for ca 80-100 m<sup>2</sup>/MW i brensellager og kjelhall så blir kostnadsvariasjonen flere millioner.

Kostnaden for bygget varierer og er ofte avhengig av plassering og de ”krav” som naboer og kommune stiller til bygget. En sentral plassering medfører lavere investeringer i fjernvarmenett, men kan medføre høyere investeringer i bygg samt krav til lossing av brensel innendørs.

Ved utforming av bygget bør man bygge så stort at det er mulig at enkelt kunne få ut vifter og andre større komponenter. Fordyrende elementer i et bygg er bl.a. hvor mye man graver seg ned i bakken, samt vanskeligere betongstøp for å ta opp de vekter som kommer fra ovn og kjel. Når man sammenligner kostnader mellom biobrenselanlegg må man ta med merkostnader for bygget som det spesifikke biobrenselanlegget krever.

Bruk av eksisterende i bygg medfører ofte en høyere byggekostnad enn stipulert, ettersom man finner saker som man ikke var klar over og det utføres byggeendringer som i utgangspunkt ikke var inkludert i prosjektet.

### 4.7.2. Brensellager

Kostnadene for brenselagret ligger under byggekostnaden. For å få et billigere lager så er det en fordel å plassere lagret der det er en naturlig høydeforskjell. Tipping kan skje fra høyere

nivå mens lagerets bunn og kjelen plasseres nedenfor skråningen. Trailer/lastebil med brensel bør tømme brenselet direkte ned i siloen som kan ha en dybde på 3-5 meter.

For å få en effektiv utnyttelse av silovolumet er det en fordel at siloen er dyp. I tillegg bør den ikke være altfor bred, ved sidetipp ettersom brenselet faller nesten rett ned.

For utmatning av brenselet brukes i de fleste tilfeller hydraulisk drevne stangmatere som kan føre eller trekke til seg brenselet. Stangmaterne kan bygges opp til en lengde på 15-20 meter og koster ca 0,1 MNOK for en komplett utmater på 12 meter. Å forlenge utmateren til 15 meter koster relativt lite. Det samme gjelder besparelsen ved å redusere lengden til 6 meter. Derimot så koster det mer å installere en ekstra utmater med sylinder.

Hvis det er aktuelt å bruke fuktig flis bør det installeres en rivervals for anlegg fra 1-2 MW og. Kostnaden for en rivervals er fra 0,1 MNOK ved 1 MW til ca 0,4 MNOK ved 10 MW. Det er her lengden på valse som er kostnadsdrivende. Valsen deler sammenfruset brensel og doserer brensel jevnt ned i brenseltransportøren.

#### **4.7.3. Brenseltransportører**

Brenseltransportører utformes oftest som skraper eller skruer. Små dimensjoner på skruer kan medføre stopp i brenselinnmatningen når brensel fester seg mellom skrue og vegg. En skraper er derfor å foredra hvis brenselet kan bestå av lengre stikker eller større deler. Kostnaden for en skrue er avhengig av diameteren på skruen og tykkelsen på godset i skruen.

Det viktigste både ur drift- og kostnadssynspunkt er at man bør man etterstreve så få omlastninger som mulig i brenseltransportørene.

Kostnaden for en transportør er i området 20-40 000 NOK/meter. Utfordringen er at lange transporter medfører økt mulighet for driftsstopp.

#### **4.7.4. Innmatningssystem**

Innmatningen i forbrenningsovnen består oftest av et brenselstøt med spjeldsystem, sprinkler samt et system for innmatning på risten.

Det er viktig at det i innmatningssystemet finnes et system med temperaturvakt som gir alarm, stopper brenseltilførsel og kjøler ned brenselet med vann for å ikke få tilbakebrenning hvis det skulle bli en temperaturøkning i innmatningssystemet på grunn av tilbakebrann.

Innmatningen på risten skjer ofte med en skrue for mindre anlegg og en pusher (skuff innmatning) for større anlegg. En pusher er dyrere men kan ta større og mer inhomogent brensel. Ved bruk av tørre brensel bør man benytte skruer for å ha en mindre risiko for tilbakebrenning.

#### **4.7.5. Forbrenningssystem**

Forbrenningen skjer som regel på bevegelig rist for anlegg i den aktuelle størrelsen. For mindre anlegg kan den være fast (retort). Et bevegelig rist er dyrere, men gir en bedre forbrenning spesielt ved fuktige brensel. Primærluft tilsettes under risten og sekundær/tertiærluft i forbrenningssonen.

Kostnaden for forbrenningssystemet varierer betydelig mellom ulike leverandører og ikke minst med det krav til automatikk som ligger til grunn i leveransen. Anlegg for fuktigere brensel krever mer murverk i ovnen for å få tørket brenselet og holde oppe temperaturen i ovnen. Det er spesielt forskjellene i forbrenningssystemet og en øket brenselmengde for å få ut samme effekt som medfører at anlegg for fuktig brensel blir en del dyrere enn anlegg for tørt brensel.

