

ENERGIBRØNNER VS. UTELUFT SOM ENERGIKILDE TIL VARMEPUMPER

Oppdragsgiver	Norsk brønnboreforening	Bjørn Halvorsen
Oppdragstaker	Futurum Energi AS	Bjørn Gleditsch Borgnes
Sted / Dato	Asker	31.03.09

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	3
1 BAKGRUNN.....	4
2 BESKRIVELSE AV ENERGIKILDENE	5
2.1 UTELUFT.....	5
2.2 ENERGIBRØNNER	7
3 VARMEPUMPENS VIRKNINGSGRAD (COP) OG YTELSE	8
3.1 UTELUFT.....	8
3.2 ENERGIBRØNNER	9
4 INVESTERINGSKOSTNADER.....	10
4.1 UTELUFT.....	10
4.2 ENERGIBRØNNER	10
5 ENERGIBESPARELSER.....	11
6 TEKNISK LEVETID.....	13
7 LØNNSOMHET	14
8 SERVICE, DRIFT OG VEDLIKEHOLD.....	15
9 ESTETIKK	15
10 STØYPROBLEMATIKK.....	16
10.1 UTELUFT.....	16
10.2 ENERGIBRØNNER	16
11 FORDELER OG ULEMPER.....	17
11.1 UTELUFT.....	17
11.2 ENERGIBRØNNER	17
KILDER.....	18

SAMMENDRAG

Både uteluft og fjellgrunnen via energibrønner er mye brukt som energikilder til varmepumper som produserer vannbåren oppvarming. Dette gjelder både til små anlegg (eneboliger) og til store enkeltbygg eller nærvarmeanlegg som forsyner flere bygg.

Energibrønner er i de aller fleste prosjekter å foretrekke som energikilde framfor uteluften. Dette fordi:

- Energibrønner gir varmepumpen en høyere årlig energibesparelse, både pga. en høyere årsvarmefaktor og en høyere energidekningsgrad
- Energibrønner som energikilde har levetid som er minimum 5 ganger så lang som opptaksenheten til uteluftbaserte anlegg
- Energibrønner som energikilde forårsaker verken sjenerende støy eller skjemmende ”bokser” på vegg eller tak
- Energibrønner kan også produsere energi- og miljøeffektiv kjøling, uten ekstra investeringskostnader
- Energibrønner kan benyttes til sesonglagring av termisk energi (store prosjekter)
- Energibrønner er enklere og mer robuste enn opptaksenheten til en uteluftbasert varmepumpe. Dette gir lavere service- og vedlikeholdskostnader.
- Brønnbaserte varmepumper vil i de fleste tilfeller gi en høyere investeringskostnad enn for uteluftbaserte varmepumper. Den høyere initielle investeringskostnaden vil imidlertid i de aller fleste prosjekter oppveies av
 - høyere årlige besparelse
 - økt driftssikkerhet, reduserte service- og vedlikeholdskostnader
 - betydelig lenger teknisk levetid

Generelt er det kun i tilfeller der det ikke er praktisk mulig å etablere gode energibrønner, at uteluftbaserte varmepumper totalt sett vil være et bedre alternativ for oppvarming av et vannbårent varmeanlegg.

1 BAKGRUNN

Stadig flere byggeiere velger varmepumpe for oppvarming og evt. kjøling av sine bygg. Dette gjelder alt fra små eneboliger/hytter til større næringsbygg.

Ved valg av energikilde til varmepumpen vurderes ofte energibrønn(er) og uteluft. I noen tilfeller kan også andre energikilder som avtrekksluft, jordvarme, sjøvann, spillvarme fra industri, osv. være aktuelt.

I denne sammenheng er det sett spesielt på varmepumper som leverer varme til *vannbårne anlegg*, og med energibrønner eller uteluft som energikilde.

Norsk Brønnborerforening (NBF) har gitt Futurum Energi AS i oppdrag å vurdere fordeler/ulemper ved bruk av uteluft versus energibrønner som energikilde til vannbaserte varmepumper.

Deler av rapporten er basert på kvalitative vurderinger og erfaringer. For nærmere analyser av COP, dekningsgrader og generelle driftserfaringer anbefales det å gjøre mer detaljerte feltstudier på anlegg i drift.

Studien er utført av Futurum Energi AS v/ siv.ing. Bjørn Gleditsch Borgnes.

2 BESKRIVELSE AV ENERGIKILDENE

2.1 Uteluft

Uteluft-vann varmepumper henter varme fra uteluften og overfører energien til byggets vannbårne varmeanlegg og tappevannssystem.

