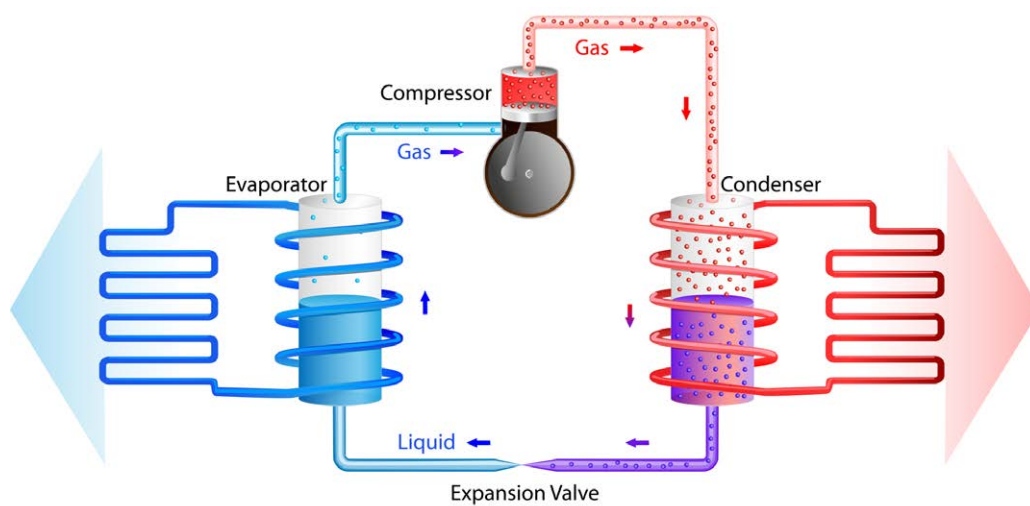


Varmepumper

til oppvarming og kjøling
i bygninger



Tipshefte fra Grønn Byggallianse



Illustrasjon: Shutterstock

Tipshefte nr. 7. Utgitt november 2016. Bilder side 1: Oppe fra venstre: Høgskolen i Molde, Avantor Energisentral i Nydalen. Nede: Horisont Kjøpesenter.

Utgitt av Grønn Byggallianse. Redaktør: Kjetil Novang Gulbrandsen.

Innhold

Innhold	3
Formål med dette tipsheftet	4
Varmepumpevevt – suksessfaktorer og fallgruber	5
Generelt om varmepumper	7
Virkemåte	7
Effektivitet og energisparing	8
Systemoppbygging - grunnlast og spisslast	8
Varmekilder	8
Plassbehov	10
Støy	10
Lønnsomhet	10
Mer informasjon om varmepumper	10
Miljøpåvirkning	11
Innspart energi og klimagassutslipp	11
Miljøfarlige stoffer	11
Levetid og vedlikehold	12
Prosjektering og bygging	13
Anskaffelse av rådgivere og utførende	13
Kontroll og oppfølging av prosjektering og utførelse	14
Sertifisering og sikkerhetskrav	14
Krav til varmepumpen og varmepumpesystemet	15
Krav til styring, regulering og overvåking	15
Krav til FDV – forvaltning, drift og vedlikehold	16
Overtagelse og prøvedrift	18
Igangkjøringsfase	18
Idriftsettingsfase	18
Prøvedriftsfase	18
Overtagelse	19

Formål med dette tipsheftet

Tipshefter fra Grønn Byggallianse har som formål å øke bestillerkompetansen hos byggherren eller utbyggingselskapet. Riktig utført gir varmepumpesystemer høy miljøgevinst og god lønnsomhet. Dessverre finnes det også mange eksempler på systemer som ikke fungerer som forutsatt, verken når det gjelder leveranse av varme/kjøling eller kostnadseffektivitet.









Dette tipsheftet tar opp viktige suksesskriterier og «snubletråder» fra tidligfasevurdering og fram til et energieffektivt og driftssikkert varmepumpesystem som samsvarer med prosjektet eller forventet ytelse. Dermed legger heftet til rette for at byggherren kan oppnå optimal kost/nytte-faktor for sine varmepumpesystemer. I tillegg vil tipsheftet gi bestiller (byggherre, utbygger) nødvendig overordnet forståelse av teknologien knyttet til varmepumper. Heftet vil også kunne være en sjekklister for prosjekterende og utførende, men er i utgangspunktet ikke tenkt som en prosjekterings- eller utførelsesveileder.