#### 4.7.6. Kjel

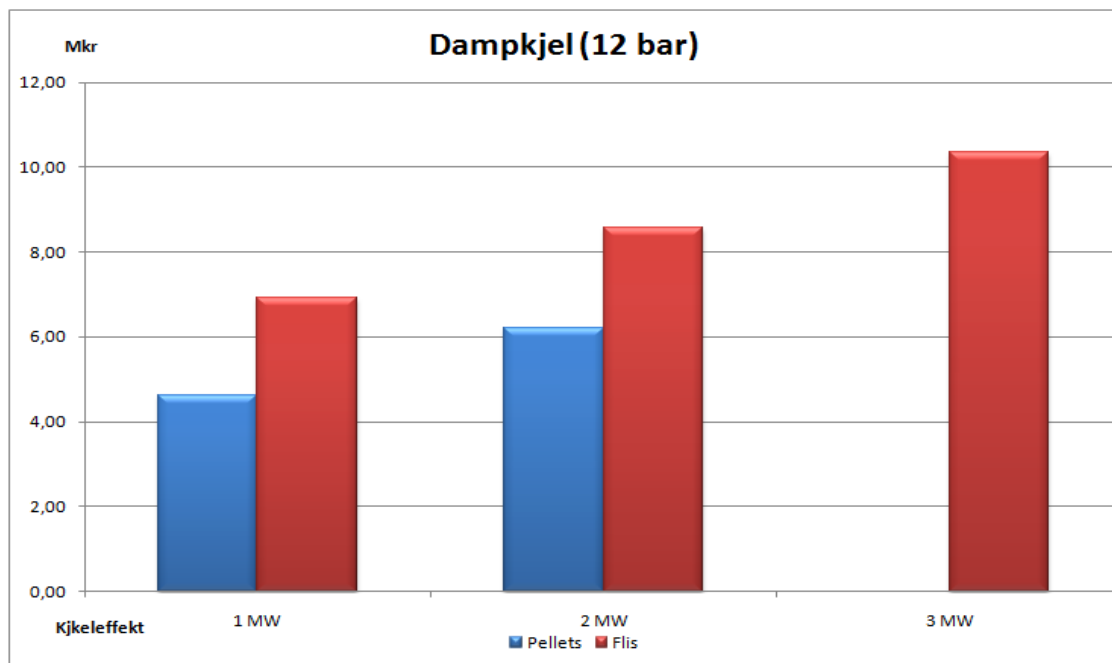
Kjelen er for mindre enheter og tørt brensel oftest integrert (sammenbygget) med ovnen. Kjelen ligger over forbrenningen eller står etter risten. For større anlegg (over ca 2 MW) og for fuktige brensel leveres ofte kjelen som en egen enhet i form av stående kjel som står etter forovnen og er koplet sammen via en gasshals.

Kravet til trykklass på vannsiden er avhengig hvordan fjernvarmesystemet er oppbygget. De fleste kjeler leveres normalt ved maksimalt 4-10 bar. For kjeler som krever høyere trykk (16-25 bar) eller dampkjeler så øker prisen. Prisøkning for en liten kjel på 0,5 MW er ca 0,5 MNOK og for en større kjel 5 MW er prisøkning ca 1,5 MNOK når trykklassen øker fra 6 til 16 bar. Ved ønske om kjeler over 6 bars trykk kan man som alternativ installere biobrenselkjelen i en egen krets (indirekte) mot fjernvarmesystemet.

I dag er det aktuelt med automatisk feiing av kjelen med trykkluft. Merkostnaden er så pass liten at man får en rask innbesparelse da man får en høyere virkningsgrad og mindre stopp for å feie. Dette gjelder kjeler helt ned til noen 100 kW.

Dampanlegg er en del dyrere sammenlignet med hetvannsanlegg. I den følgende figuren presenteres kostnaden for pellets respektive skogsflisanlegg for damp (eksklusive byggekostnader). I kostnaden er det inkludert pellestsilo alternativ stangmaterutstyr, dampkjel for ca 10 bars driftstrykk, economiser til forvarming av matervann, matervannstank, matervannspumper, multisyklon, askesystem og skorstein.

Grensesnitt for rørsystemet er på matervannstank respektive etter stengeventil ut fra dampkjelen.



Figur 4-6, Kostnad for dampanlegg basert på pellets og skogsflis

#### 4.7.7. Røykgassrensing

Forurensningsforskriftens ”Kapittel 27. Forurensninger fra forbrenningsanlegg med rene brensler” er det avsnittet som stiller krav til utslippen fra bl.a. biobrenselanlegg (<http://www.lovdata.no/for/sf/md/xd-20040601-0931.html#map080>).

Tabell 4-6, Kapittel 27, utslippskrav for nye enheter

Brensel	Enhets-størrelse (innfyrt effekt)	Støv mg/Nm <sup>3</sup> 12 times middel	NO <sub>x</sub> mg/Nm <sup>3</sup> times middel	CO mg/Nm <sup>3</sup> times middel	vol % O <sub>2</sub>
Bioolje	1 < 5 MW	30	-	80	3 vol % O <sub>2</sub>
	5 < 50 MW	30	300	80	
Lettolje/spesialdestillater	1-10 MW	20	-	80	3 vol % O <sub>2</sub>
	> 10-50 MW	20	250	80	
Fast biobrensel	1 < 5 MW	225	-	200/300*	6 vol % O <sub>2</sub>
	5 < 20 MW	75	300	200/300*	
	20-50 MW	30	300	150/300*	
Gass	5-50 MW	-	170	80	3 vol % O <sub>2</sub>

Installert innfyrt effekt er definert som den effekt som til enhver tid er mulig å utnytte ut fra faktisk brennerkapasitet uavhengig av hvilket brensel som til enhver tid blir benyttet.

Et krav på 75 mg/Nm<sup>3</sup> medfører at det må installeres tekstil- eller elektrofilter i tillegg til multisyklon for rensing av støv.