Energien fra uteluften utvinnes ved at en eller flere vifter blåser luften gjennom varmepumpens fordampner (direkte system), eller gjennom et tørrkjølerarrangement som er tilkoblet fordampneren via en sekundærkrets med sirkulerende frostvæske (indirekte system).

Direkte system

For direkte systemer er fordampneren plassert direkte i luftstrømmen. Dette er det vanligste prinsippet for eneboliger og for små til mellomstore anlegg, men direkte system kan også benyttes for varmepumper med ytelse opp til flere hundre kW.



Figur 1 Luft/vann varmepumpe med ytelse på ca. 6 kW ved 7 °C utetemperatur og produksjon av 45 °C vann.



Figur 2 Luft/vann varmepumpe med ytelse på ca. 500 kW ved 7 °C utetemperatur og produksjon av 45 °C vann.

Indirekte system

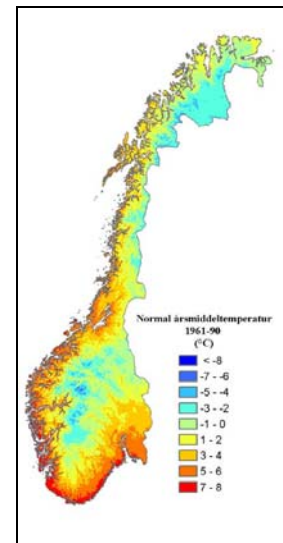
For større prosjekter etableres luftkjølere som kobles mot varmepumpens fordampner via en sekundærkrets med frostvæske. Ved hjelp av luftkjølere med tynne lameller og vifter, overføres lavtemperatur energi fra uteluften til frostvæsken, som i neste omgang overfører energien til varmepumpens fordampner. Luftkjølere plasseres vanligvis enten på tak eller vegg eller etableres som egne frittstående "bygg". For slike anlegg benyttes gjerne en ordinær væske/vann varmepumpe.

Uteluftens temperatur

Uteluftens temperatur er avgjørende for effektiviteten til en luft/vann varmepumpe. Uteluftens temperatur varierer over året, og fra sted til sted i Norge.

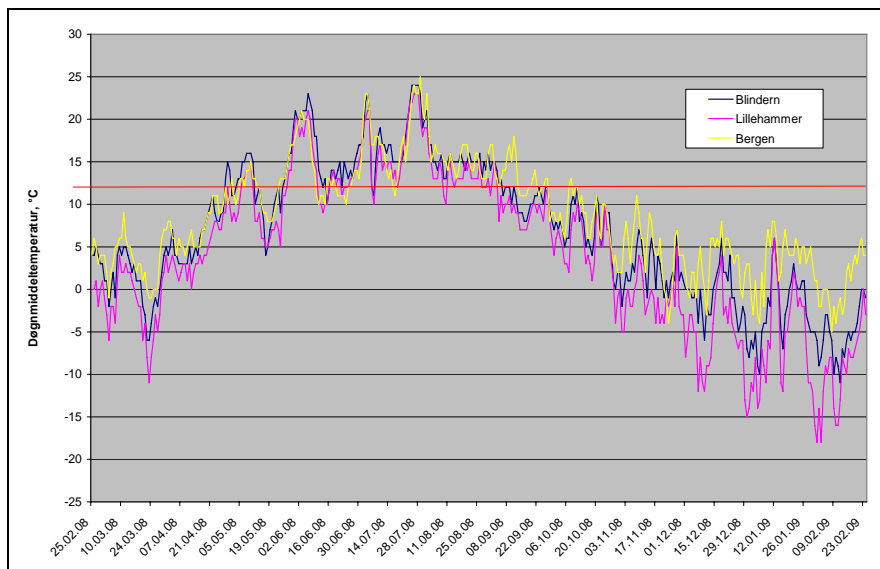
I figuren til høyre er skjematisk vist årsmiddeltemperaturer for Norge. Ved vurdering av uteluften som energikilde er imidlertid årsmiddeltemperaturen ikke avgjørende, da det er utetemperaturen gjennom *fyringssesongen* som bestemmer egnetheten for uteluft som energikilde.

Da normaltemperaturer gjennom fyringssesongen kan variere betydelig fra landsdel til landsdel, men også lokalt – betyr dette at det må gjøres lokale vurderinger i hvert enkelt prosjekt.