Tipsheftet forutsetter at det i forkant er utført en bred analyse av mulige teknologier for oppvarming og kjøling, f.eks. etter systematikk beskrevet i BREEAM-NOR Emne Ene 4 ”Low and Zero Carbon Technologies”. Tipsheftet tar utgangspunkt i at en slik foranalyse har konkludert med at et varmepumpesystem er den foretrukne løsningen.

Varmepumpevevt

– suksessfaktorer og fallgruber

Følgende viktige momenter må ivaretas for varmepumpeleveransen:

-  Samspill mellom varmesystemer: Samspill mellom system for grunnlast og spisslast må planlegges og reguleres helhetlig. Varmepumpen skal gå på full kapasitet før spisslastkilden får levere varme til varmesystemet. Eventuelle sikkerhetsmarginer for installert effekt bør knyttes til spisslastsystemet og ikke til grunnlastsystemet.
-  Effektbehov: Avgitt varme- og kjøleeffekt ved definerte temperaturer på varm og kald side må dokumenteres ut fra reelt energibudsjett. Samarbeidet med energirådgiver må være tett nok til at effektbehovet revideres hvis rammebetingelser for energiberegning endres. Overdimensjonering vil gi et lite kostnadseffektivt anlegg.
-  Dokumentere SCOP: Det må installeres målere slik at leverandørens oppgitt effektfaktor over året – SCOP – kan bekreftes i praktisk drift. Det vil si at anlegget må registrerer og logge strøm til drift av systemet, og samlet energileveranse fra varmepumpesystemet. (SCOP er forholdet mellom energi levert fra pumpen og energien som går med til å drifte den.) Uten entydige krav og dokumentasjon av disse verdiene i drift, vet man ikke om anlegget fungerer som forutsatt.
-  Hvis varmepumpesystemet etableres som en del av en energisentral som skal forsyne flere bygg, må det kontrolleres om installasjonen utløser konsesjonsplikt som fjernvarmeanlegg etter energiloven.
-  Dellastregulering av kompressorer og akkumuleringsvolum: Kompressorer skal ha høy virkningsgrad både ved full last og dellast. Det bør velges kompressorer med turtallsregulering (alle typer kompressorer), sugeventilregulering (stempelkompressorer) eller på/av-regulering (scroll-kompressorer) hvor akkumuleringsvolumet er så stort at varmepumpen kan ha hvile- og gangtider på minimum 15 minutter. Skruekompressorer som kun benytter sleideregulering frarådes pga. lav effektivitet ved dellast.
-  Effekt- og energimåling (COP-måling): Hvert varmepumpeaggregat må ha egen el.måler (nettanalysator) og varmeenergimåler slik at COP kan beregnes og synliggjøres i toppsystemet (SD-anlegget).
-  Styring og regulering: Integrerbar styring og regulering som kan kontrolleres via toppsystemet. Utetemperaturkompensert turtemperatur (reguleringskurve) er et minimum. Det betyr at utgående vanntemperatur fra varmepumpen skal reguleres iht. utetemperaturen og dermed varmeeffektbehovet i bygningen. Jo høyere utetemperatur desto lavere utgående vanntemperatur.
-  Separat varmepumpe for varmtvann: Vurder bruk av en separat varmtvannsvarmepumpe i bygninger med høyt behov for varmtvannsberedning (hoteller,

sykehjem, sykehus, idrettsanlegg). Varmepumper med CO₂ som arbeidsmedium (CO₂-varmepumper) er spesielt godt egnet til formålet.



Referanser: Innhentede referanser må være fra prosjekt med varmepumpesystemer av tilsvarende kompleksitet og størrelse.



Referanse til standarder: Sett krav til at leveransen skal følge relevante standarder og normer (NS-EN 378, Norsk kulde- og varmepumpenorm, Varmenormen osv.) Det gir prosjektet en kvalitetsreferanse i form av konkrete krav, og kan bidra til å minimere antall diskusjoner om hva som er «godt nok».