For rensing av avgassene for støv er følgende metoder aktuelle:

**Multisyklon** er en dynamisk støvreising som har en enkel og robust konstruksjon. Sykloner er relativt billige og krever lite vedlikehold. En del brensel medfører askekomponenter som sliter relativt mye på syklonene slik at de må skiftes etter et par år. Med en god multisyklon og et bra brensel/forbrenning er det mulig å komme ned til maksimalt 200 mg/Nm<sup>3</sup> i støv ved 6% O<sub>2</sub>. Prisen for en multisyklon inklusive støvskruer og støvsluse for asken til askecontaineren koster ferdig installert ca 0,2-0,5 MNOK for 1-5 MW.

**Tekstilfilter** virker i prinsipp som en støvsugerpose der støvet i røykgassen stoppes av filterposene. Et tidligere vanlig problem var høy temperatur på røykgassene og at posene brant opp. Med nye kvaliteter på posene som klarer over 200 °C i røykgasstemperatur så er problemet mindre. Et tekstilfilter klarer å rense røykgassene ned til 2-10 mg/Nm<sup>3</sup>.

Prisen er relativt høy 1-2 MNOK for 2-6 MW under forutsetning at installasjon skjer samtidig med forbrenningsutstyr. Hvis man skal installere filtret etterpå bør man øke prisen med ca 30-50%. I tillegg til investeringen bør man regne med å få skifte poser ca hvert 2-5 år til en kostnad for bare posene på 0,2-0,4 MNOK.

I et **elektrofilter** legges et elektrostatisk felt over røykgassen slik at partiklene lades og kan fraskilles. Metoden er effektiv for rensing, men krever en relativt høy investering. Et elektrofilter har et stort areal og plassbehovet er betydelig. Normalt oppnår man en rensing av støv ned til ca 10-30 mg/Nm<sup>3</sup>, men investeringen er i størrelsen 2-3 millioner for et anlegg med røykgassmengder tilsvarende ca. 6 MW. Anleggene har små driftskostnader og har god driftssikkerhet. De fleste driftsforstyrrelser skyldes askeutmatingsutstyret.

**Røykgasskondensering.** Med røykgasskondensering menes at man senker temperaturen på røykgassene under duggpunktet for vann. Når vanddampen overgår til vann frigjøres kondensasjonsvarmen. Ved kondenseringen utskilles både gassformige forurensninger (f.eks. svoveldioksid, fenoler, og hydrogenklorid) og faste forurensninger (dvs. partikler inklusive metaller og organiske forurensninger). Kondensatet som dannes inneholder støv, tungmetaller og svovel. I tillegg til renseseffekten får man "gratis" effekt. En kapasitetsøkning på 20 til 30% er vanlig ved

røykgasskondensering, men er sterkt avhengig av temperatur på kjølevann (bør være maksimalt 50 °C) og fuktinnhold i brenselet (bør være over 45%).

Priset for røykgasskondenseringen er i størrelse 3,0 MNOK for et anlegg på 4-6 MW. I tillegg kommer en del indirekte investeringene for å kunne ta tilvare varmen fra kondenseringen som beregnes til ca 0,5 MNOK. Dette gir en total investering for enheten på ca 3,5 MNOK.

For et mindre anlegg på ca 2 MW bør man regne med en pris på 2,5 MNOK samt 0,5 MNOK for rørtilkopling.

For fyringsenheter for fast biobrensel er det videre krav om kontinuerlig måling av følgende enheter:

- Fyringsenhetene skal ha oksygenstyrt forbrenning. Dette finnes normalt på alle biokjeler fra et par hundre kW og oppover.
- Fyringsenheter 20-50 MW skal måle og registrere støvutslipp kontinuerlig. Instrument for dette koster i størrelse 0,5 MNOK.
- Nye fyringsenheter 5-50 MW skal måle og registrere CO og NO<sub>x</sub> kontinuerlig. Instrument for dette koster i størrelse 0,2 MNOK for CO og 0,3 MNOK for NO<sub>x</sub>.

NO<sub>x</sub> – reduksjon kan være aktuelt i noen tilfeller. Det mest aktuelle tiltaket, er å benytte SNCR (selektiv ikke-katalytisk reduksjon) ved tilsetning av NH<sub>3</sub> (ammoniakk) eller urea ved høy temperatur. Et anlegg for en biokjel på 6-10 MW koster i størrelse 2 MNOK i installasjon samt et forbruk av NH<sub>3</sub> eller urea.

#### **4.7.8. Skorstein**

Kostnaden for en skorstein varierer med høyde på skorsteinen og utforming (malt eller ubehandlet). Det er en fordel med felles skorsteinsmantel for både oljekjeler (spiss/reserveenheter) og biobrenselkjelen ettersom dette gir en lavere investering.

#### **4.7.9. Askesystem**

Askeutmatningen deles opp i tørr eller fuktig askeutmatning. Tørrutmatning er det vanligste på mindre anlegg mens fuktig er vanligere på større anlegg med fuktig brensel. Det fuktige systemet er noe billigere for store anlegg men medfører samtidig at man får en akse som veier mer og blir et problem hvis man betaler for askehåndteringen i kr/tonn.

Et fuktig system har fordelen at askestøvet blir fuktig samt at vannet virker som et vannlås for å få inn falsk luft til forbrenningen. Ulempen med fuktig håndtering er at askecontaineren må stå innendørs for at ikke fryse sammen, samt at den får økt vekt.

#### **4.7.10. Bioolje**

Bioolje og biodiesel er brukt som erstatning av fossil fyringsolje i flere land og begynner å bli vanlig i Norge. Prisen for bioolje er i dag omtrent som for fossil olje, men der investeringen er litt høyere. Tilgangen og leveransen av bioolje kan være en utfordring på en del plasser og må avklares før man velger bioolje som brensel.