Figur 3

Under er vist 365 dagers døgnmiddeltemperatur for 3 målestasjoner i Norge:



Figur 4

Avriming

Fuktig luft som strømmer over en kald flate (fordamper eller tørrkjøler) vil kondensere og føre til tilriming av varmevekslerflater når disse holder temperatur under 0 °C. For uteluftbaserte varmepumper er det derfor behov for et system for avriming, vanligvis løst ved at varmgass fra kompressorene i korte sykluser kjøres gjennom fordamperflatene.

Avriming kan redusere virkningsgraden til en uteluftbasert varmepumpe dramatisk. Energitapet over året vil variere, bla. avhengig av lokale klimatiske forhold (luftfuktighet og temperatur).

2.2 Energibrønner

Grunnen kan utnyttes som energikilde til varmepumpe på ulike måter. I denne sammenhengen er det sett på den mest vanlige installasjonen; 150 – 300 meter dype energibrønner med sirkulerende frostvæske i lukket kollektorsløyfe.



Figur 5

Urørt temperatur i øverste del av jordskorpen

Jo høyere utgangstemperaturen i fjellvolumet rundt energibrønnene er, dess bedre utgangspunkt er det for bruk av energibrønner som energikilde til en varmepumpe.

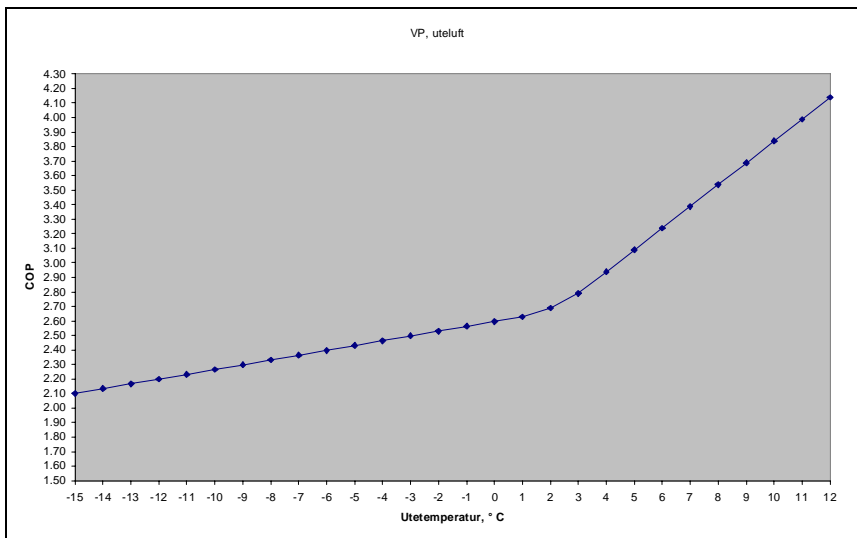
Temperaturen i fjellgrunnen varierer fra sted til sted, normalt knyttet opp til stedets årsmiddel utetemperatur. Vanligvis er gjennomsnittlig temperatur i de øverste 200 meterne av jordskorpa mellom 2 og 4 °C høyere enn stedets årsmiddeltemperatur.

3 VARMEPUMPENS VIRKNINGSGRAD (COP) OG YTELSE

Generelt for alle typer varmepumper er at virkningsgraden, COP (Coefficient Of Performance) avtar jo større temperaturløftet mellom varmekilden og varmeanleggets distribusjonssystem er.

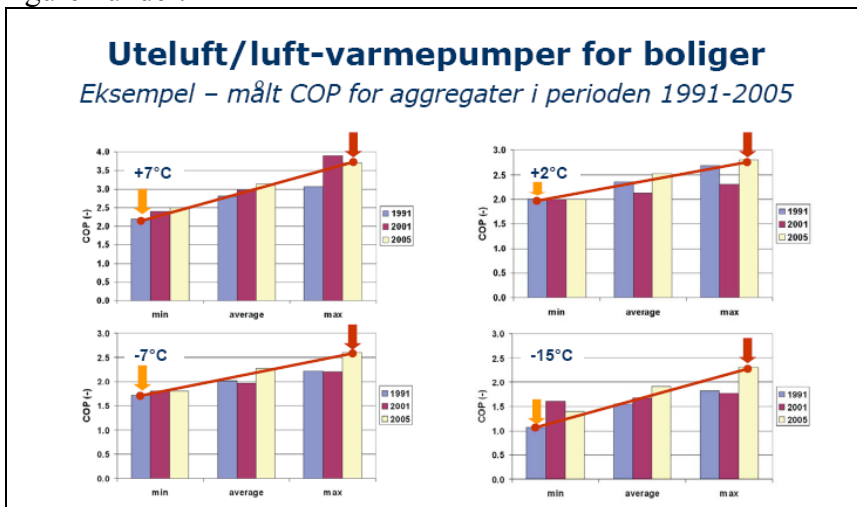
3.1 Uteluft

COP for en uteluftbasert varmepumpe er lavest når varmebehovet er størst, og tilsvarende høyest når varmebehovet er minst. COPer for typiske uteluftbaserte varmepumper som funksjon av utetemperatur kan illustreres som følger:



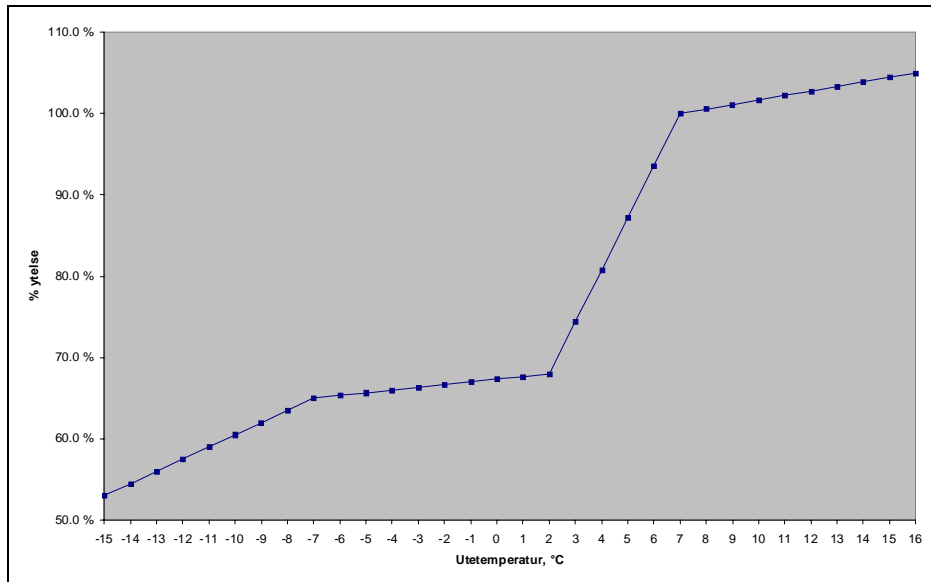
Figur 6

Målt COP ved ulike utetemperaturer for installerte uteluftbaserte boligvarmepumper er vist i figuren under.



Figur 7

Tilsvarende faller ytelsen til en uteluftbasert varmepumpe med fallende utetemperatur, som illustrert i figuren under.



Figur 8

Det er viktig å merke seg at tallmaterialet over er basert på momentanmålinger, noe som vil si at virkningsgradstap som følge av avriming ikke er iberegnet.

3.2 Energibrønner

Et varmepumpeanlegg basert på energibrønner med rett antall, dybde og innbyrdes plassering har normalt liten endring i COP gjennom fyringssesongen, da temperaturen på energikilden vil være relativt stabil.

Brønnbaserte anlegg dimensjoneres gjerne slik at de i vintersesongen jobber med temperaturer i kollektorvæsken rundt 0 °C og ΔT på 2-4K for tur-/returtemperatur mot brønnen.

For større anlegg der overskuddsenergi gjennom sommeren er tilbakeført brønnene (sesonglagring), kan temperaturen i kollektorvæsken være betydelig høyere, spesielt gjennom første del av fyringssesongen.

For et brønnbasert varmepumpeanlegg vil typiske årsvirkningsgrader være som følger:

Type anlegg	Temp.nivå varme	Typisk årsvirkningsgrad (COP)
Kun oppvarming	Lavtemp. radiatorer	2,5 – 3,0 (inkl. pumpeenergi)
Kun oppvarming	Gulvvarme	3,5 – 4,0 (inkl. pumpeenergi)
Oppvarming + kjøling*	Lavtemp. radiatorer	3,0 – 3,5 (inkl. pumpeenergi)
Oppvarming + kjøling*	Gulvvarme	4,0 – 5,0 (inkl. pumpeenergi)

* Variasjoner avhengig av andelen kjølebehov

4 INVESTERINGSKOSTNADER

Investeringskostnader til et varmepumpeanlegg, enten man bruker uteluft eller energibrønn(er) som energikilde, vil variere fra prosjekt til prosjekt. De viktigste parametrene som påvirker investeringskostnadene er:

4.1 Uteluft

- Bygningsmessige tiltak for plassering av opptakssystem
- Avstand fra utedel til energisentral

4.2 Energibrønner

- Løsmassemektighet (dybde til fjell)
- Nivå for grunnvannspeil
- Bergartens varmeledningsevne
- Avstand fra energibrønn(er) til varmepumpe/energisentral
- Grøftkostnader (graving, pigging, sprengning)

Generelt har en installasjon av en uteluftbasert (luft-vann) varmepumpe en lavere investeringskostnad enn en energibrønnbasert (væske-vann) varmepumpe.