Temperaturnivå i vannbårene varmesystemer: Systemer med relativt lavt temperaturnivå (<50-60 °C) medvirker til vesentlig høyere SCOP (større energituttak) for varmepumpen enn ved bruk av høytemperatur systemer.



Sammenheng mellom COP og brønncapasitet: En varmepumpe med høy COP krever flere energibrønner enn en varmepumpe med lavere COP etter som det hentes ut mer varme fra fjellet. For å sikre stabil energileveranse fra brønner må derfor borehullene dimensjoneres ut fra valg av varmepumpe.



Valg av arbeidsmedium: Arbeidsmedium må vurderes ut fra prosjektspesifikke rammebetingelser. Uteluftbaserte aggregater er ikke nødvendigvis tilpasset norsk klima.



Det anbefales bruk av arbeidsmedier med lav GWP (helst under 10). Utfasingen som har vært gjennomført for ozonnedbrytende kjemikalier i kjøleanlegg, vil bli utvidet til å omfatte arbeidsmedier som har sterk klimagasseffekt (høy GWP).



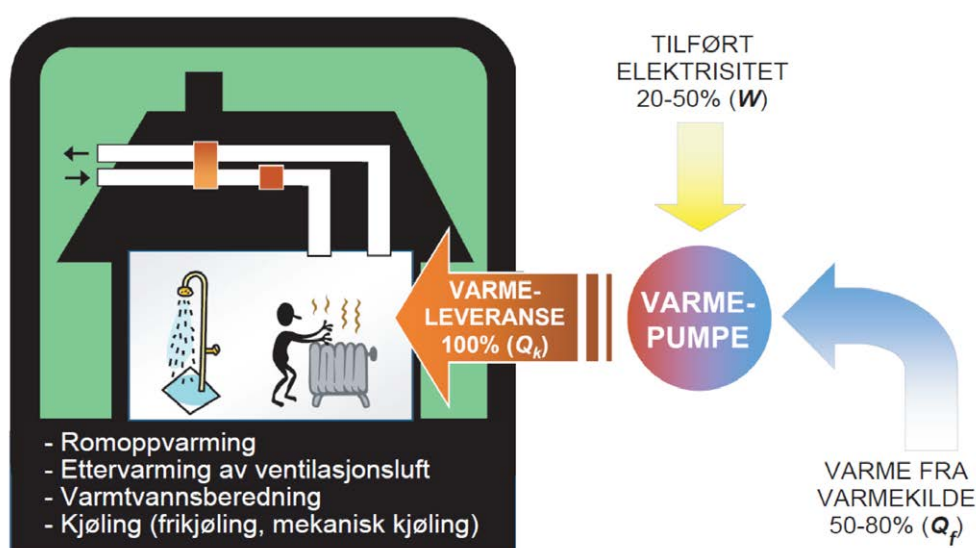
Maks./min-temperaturer på varmepumpen: Velg alltid varmepumpeaggregater med et arbeidsmedium og en utførelse som klarer å levere varme med en utgående vanntemperatur lik varmeanleggets dimensjonerende turtemperatur. Mange varmepumpeaggregater har kun 50 °C maks. utgående vanntemperatur, og dette vil være for lavt i en del varmeanlegg (temperaturbegrensning).

Generelt om varmepumper

En varmepumpe benytter en elektrisk drevet kompressor til å transportere varme fra en varmekilde med moderat temperatur og leverer varmen ved høyere temperatur. Varmen kan benyttes f.eks. til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmt tappevann. Varmepumpen kan være installert i den aktuelle bygningen, eller hos en nærvarme- og fjernvarmeleverandør.

Fordi varmepumper utnytter gratis omgivelsesvarme, reduseres behovet for høyverdig energi til oppvarming med typisk 40 til 80 prosent i forhold til andre oppvarmingsystemer (høyverdig energi er elektrisitet og energi basert på forbrenning av olje, gass, pellets mv.).

Varmepumper har én kald og én varm side, og kan utformes for å dekke både varme- og kjølebehov i bygninger. Kjølebehovet dekkes, hvis mulig, med naturlig kjøling (frikjøling) fra varmekilden eller ved at varmepumpen driftes som et kjøleanlegg.