De tekniske utfordringer ved konvertering og bruk av biofyringsolje i et fyringsanlegg kan oppsummeres med følgende:

- Overgang til biofyringsolje medfører justeringer og utskiftninger av brenselssystemet. Hvor mye som må endres i et eksisterende anlegg avhenger av kvaliteten på biooljen samt anleggets type og størrelse.
- Bruk av ren bioolje trenger i de fleste tilfeller forvarming.
- Biodiesel ligner mer på lett fyringsolje og har dermed mindre behov for forvarming, og utskifting av brennere.
- Biofyringsolje er et løsemiddel, og kan skape utfordringer ved konvertering av eksisterende utstyr. Noen metaller kan korrodere ved kontakt med oljen. Disse metallene så som kobber, messing, sink, bly og tinn må erstattes av aluminium eller rustfritt stål.
- Biodiesel aldres raskere enn konvensjonell diesel.

For å beregne investeringen ved bruk av bioolje kan tallene i avsnitt 4.7.12 brukes, men der man øker disse med kr 100 000 – kr 200 000 per enhet for de største brennerne ved bioolje.

#### 4.7.11. Olje/gasskjeler

I en komplett varmesentral bør det i tillegg til biobrenselenheten inngå kjeler for spiss- og reserveeffekt. Disse kjelene kan være oljekjeler, gasskjeler og/eller biooljekjeler eller en kombinasjon disse. Antallet kjeler er avhengig av størrelse på fjernvarmenett og biobrenselenhet.

Prisen for en oljekjel eller gasskjel med brennere og styring varierer med størrelse og tekniske krav til både kjel, brennere og styresystem.

I tillegg kommer kostnader for oljetank, røykrør og skorstein.

**Tabell 4-7 Kostnader for oljefyrt spiss/reserveenheter**

	400 kWvarme 4 bar/100 °C	1,0 MWvarme 6 bar/120 °C	3,0 MWvarme 16 bar/120 °C	8,0 MWvarme 16 bar/120 °C
<b>Oljekjel</b>	150 000	500 000	700 000	1 000 000
<b>Oljebrennere m. automatikk</b>	100 000	300 000	400 000	600 000
<b>Oljetank, installasjon etc..</b>	50 000	200 000	300 000	400 000
<b>Sum</b>	<b>300 000</b>	<b>1 000 000</b>	<b>1 400 000</b>	<b>1 800 000</b>
<b>kr / kWolje</b>	<b>750</b>	<b>1000</b>	<b>470</b>	<b>250</b>

#### 4.7.12. Røranlegg

I røranlegget ligger kostnader for å knytte sammen biobrenselenheten med øvrige kjeler, distribusjonspumper, trykkholdning/ekspansjonssystem samt diverse armaturer og instrument for styring av prosessen.

Investeringen for denne delen er helt avhengig av hvor komplekst anlegget er, hvilken kvalitet man legger seg på samt størrelsen på aktuelle kjeler.

#### 4.7.13. Elektro/automasjon

I biobrenselenheten inngår et lokalt styresystem (PLS) for å optimere forbrenningen. Utforming og man-maskin kommunikasjon varierer mellom ulike leverandører. Følgende funksjoner for styring av forbrenningen skal inngå.

- Undertrykk i fyrrommet

- Oksygen innhold i røykgassen
- Temperatur på utgående fjernvarme (driftstermostat)

I tillegg må styresystemet håndtere styring av brenselinnmatning, lufttilførsel og ikke minst enhetens drift- og sikkerhetssystem.

En komplett SRO-anlegg (Styring, Regulering og Overvåking) via en PC og der det skjer en logging av driftsparametere og alarm er en fordel. Et SRO-anlegg med mulighet for ekstern tilkøpling (fra leverandør, hjemmevakt, alarmsentral) gir en enklere drift og ofte en billigere feilsøkning. Prisen for et styresystem varierer en god del med ulike leverandører. Tilleggskostnaden for å få med et komplett SRO-anlegg ligger i størrelse fra 0,5 Mkr og oppover avhengig av hvilke funksjoner som skal inngå.

Det lokale styresystemet må være utformet så at det oppfyller myndighetenes forskrifter om periodisk tilsyn. Hvis varmesentralen består av flere kjeler bør det inngå et kjelvelgesystem som optimerer driften ved aktuelle brenselpriser og automatisk starter nødvendig antall kjeler for å gi samtlige kunder nok med varme.

Styresystemet må i tillegg ha alarmfunksjon som tilkaller driftspersonell ved større feil som umiddelbart må rettes opp. I dag er det vanlig med web-kommunikasjon for å kunne drifte en varmesentral fra en annen plass enn varmesentralen.

Når det gjelder elektrisitetssystemet bør dette være utformet for 400 V. Med det store antall motorer som må til i et biobrenselanlegg er det en fordel og billigere hvis man velger 400 V som standard fra hovedfordelingsskapet.

#### **4.7.14. Øvrige kostnader**

I øvrige kostnader ligger de kostnader som ikke er tatt med i avsnittene over og omfatter alt mulig fra forprosjekt via prosjektering og byggeledelse. Denne posten inneholder også andre kostnader som ikke naturlig hører hjemme under noen av de andre avsnittene.

#### **4.8. En leverandørs budsjett for en biobrenselenhet på 2500 kW**

For å illustrere hvor kostnadene ligger for i et biobrenselanlegg er det tatt utgangspunkt i en biobrenselenhet på 2500 kW og der kostnaden er delt opp på de ulike komponentene/aktiviteter. Brensel er skogsflis med fuktinnhold på 35-55% fukt.