Ut fra innhentet informasjon, kan det antas at investeringskostnaden for et typisk uteluftbasert varmepumpeanlegg ligger i størrelsesorden 20-40% lavere enn for et typisk energibrønnbasert varmepumpe.

5 ENERGIBESPARELSER

Årlige energibesparelser vil variere fra prosjekt til prosjekt. De viktigste parametrene som påvirker de årlige energibesparelsene for en varmepumpeinstallasjon er:

- Dimensjonering, utførelse og drift av varmepumpe og opptakssystem
- Temperaturnivå for energikilde
- Temperaturnivå for distribusjonssystem i bygget
- Valg av varmepumpeaggregat, komponenter, etc. for best mulig driftsforhold
- Valg av kuldemedium for varmepumpe, tilpasset ovennevnte

Generelt sies det at en varmepumpe over året produserer 3 kWh varme for hver kWh som tilføres den, dvs. at den har en COP/årsvarmefaktor på 3. I virkeligheten varierer årsvarmefaktorer for installerte varmepumper typisk fra 1,7 – 4,0.

En uteluftbasert (luft-vann) varmepumpe i et norsk klima har typiske årsvarmefaktorer fra 1,8 – 2,5, mens en brønnbasert (væske-vann) typisk ligger på 2,5 – 4,0. Det er da medtatt nødvendig vifte- og pumpeenergi, samt energi for avriming av uteluftenheten.

I tillegg vil en brønnbasert varmepumpe typisk ha en høyere dekningsgrad (90-95%) i forhold til uteluftbaserte varmepumper (80-85%). Avgitt effekt fra en uteluftbasert varmepumpe vil avta med synkende utetemperatur, men dekningsgraden påvirkes av flere faktorer, og vil kunne variere fra prosjekt til prosjekt

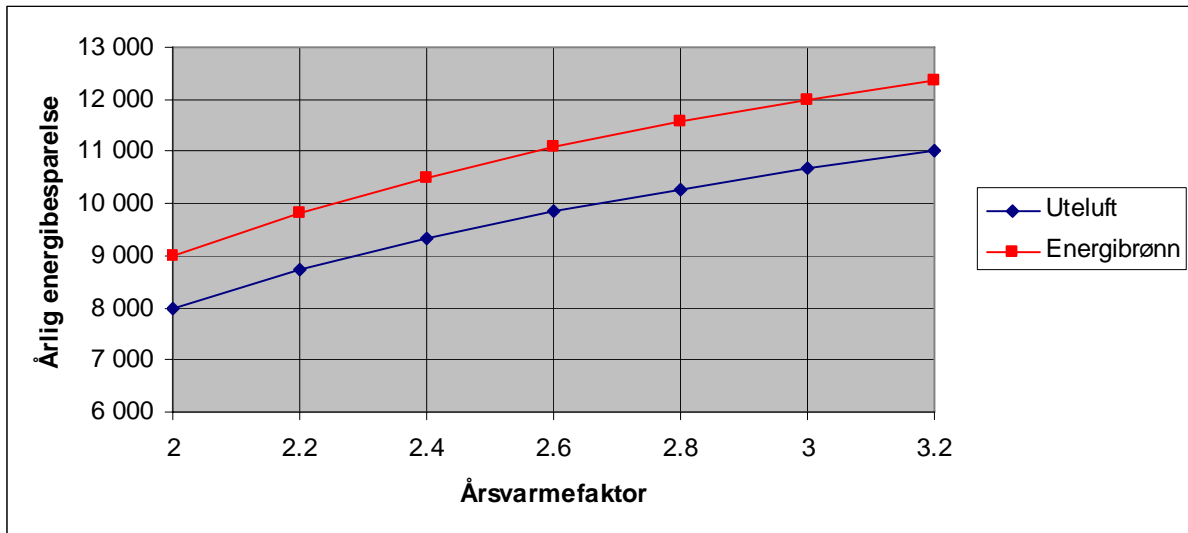
For brønnbaserte varmepumpeanlegg vil man også i mange prosjekter kunne høste store energibesparelser ved produksjon av frikjøling.