Virkemåte

En varmepumpe har fire hovedkomponenter: fordampner, kompressor med elektrisk motor, kondensator og strupeventil. Komponentene er koblet sammen med et lukket rørsystem der det sirkulerer et arbeidsmedium (også kalt kuldemedium). Kompressoren sirkulerer arbeidsmediet kontinuerlig mellom komponentene, slik at varme blir transportert fra fordampneren (varmeopptak) til kondensatoren (varmeavgivelse).

Effektivitet og energisparing

Hvor effektiv en varmepumpe er uttrykkes gjennom den såkalte effektfaktoren (COP). Det vil si forholdet mellom avgitt varmeeffekt fra varmepumpen og tilført elektrisk effekt for drift av varmepumpen. Jo høyere COP, desto større energisparing for varmepumpeanlegget. Gjennomsnittlig COP over et år kalles SCOP, og ligger typisk mellom to og fire avhengig av bl.a. varmekilde, ytelse, temperaturkrav i varmesystemet og ytelsesregulering. Jo lavere gjennomsnittlig turtemperatur i varmesystemet og jo høyere temperatur på varmekilden, desto høyere blir SCOP for varmepumpen – altså desto mer energi leverer varmepumpesystemet. Når leverandører oppgir vesentlig høyere SCOP, er dette normalt beregnet ved spesielt gunstige forhold. For å unngå en slik kunstig høy angivelse av SCOP må spesifikasjonen angi at SCOP skal gjengi reell årsvarmefaktor for det aktuelle anlegget.

Systemoppbygging - grunnlast og spisslast

For å oppnå lavest mulig årskostnad (LCC) benyttes varmepumper til bygningsoppvarming som en grunnlastkilde. Grunnlastkilden er den varmekilden som brukes på de aller fleste dagene i fyringssesongen, men som ikke kan dekke behovet for tilført effekt (Watt) de kaldeste dagene. Anleggene dimensjoneres for typisk 40 til 50 prosent av maksimalt netto varmeeffektbehov, men dekker likevel 70 til 90 prosent av årlig varmebehov. *Dersom en varmepumpe dimensjoneres for å dekke en vesentlig større andel enn 50 prosent av maksimalt effektbehov, risikerer man å få et system som er mindre kostnadseffektivt og som har dårligere regulerings-egenskaper.*

Spisslastbehovet på årets kaldeste dager dekkes av en spisslastkilde, f.eks. elektrokjel, biooljekjel eller fjernvarme. Spisslastkilden, som dekker 10 til 30 prosent av årlig varmebehov, benyttes normalt også som backup (reservelast). I bygninger med dominerende kjølebehov, vil varmepumpe-/kjøleanlegget kunne ha så høy dimensjonerende effekt at det har kapasitet til å dekke hele det årlige varmebehovet. Da er det viktig at varmepumpen ikke har noen temperaturbegrensning og kan levere varme ved tilstrekkelig høy temperatur.

Varmekilder

Varmekilden velges ut fra lokal tilgjengelighet samt en teknisk og økonomisk vurdering. De vanligste varmekildene for større varmepumpeanlegg i nye og eksisterende bygninger er uteluft, fjell/berg, sjøvann, grunnvann og ventilasjonsluft.

Hvis fjell, sjøvann eller grunnvann er varmekilden, vil hele eller deler av kjølebehovet kunne dekkes svært energieffektivt med naturlig kjøling (frikjøling) fra kilden. Såkalt frikjøling er mulig når man har en kilde som naturlig har lavere temperatur enn ønsket temperatur i bygget.



UTELUFT er normalt lett tilgjengelig, men temperaturen varierer mye gjennom året, og er lavest når varmebehovet i bygninger er høyest. COP og varmeytelse for luft-til-vann-varmepumper avtar med synkende lufttemperatur, og anlegg for større bygninger må normalt stoppes ved ca. -10 °C. Varmepumper med kompressorkjøling kan imidlertid senke stopptemperaturen ned til -20 til -25 °C. Uteluftbaserte anlegg har lavere energisparing, kortere levetid og erfaringsvis flere driftsproblemer enn varmepumper med fjell eller vann som varmekilde. Anleggene er best egnet i områder med relativt milde vintre, og i bygninger med lavtemperatur varmesystemer. Anleggene må være utformet for drift i norsk klima.