Tabell 4-8, Oppsplitting av kostnader for biobrenselanlegg uten bygg

Biobrenselanlegg 2500 kW		
Hydraulikkdreven luke over brensellager 75 m <sup>2</sup>	kr	280 000
Fire stykk stangmatere med sylinder	kr	200 000
Rivervals	kr	35 000
Hydraulikk for stangmatere	kr	75 000
Transport skruer (300 mm) 2 stykk a' 7 meter	kr	100 000
Røykgasstilbakeføring	kr	80 000
Stokerskrue to stykk	kr	80 000
Fyringsutstyr eks vifter	kr	260 000
Asketransportører og 2 containere	kr	220 000
Plattformer rundt ovn/kjel	kr	80 000
Støvsluse 2 stykk	kr	20 000
Giljotinspjeld	kr	40 000
Røykgasskanaler, totalt 20 meter	kr	50 000
Vifter	kr	120 000
Kjel (6 bar 2500 kW)	kr	420 000
30 m skorstein med innvendig leder	kr	510 000
Sikkerhetsventiler	kr	20 000
Multisyklon	kr	70 000
Mekanisk montasje	kr	700 000
Muring av ovn	kr	170 000
Automatikk - SRO-anlegg med PC	kr	750 000
Elektrisk installasjon	kr	500 000
Tynge lyft (leie mobilkran)	kr	100 000
Transport fra fabrikk	kr	145 000
Prosjektering/salgskostnader	kr	600 000
Oforutsett / garanti	kr	230 000
Gevinst	kr	245 000
<b>Sum</b>	<b>kr</b>	<b>6 100 000</b>

Innkjøp av utstyr ca 44% eller 2,7 MNOK

Montasje av utstyr ca 39% eller 2,4 MNOK

Administrative kostnad /gevinst ca 18% eller 1,1 MNOK

#### 4.9. Kostnad for en komplett varmesentral

I avsnitt 4.1 ble det presentert hvordan en varmesentral bygges opp med grunnlastkjeler og spiss/reservekjeler samt at man oppfyller kravet om N-1 i effektreserve.

For å illustrere hva det koster å bygge en komplett varmesentral så er det spesifisert to eksempler med varmesentraler på total 5 MW effekt respektive 20 MW effekt. For disse varmesentraler er det valgt følgende kjel oppsett:

Tabell 4-9, Kjelinstallasjon komplett varmesentral

	5 MW i effektbehov	20 MW i effektbehov
<b>Grunnlastkjel</b>	2 MW	2 x 4 MW
<b>Spisslasteffekt</b>	2 x 3 MW	3 x 6 MW
<b>Største enhet</b>	3 MW	6 MW

Investeringen er som tidligere delt opp i de ulike delene som følger:

**Tabell 4-10, Investering komplette varmesentraler**

	5 MW-effekt	20 MW-effekt	Kommentar
<b>Bygg</b>	10,5 Mkr	20,0 Mkr	Varmesentral i glass/betong og stål. tippomme og kranløsning.
<b>Maskinutstyr-bio</b>	6,0 Mkr	15,0 Mkr	Biobrensel ovn/kjel med kringutstyr
<b>Maskinutstyr-olje</b>	3,0 Mkr	5,0 Mkr	Olje/gasskjeler, med tank og skorstein
<b>Røranlegg</b>	3,0 Mkr	5,0 Mkr	Røranlegg, pumper, ventiler etc.
<b>Røykgassrensing</b>	0,5 Mkr	5,0 Mkr	Under 50 mg/Nm <sup>3</sup> ved 6% O <sub>2</sub>
<b>Elektro/automasjon</b>	3,0 Mkr	5,0 Mkr	Overordnet styresystem og el.arbeide
<b>Annet</b>	4,0 Mkr	5,0 Mkr	Byggeledelse, administrasjon, etc.
<b>Sum</b>	<b>30,0 Mkr</b>	<b>60,0 Mkr</b>	

NB ! Her er det ikke inkludert tomtekostnad eller spesielle tiltak så som spunting, utskifting av forurensede masser, arkeologiske undersøkelser etc.

## 5. Varmepumper

Varmepumpe benyttes i flere fjernvarmeanlegg. Prinsippet for varmpumpen er at en henter energi fra en lavtemperert kilde og ved hjelp av et kjølemedium og trykkøkning klarer å heve temperaturnivået slik at en kan nyttiggjøre lav temperatur varme til oppvarmingsformål. Med de temperaturløft som er aktuelle ved en temperatur på lavtemperaturkilden på 5-10 °C så er gjennomsnittlig årsvarmefaktor 2,0-3,0. Dvs når man tilfører en 1 kWh el får en ut 2,0-3,0 kWh varme.

Kostnaden for et biobrenselanlegg var avhengig av de lokale forutsetningen og dette gjelder i enn større grad for et varmpumpeanlegg. I tillegg til bygget for varmpumpen er det to saker som er kostnadsdrivende for et varmpumpeanlegg:

- Kravet til turtempertur.
- Tilgang og kostnad for lavtemperaturkilden.

En høyere turtemperatur medfører dyrere anlegg ettersom man må øke trykket på varmemediet og får dermed automatisk et dyrere anlegg.

Der forholdene ligger til rette for varmpumpe utnyttelse så er det få andre energiformer som kan konkurrere med varmpumpen. Men der forholdene ikke ligger til rette så kan en feilaktig installert varmpumpe medføre at man ikke får ut den varmemengden som man regnet med. For å få et mest mulig gunstig anlegg bør følgende foreligge:

- En varmekilde som har en høy temperatur og der det er rikelig tilgang og billig tilknytning.
- Et varmebehov med lav turtemperatur.
- Et behov av kjøling i tillegg til varmebehovet.