Eksempel, enebolig med 20.000 kWh i årlig varmebehov

	Uteluft	Energibrønn
Årsvarmefaktor, VP	2,5	3,2
Dekningsgrad, %	80	90
Årlig besparelse, kWh	9.600	12.400

I eksempelet over gir en brønnbasert varmepumpe nesten 30% høyere årlig energibesparelse i forhold til en uteluftbasert varmepumpe.

Dersom dekningsgraden holdes fast på hhv. 80 og 90% fås følgende oppsett for årlige besparelser med variable årsvarmefaktorer:



Figur 9

Dette forteller at *dekningsgraden* er en svært viktig parameter i tillegg til årsvarmefaktoren når de to ulike varmekildene skal sammenlignes. Dekningsgraden kan variere, bla. avhengig av lokalt klima.

Dersom man benytter *systemvirkningsgrad* (inkludert leveranse fra spisslastkjel) i stedet for årsvarmefaktor vil dekningsgraden også være fanget opp. I eksemplet over vil dette gi

	Uteluft	Energibrønn
Årsvarmefaktor, VP	2,5	3,2
Dekningsgrad, %	80	90
Årlig besparelse, kWh	9.600	12.400
Systemvirkningsgrad	1,92	2,62

6 TEKNISK LEVETID

Når det gjelder teknisk levetid skiller et brønnbasert anlegg seg betydelig fra en uteluftbasert varmepumpeinstallasjon.

For mindre uteluftbaserte varmepumper, kan det regnes en teknisk levetid for hele installasjonen på 12-15 år. Dette betyr at etter 12-15 år må hele investeringen gjøres på nytt.

For en tilsvarende energibrønnbasert varmepumpe kan en regne at ca. 50-70 % av investeringen (energibrønnene) beholder sin tekniske verdi like lenge som bygget den forsyner står der.

For et riktig dimensjonert energibrønnanlegg vil ikke verdien forringes over tid. Snarere vil verdien øke i takt med forventede økte energipriser og økt fokus på miljøvennlige energikilder.

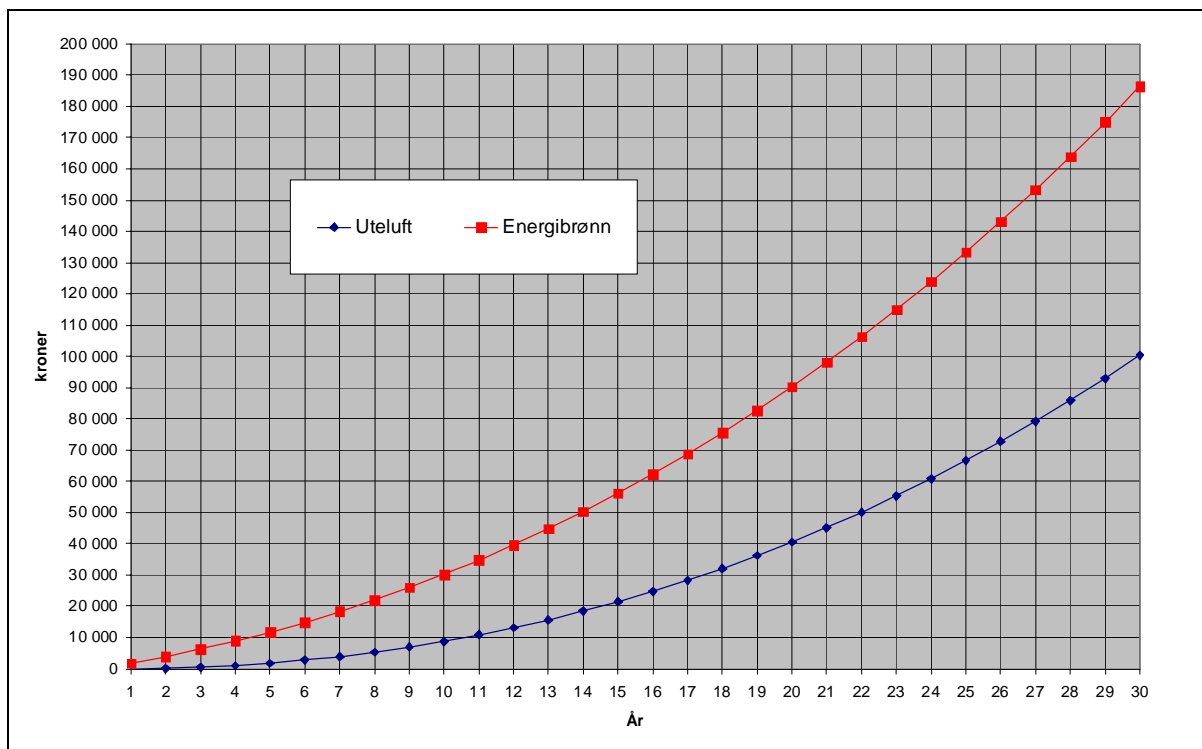
En kan også anta at selve varmepumpen (kompressorene) i et energibrønnbasert anlegg vil ha lenger levetid (20-40%) enn i et uteluftbasert anlegg. Dette fordi en energibrønnbasert varmepumpe har mer stabile driftsforhold sammenlignet med en uteluftbasert varmepumpe.