FJELL/BERG utnyttes som varmekilde ved at det bores vertikale energibrønner ned til 200-300 m dybde. Det er også en utvikling mot enda dypere brønner, noe som kan være spesielt aktuelt i prosjekter med høy løsmassemektighet og/eller begrenset areal. I borehullene plasseres en plastrørvarmeveksler (kollektorslange), som kobles til et lukket rørsystem. En sirkulerende frostvæske overfører termisk energi (varme) mellom energibrønnene og byggets varmesystem. Fjell er generelt godt tilgjengelig i Norge. Imidlertid begrenses utnyttelsen av stor løsmassetykkelse eller leire i grunnen, lavt grunnvannsnivå samt lite plass til boring av energibrønner. Det er svært viktig med tilstrekkelig antall energibrønner og riktig avstand mellom brønnene. Antall brønner og innbyrdes avstand/konfigurasjon bestemmes av hvilke effekter og energibelastninger brønnparken skal utsettes for, samt hvilke termiske egenskaper det aktuelle fjellvolumet har. Fjellgrunnens termiske egenskaper (varmeledningsevne og temperatur) kan måles ved en såkalt ”Termisk responstest”. Ved tilbakeføring av varme fra kjøleanlegg, ventilasjonsluft osv. kan brønnavstanden reduseres. Frikjøling (naturlig kjøling) via energibrønnene kan dekke en relativt stor del av eventuelle kjølebehov. Frikjøling (naturlig kjøling) via energibrønnene kan i enkelte prosjekter dekke hele kjølebehovet. I andre prosjekter må frikjølingen suppleres med bruk av kjølemaskin.



SJØVANN er tilgjengelig som varmekilde for bygninger nær kysten. Temperaturen varierer med geografisk beliggenhet, årstid og dybde. Det bør alltid utføres lokale temperaturmålinger. Til større anlegg tar man ofte i bruk en systemløsning der sjøvann pumpes opp via en sjøvannsledning. Inntaksdybden bør være minimum -30 m for å minimalisere begroing. For å unngå korrosjon samt utfrysing av vann og begroing i rørledninger, pumper og varmevekslere, må det settes krav til komponent- og materialvalg og til hensiktsmessig drift. Indirekte systemer med såkalt trommelkollektor kan redusere disse utfordringene, og bør også vurderes. Vi ser i økende grad at en teknisk løsning med trommelkollektorer er å foretrekke foran direkte sjøvannsinntak. Sjøvannstemperaturen vil ofte være lav nok til at eventuelle kjølebehov i bygningen kan dekkes utelukkende med frikjøling (naturlig kjøling).



GRUNNVANN har noe begrenset tilgjengelighet, og finnes i grus og sand ved bl.a. elver, samt i gjennomgående sprekker i fast fjell. Temperaturen er stabil gjennom året, og grunnvann er derfor svært godt egnet som varmekilde og til frikjøling. Vannet pumpes opp til varmepumpen fra en produksjonsbrønn, og returneres til en infiltrasjonsbrønn. Det er svært viktig å analysere vannkvaliteten og utforme opptakssystemet slik at man unngår jernutfelling og gjenslamming i varmevekslere, rør og pumper. Ved store vannuttak er det behov for en geoteknisk vurdering for å unngå setningskader.



VENTILASJONSLUFT er en varmekilde med relativt høyt temperaturnivå som kan utnyttes f.eks. ved rehabilitering av eldre boligblokker og leilighetskomplekser som har avtrekksventilasjon.

Sammenstilling av varmekilder ut fra ulike karakteristiske egenskaper:

Varmekilde	Investeringskostnader	Energisparing	Vedlikeholdsbehov	LCC-kostnader	Driftssikkerhet
Uteluft	Lave	Lav/middels	Middels	Lav-middels	Lav-middels
Fjell/berg	Høye	Høy	Lavt	Middels-lav	Svært høy
Sjøvann	Middels/høye	Høy	Middels	Lav	Høy
Grunnvann	Middels	Høy	Middels	Middels	Middels/høy
Vent.luft	Middels	Høy	Lavt	Lav	God