Utfordringen med varmpumper i fjernvarmesammenheng til eksisterende bygg er i de fleste tilfeller kravet til turtempertur og en høy returtemperatur fra byggene. Utvikling av

varmepumper med turbokompressor har gjort varmeleveranser ved høyere temperaturer mindre problematisk og i dag finnes varmepumper som kan levere opp mot 90 °C. Dette er dyre anlegg ettersom trykket i anleggene er 40 bar.

### **Lavtemperturkilder**

De lavtemperaturkilder som er vurdert er avløpsvann, sjøvann og geovarme via brønner på cirka 200 meters dybde.

#### **5.1.1. Geovarme**

Både eneboliger, større boliger og næringsbygg benytter i dag varmepumpe basert på energi fra grunnen. Dette skjer ved brønner på ca 200 meters dybde der man sirkulerer glykol/etanol i rør i brønnene. I grunnen vil det normalt være 4-8 °C som det er mulig å utnytte. Glykolen kjøles ned mot ca 0 °C i varmepumpen før den igjen varmes opp i brønnene.

Varmeavgivelsen i borehullene vil variere avhengig av grunnen, men som snittverdig kan regnes med ca 40 W/meter (med variasjoner fra 20 til 80 W/m), dvs 4-16 kW per 200 meters brønn.

En avgjørende faktor for vurdering av økonomien er borehullene. Prisen for et 200 meter dypt 150 mm ferdiggjort borehull er anslagsvis 60 – 100 000 kroner.

Avstanden mellom brønnene er normalt ca 10 meter hvilket medfører at 100 brønner opptar et areal på 10 mål (100x100 meter). Dette området kan brukes for parkering, grøntareal, jordbruk etc.

Varmeuttaket og nødvendig borehullsdybde er avhengig av blant annet berggrunnens sammensetning og oppsprekking, terrengets helning, grunnvannsnivået og brønnenes innbyrdes plassering i forhold til grunnvannsstrømmen. Det største varmeuttaket får en i områder med oppsprukket fjell og godt grunnvannstilslutning. I tørre brønner fylles borehullet med vann, borkaks eller en blanding av bentonitt og kvartssand for å forbedre varmeoverføringen mellom fjellet og kollektorslangen. Før man starter et prosjekt bør det gjennomføres en for å kunne fastslå varmeopptaket, grunnvannsbevegelsen og nødvendigheten av ladning av borebrønnene om sommeren.

I større anlegg, som både har varme- og kjølebehov, kan energibrønner i fjell brukes som et termisk energilager der varme hentes ut eller tilbakeføres avhengig av varme- og kjølelastene i bygget. I perioder med overordnet varmebehov i bygningen fungerer energibrønnene som varmekilde for varmepumpen, og brønnene samt varmepumpens fordampere har nok kapasitet til å dekke eventuelle kjølebehov. I disse periodene vil det være et netto uttak av termisk energi fra energilageret, og temperaturen vil gradvis synke. I perioder hvor bygningen har et overordnet kjølebehov, dekkes kjølebehovet i størst mulig grad med frikjøling mot energibrønnene. Hvis kjølebehovet er større enn det som kan dekkes med frikjøling mot brønnene, reguleres varmepumpen for å dekke kjølebehovet, og overskuddsvarmen avgis til brønnene. I disse periodene vil det være en netto tilførsel av termisk energi til brønnene, og temperaturen øker. For å unngå temperaturendring i termiske energilagere, er det viktig at årlig tilbakeført varmeenergi til energibrønnene er i samme størrelsesorden som årlig varmeuttak. I bygninger med lavt kjølebehov, kan energibrønnene lades ytterligere ved å overføre varme fra avtrekksluften i ventilasjonssystemet. Varmepumper i kombinasjon med termiske energilagere oppnår høy energieffektivitet, ettersom det meste av varmebehovet dekkes med varmepumpen (høy COP), og en relativt stor andel av kjølebehovet dekkes med frikjøling.

### 5.1.2. Sjøvann

Varmepumper kan bruke sjøvann som varmekilde. Sjøvannet som pumpes inn til varmesentralen føres etter at det er avkjølt tilbake til sjøen. Uttaket av varme fra sjøen er minimalt i forhold til det totale varmeinnholdet slik at påvirkningen av sjøvannstemperaturen ikke er sporbar få meter fra utslippspunktet.

Sjøvanninntaket bør plasseres på en dybde på 35-40 meter for å unngå groing og for å få en stabil temperatur på vannet. Hvis det er aktuelt å bruke sjøvann bør man først utføre målinger av sjøvannstemperaturen for å få dokumentert temperaturer i sjøen over året.

Sjøvannsledningen må ha en grov dimensjon ettersom den temperaturredifferanse som er mulig å ta ut fra sjøvann er forholdsvis lav.