7 LØNNSOMHET

Lønnsomhet er et relativt begrep, som defineres noe forskjellig fra bransje til bransje, fra person til person og fra prosjekt til prosjekt. Lønnsomhet kan beregnes på mange forskjellige måter.

I figuren under er vist en forenklet akkumulert cash-flow over 30 år for et typisk eneboligprosjekt, der uteluft og energibrønn som energikilde er sammenlignet. Følgende forutsetninger er lagt til grunn:

	Uteluft	Energibrønn
Årlig varmebehov	20.000 kWh	
Årsvarmefaktor, VP	2,5	3,2
Dekningsgrad, %	80	90
Årlig besparelse, kWh	9.600	12.400
Energipris	1,00 kr/kWh, og 2% rel. prisvekst pr. år	
Investeringskostnad	100.000	140.000
Ann.lån med kalk.rente	5 %	
Løpetid, lån	15 + 15 år (reinvestering etter 15 år)	30 år for energibrønn 15+15 år for vp+



Figur 10

8 SERVICE, DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Service-, drift- og vedlikeholdskostnader varierer mye fra varmepumpeanlegg til varmepumpeanlegg. Jo bedre planlagt, prosjektert og konstruert anlegget er, dess lavere blir de energiuavhengige kostnadene.

Ut fra innhentede erfaringer med store og små varmepumpeanlegg kan det konkluderes med at uteluftbaserte varmepumper krever mer teknisk oppfølging enn energibrønnbaserte varmepumper. Dette er primært knyttet opp til:

- Flere mekaniske, rørlige komponenter
- Mer komplisert automatikk (vifter, varmgassavriming, etc.)
- Større belastninger på kompressorer, etc. pga. større driftsvariasjoner

Selve opptakssystemet i et brønnbasert anlegg er i praksis nærmest vedlikeholdsfritt, da eneste mekaniske, rørlige komponent er brønnpumpen. Kollektorsystemet er 100% vedlikeholdsfritt.

9 ESTETIKK

Utedelen til en uteluftbasert varmepumpe plasseres vanligvis på flate tak, eller henges på byggets fasade.

Energibrønner overdekkes og er ikke synlig i omgivelsene. Mange byggeiere, arkitekter m.fl. tillegger dette stor verdi når energikilde velges.