Plassbehov

Plassbehovet i teknisk rom avhenger av type anlegg og varmeytelsen for varmpumper og spisslastsystem, samt behov for pumper, vannbehandlings-system, ekspansjonssystem osv. for varmeopptakssystemet. Noen løsninger kan være plasskrevende. Det kan for eksempel gjelde varmevekslere for å hente termisk energi fra elver og sjøvann. Plassbehov må derfor avklares tidlig slik at nødvendig areal tilpasses den beste tekniske løsningen – i stedet for at løsningen må tilpasses tilgjengelig areal. De fleste luft-til-vann-varmpumper blir plassert utendørs, og det kreves derfor tilstrekkelig oppstillingsplass. For bergvarmeanlegg i nybygg vil energibrønnene ofte kunne plasseres under bygget, mens det for eksisterende bygninger må være tilstrekkelig plass utendørs til å bore brønner. For sjøvannsanlegg vil det for direkte systemer være behov for pumpekum i sjøkan-ten og utlegging av sjøvannsledning, mens det for indirekte systemer må være plass nok og bunnforhold som gjør det mulig å installere trommelkollektorer eller kollektorslanger. For grunnvannsbaserte varmpumper er plassbehov utendørs moderat for brønnene.

Støy

Vifter og eventuelt kompressorer i utedelen i luft-til-vann-varmpumper genererer støy som kan være sjenerende for omgivelsene. Man bør derfor velge utstyr med lavt støynivå ("low noise"), og man må plassere utedelen hensiktsmessig med tanke på andre bygninger for å minimalisere støy. BREEAM-NOR kan brukes som referanse for å minimere støybelastning mot omgivelsene (Pol-kapittelet i BREEAM). Varmepumper som plasseres i teknisk rom og kobles til varmeopp-takssystem og varmesystem, skal utformes og installeres slik at de ikke genererer sjenerende støy og vibrasjoner i bygningen.

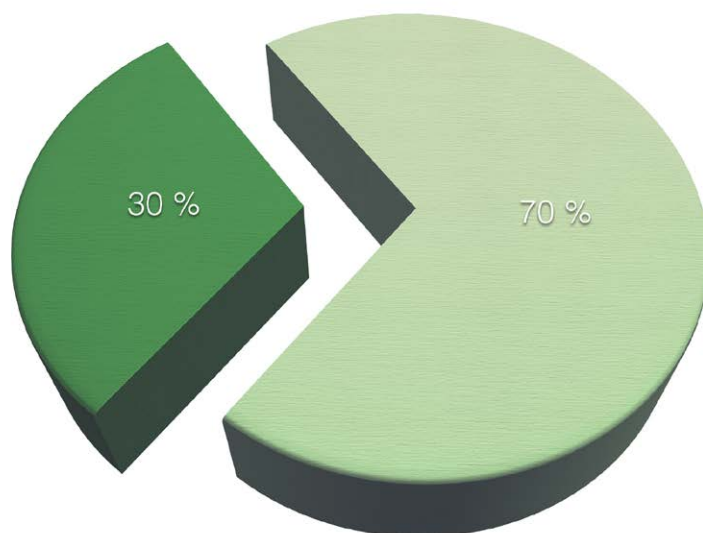
Lønnsomhet

Et varmpumpeanlegg for oppvarming og evt. kjøling har høyere investerings-kostnader enn kjelanlegg eller abonnentsentraler for fjernvarme. Dette fordi anleggene består av høyteknologiske komponenter og mer avanserte regulerings-systemer. Årlige driftskostnader blir imidlertid lavere da varmpumper utnytter en ekstern og fritt tilgjengelig varmekilde. En lønnsomhetsanalyse av et varmpum-peanlegg må derfor inkludere investeringskostnader, driftskostnader og vedlike-holdskostnader (nåverdi, inntjeningstid, årskostnad/LCC osv.). Varmpumpean-legg er spesielt lønnsomme ved kombinert oppvarming og kjøling av bygninger, samt ved høyt varmtvannsbehov.

Mer informasjon om varmpumper

For mer grunnleggende informasjon om varmpumper henvises bl.a. til Prenøk-blad «4.7 – Varmepumper – grunnlag», Byggforskserien «552.403 – Varmepum-per i bygninger – funksjonsbeskrivelse» og Norsk Varmepumpeforening (NOVAP) sine hjemmesider, www.novap.no og www.varmpumpeinfo.no.