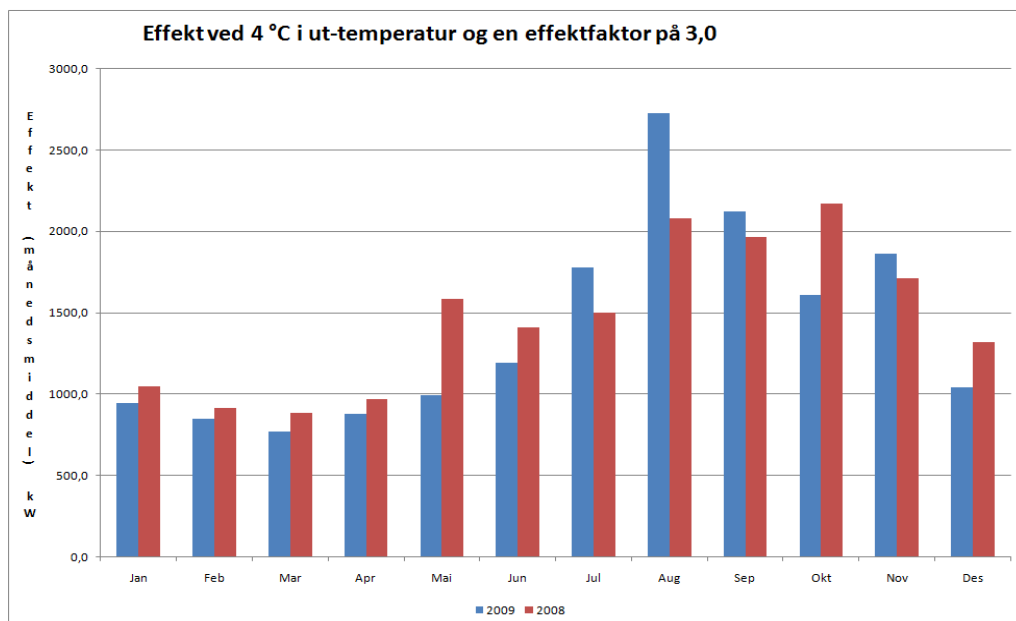
Avstanden fra der varmesentralen er plassert er styrende for investeringen i prosjektet. Der det er mulig at plasseres varmepumpen i direkte tilknytning til sjøkanten og der man har dypt vann på kort avstand medfører gunstige forhold for investering for sjøvannsledningen.

En alternativ måte er å plassere kollektorslanger med frostvæske i bunnslammet, der temperaturen er litt høyere enn i vannet. Kollektorslangen legges i en sløyfe og forankres til bunnen med betonglodd. Rørene legges i stor nok dybde til at rørene får ligge i ro for opp ankring, is og bevegelser i vannet. Denne løsningen er aktuell for mindre anlegg, men gir en forholdsvis høy investering og høye driftskostnader hvis noe skjer med kollektoren.

### 5.1.3. Avløpsvann / kloakk

Avløpsvann representerer store varmemengder. Det beste er å ta ut kloakkvannet etter rensanlegget, men oftest er rensanleggene plassert langt borte fra bebyggelsen og kostnaden med å bygge et varmesystem tilbake mot sentrum kan være høy.

Avløpsvann har en gunstig temperatur gjerne omkring 10 °C, men der temperatur og mengde varierer over året. Figuren under viser eksempel på den effekt man kan få ut fra en varmepumpe basert på avløpsvann når man senker temperaturen på avløpsvannet til 4 °C og med en effektfaktor på varmepumpen på 3,0. Tilgjengelig mengde avløpsvann gir maksimal størrelse for varmepumpen.



Figur 5-1, Eksempel på effekt variasjon i mengde avløpsvann i løpet av to år.

Spesielle hensyn som må tas med ved bruk av avløpsvann er:

- Lave temperaturer ved snøsmelting
- Innhold av faste forurensninger
- Groing på varmevekslerflater.

Kostnaden for å bruke avløpsvann varierer fra anlegg til anlegg. Den største kostnaden er ofte overføringsledningen.

#### 5.1.4. Investering

Den totale investeringen for en varmepumpeentral er avhengig av hvilken lavtemperturkilde som skal brukes samt ønsket turtemperatur og ikke minst effekten.

Energimyndigheten i Sverige gjennomførte i 2008 en utvurdering av bergvarmepumper hvilket er sammenfattet i rapporten ”Ekonomisk och driftserfarenhetsmässig utvärdering av bergvärmepumper”. Byggene som inngår i undersøkningen er på fra 700 til ca 7000 m<sup>2</sup> og der investeringen for de aktuelle varmepumpene ligger fra 9600 SEK/kW til 20 900 SEK/kW, med middelvei på ca 15 000 SEK/kW. Årsvarmefaktoren er i gjennomsnitt ca 3,0.

Den totale investeringen er vurdert til følgende:

**Tabell 5-1, Kostnad for bergvarmepumpe på 3000 kW**

Entreprise / del	Investering	Kommentar
Brønner 150 stykk	kr 12 000 000	Antatt kr 80 000 per brønn
Maskinutstyr for varmepumpe	kr 8 000 000	3000 kW varmepumpe/kjølemaskin
Maskinutstyr for olje/gasskjeler	kr 2 000 000	3+3 MW olje/gasskjeler med tank
Rør installasjoner varme	kr 3 000 000	Inklusive pumper
Elektriske installasjoner og styr	kr 2 000 000	Inklusive hovedtavle
Bygg (200 m <sup>2</sup> * 15 000 kr/m)	kr 3 000 000	Enkelt stålbygg på betongfundament.
<b>Sum</b>	<b>kr 30 000 000</b>	
Påslag for prosjektering/usikkerhet	kr 5 000 000	
<b>Totalt</b>	<b>kr 35 000 000</b>	
<b>Alternativ pris</b>	<b>42,0 Mkr</b>	<b>14 000 kr/kW * 3000 kW</b>

I dette tilfelle så blir det litt høyt at regne med 14 000 kr/kW ettersom det stort anlegg får stor skala fordeler. Det som ikke er tatt med i regnestykket er arealbehovet for brønnene. Med 10 meter mellom hver brønn så tar 150 brønner (15 x 10) ca 15 mål eller det er behov for cirka to fotballplaner.