Figur 11 Uteluft



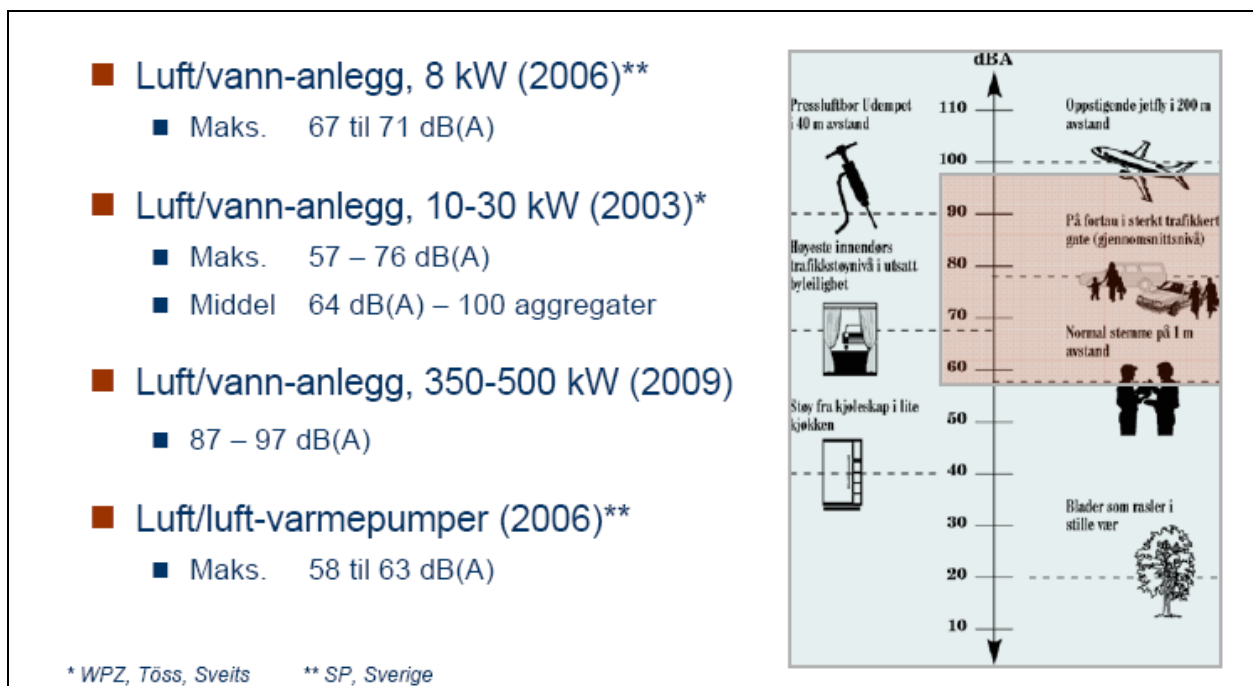
Figur 12 Energibrønner

10 STØYPROBLEMATIKK

10.1 Uteluft

Opptaksenheten for et uteluftbasert varmepumpeanlegg genererer støy, og det bør derfor stilles strenge krav til plassering av denne. I praksis viser dette seg ofte å være vanskelig, og mange oppfatter dette som sjenerende.

Under er vist resultater fra målinger gjort i Sveits og Sverige.



Figur 13

10.2 Energibrønner

Energibrønner genererer ingen form for sjenerende støy.

11 FORDELER OG ULEMPER

11.1 Uteluft

- + Alltid tilgjengelig som energikilde
- + Rimeligere installasjon enn energibrønn
- + Gode virkningsgrader ved høye utetemperaturer. Kan derfor egne seg for prosjekter med store tappevannsbehov også gjennom sommerhalvåret
- + Stadig forbedrede produkter på markedet

- ÷ Lavere årsvarmefaktor (SPF) pga. lavere kildetemperatur i fyringssesongen, bruk av vifter, avriming, større LMTD i fordampere m.m.
- ÷ Lavere dekningsgrad av totalt varmebehov (varmemytelsen avtar med synkende lufttemperatur)
- ÷ Kan ikke levere frikjøling i sommerhalvåret
- ÷ Begrenset leveringstemperatur - høy temperatur gir redusert kompressorlevetid – (medieavhengig)
- ÷ Betydelig kortere levetid enn energibrønner pga. større variasjon i driftsbetingelser og flere mekaniske komponenter
- ÷ Støy fra utedelen
- ÷ Mer vedlikehold (mer mekanikk og elektronikk)

11.2 Energibrønner

- + Bortimot alltid tilgjengelig energikilde. Det er svært sjelden det ikke er mulig å bore energibrønner
- + Stabil temperatur gjennom hele fyringssesongen, gir gode virkningsgrader og stabil drift for varmepumpe
- + Gode virkningsgrader selv ved lave utetemperaturer.
- + Høy dekningsgrad (normalt 90-95% av totalt årlig varmebehov)
- + Selve energikilden (borehull med kollektor) har like lang levetid som bygningen den forsyner (> 50 år)
- + Stabile arbeidsbetingelser. Kompressorer i en energibrønn basert varmepumpe vil ha betydelig lenger levetid enn kompressorer i en uteluftbasert varmepumpe.
- + Når kompressorer havarerer i en uteluftbasert varmepumpe må vanligvis hele installasjonen byttes (100%), mens for en energibrønnbasert varmepumpe skiftes kun selve varmepumpen (30-40% av investeringen).
- + Energibrønner representerer ingen støykilde, til forskjell fra en uteluftbasert varmepumpe
- + Energibrønner er ikke synlige/skjjemmende, til forskjell fra uteluftbaserte installasjoner
- + Kan levere frikjøling sommerstid
- + I større energibrønnparker kan overskuddsenergi (kjøleenergi) lagres fra sommer til vinter, såkalt sesonglagring av energi.

- ÷ Normalt høyere investeringskostnad enn uteluftbasert installasjon

KILDER

www.novap.no

www.svepinfo.se

Sintef v/ Jørn Stene

Div. korrespondanse med eiere og leverandører av varmpumpeanlegg

Div. artikler