## 6. Drift- og vedlikehold av biobrenselkjeler

### 6.1. Personell /arbeidskraft

Behovet for arbeidskraft til drift og vedlikehold, avhenger av en rekke forhold, som bør vurderes i prosjekteringsfasen. For eksempel om brensellevering kan skje uten at lokal

personale er til stede, type brensel der innhomogent brensel medfører mer manuelt arbeid, kan deler av overvakningen utføres med fjernkontroll, etc..

Daglig vedlikehold av et anlegg kan oppsummeres med følgende:

- Kontroll av viktige driftsparametere.
- Kontrollere at det kommer frem brensel til forbrenningen og at det finnes brensel, eventuelt bestille.
- Kontrollere at kjelen eller askecontainer ikke er full av aske.
- Kontrollere om man må feie kjelen.
- Minst en gang per måned bør sikkerhetsfunksjoner kontrolleres.

Til dette kommer administrativt arbeid.

Tidsforbruket avhenger av anleggets størrelse og brenselbehov. Med kjennskap til brenselforbruket og anleggets størrelse, er det regnet ut et grovt nøkkeltall for tidsforbruket til drift og vedlikehold i relasjon til disse.

**Tabell 6-1, Tidsforbruk for drift og vedlikehold av biokjeler**

	Pellets	Flis
<b>Tidsforbruk pr. brenselforbruk (minutter / MWh)</b>	1,0	2,0
<b>Tidsforbruk pr. effekt (minutter / kW)</b>	1,0	2,0

For et flis anlegg på 30 GWh (18 MW i kjelkapasitet) blir tidsforbruket for drift/vedlikehold på  $2 * 30\ 000\ \text{MWh} + 2 * 18\ 000 = 96\ 000$  minutter = 1600 timer. Til dette kommer administrativt arbeid og de konkrete tall for innleide tjenester, aske, el etc.

Det er viktig å være klar over at driftspersonale også bruker tid på drift og vedlikehold av spiss/reservekjeler (olje/gass). Muligheten for å redusere behovet for arbeidskraft kan skje ved at "outsources" en del av drifts- og vedlikeholdsoppgavene til et serviceselskap.

Til driften av anlegget kommer administrativt arbeid med bestilling av brensel, energistatistikk, og diverse oppfølging. Totalt en arbeidsmengde tilsvarende 100-400 timer/år.

## 6.2. Askehåndtering

Aske fra biobrenselfyrte anlegg inneholder næringsstoffer, som kan brukes som jordforbedringsmiddel. Askens innhold av kadmium og andre tungmetaller kan medføre at det like vel ikke er en god idé. Gjenbruk av asken er derfor en sak som må tas opp med Fylkesmannen som stiller bestemte krav til hvilke mengder der kan spres og hvilke analyser, der skal gjennomføres av asken på forhånd.

Det vanligste er at bruke asken som dekkmateriale på deponier.

Kostnaden for å deponere asken varierer mellom noen hundre kroner per tonn til tusen kroner per tonn.

Hvis man bruker fuktig håndtering av asken så inneholder asken en del vann som man også må betale deponeringskostnad for.

## 6.3. Elektrisitetsbehov

Kostnader for elektrisitet for vifter, motorer, brenselhåndtering kommer i tillegg. El til et biobrenselanlegg er på 1,2 -2,0% av levert varmemengde fra kjelen og der fuktigere brensel

har behov for mer strøm. Til strømbehovet for biobrenselkjelen skal legges strøm til pumper, trykkholdning, lys på yterligere ca 1 % av levert varmemengde.

Elbehovet for en varmesentral basert på fuktig brensel er ca 3% av levert varmebehov,  
og for en enhet basert på tørr biobrensel er ca 2% av levert varmebehov.

#### 6.4. Oppsummering av drift/vedlikehold

Kostnaden for drift- og vedlikehold er avhengig av kvaliteten på biobrenselenheten. Et anlegg med en lavere investering stiller høyere krav til brensel og drift oppfølging sammenlignet med et dyrere anlegg som enklere kan takle et dårligere brensel.

For et anlegg på 6 MW biobrensel og 12 MW i spiss/reserve effekt som årlig leverer ca 30 GWh er det antatt man får følgende drift/vedlikeholdskostnader.

**Tabell 6-2, Oppsummering av drift- og vedlikeholdskostnader**

Drift- og vedlikehold	Beløp	Kommentar
<b>Personell</b>	kr 1 200 000	To ansatte som svarer for den normale driften, til en kostnad per ansatt på kr 600 000,-.
<b>Innleide tjenester</b>	kr 700 000	Innleide tjenester på 0,7 Mkr per år for vakt tjenester etc.
<b>El forbruk</b>	kr 540 000	El-forbruk, 3% produsert varme og elpris på 60 øre/kWh
<b>Askedeponi</b>	kr 75 556	Askemengde på 1% og deponeringskostnad på 800 kr/tonn.
<b>Bio vedlikehold</b>	kr 360 000	Vedlikehold på biokjeler 60 kr/kW og år.
<b>Olje/gass vedlikehold</b>	kr 120 000	Vedlikehold på spiss/reserve kjeler 10 kr/kW og år.
<b>Sum per år</b>	<b>kr 2 995 556</b>	
<b>øre/kWh-produsert</b>	<b>10,0</b>	Ved 30 GWh/år i levert varmemengde mot nett.

Variasjonen kan forventes mellom 6-12 øre/kWh for et anlegg i denne størrelsen.

## 7. Referanser

- i. BeBO, Ekonomiska och driftserfarenhetsmässiga utvärdering av bergvärmepumpar, februari 2008,
- ii. Informasjon fra diverse fjernvarmerørs produsenter
- iii. Sammenstilling fra et stort antall tilbud til prosjekt som er gjennomført av Bioen as.