Miljøpåvirkning



Eksempel: 70 prosent årlig energisparing med varmepumpeanlegg som bruker fjell, sjøvann eller grunnvann som varmekilde.

Innspart energi- og klimagassutslipp

Varmepumpesystemer reduserer behovet for høyverdig energi med typisk 40 til 80 prosent i forhold til oppvarmingssystemer basert på elektrisitet, gass, olje, bioenergi og fjernvarme. Hvis anleggene erstatter kjelanlegg med fossile brenslere, elimineres de lokale CO₂-utslippene. Reduksjonen i de globale CO₂-utslippene er imidlertid avhengig av om tilført elektrisitet til varmepumpeanlegget blir produsert med fornybare kilder (sol, vind, vann) eller i termiske kraftverk.

Hvor stor andel av årlig kjølebehov som kan dekkes, er avhengig av energikildens temperatur og temperaturkravet i bygningens kjølesystem. Normalt vil et varmepumpeanlegg ha stor betydning for byggets klimagassutslipp knyttet til energibruk i driftsfasen.

Miljøfarlige stoffer

Varmepumper benytter et såkalt arbeidsmedium (kuldemedium) som «transportør» når termisk energi skal overføres fra varmekilde til varmeforbruker. Dagens varmepumper benytter stort sett syntetisk framstilte HFK-arbeidsmedier. Drivhuseffekten (GWP-verdien) for HFK-mediene er 1500-2000 ganger høyere enn for CO₂. Ved utilsiktede lekkasjer vil arbeidsmediene bidra til drivhuseffekten. EUs F-gassforordning setter krav til regelmessig, uavhengig lekkasjekontroll på anlegg med mer enn 3 kg fylling.

EU har også vedtatt planer for utfasing av HFK fram mot 2030. Nye, syntetiske

erstatningsmedier for HFK omfatter bl.a. HFO-mediene, som har neglisjerbar GWP-verdi. Ammoniakk (NH_3), karbondioksid (CO_2) og propan er arbeidsmedier som - sammenlignet med HFK-medier - har neglisjerbar innvirkning på det globale miljø ved lekkasjer. Ammoniakk er imidlertid giftig mens propan er brennbart, og anleggene må derfor ha spesialutforming for å ivareta ønsket sikkerhet. I Norge er det installert mange ammoniakkvarmepumper, og driftserfaringene er meget gode. Det er foreløpig installert svært få varmepumper med propan som arbeidsmedium, men det forventes et økende marked.

Prosjekter med ambisiøse miljømål bør alltid vurdere hvorvidt man kan bruke et arbeidsmedium med lav GWP-verdi, se for eksempel BREEAM-NOR, emne Pol 1 ”Impact of refrigerants”. Dersom prosjektet må velge HFK-arbeidsmedium, bør prosjektet vurdere sikring mot lekkasje slik det er angitt i BREEAM-NOR, emne Pol 1. Det vises til kravene i NS-EN 378 «Kuldeanlegg og varmepumper – sikkerhets- og miljøkrav» og EUs F-gass-forordning.

Levetid og vedlikehold

Varmepumper reduserer bygningens behov for levert energi i betydelig grad gjennom bruk av teknisk utstyr. All innføring av teknologi vil imidlertid innebære et økologisk fotavtrykk knyttet til produksjon, vedlikehold og avhending av ulike komponenter. Levetid for komponenter og systemer vil være avgjørende for anleggets resulterende miljøbelastning. Det er derfor viktig å installere varmepumpe-systemer av høy kvalitet, og sørge for regelmessig vedlikehold slik at anleggene opprettholder sin ytelse og effektivitet gjennom hele sin levetid. Det er viktig å være klar over at det finnes varmepumper i markedet som ikke har ønsket kvalitet, for verken ytelse eller levetid.

Prosjektering og bygging

Anskaffelse av rådgivere og utførende

Et velfungerende varmpumpeanlegg krever god faglig forståelse i alle ledd, fra prosjektering til bygging, igangkjøring og drift. Det er videre av stor betydning at varmpumpe-kompetanse er kontrahert når viktige spørsmål som type varme- og kjølesystem og temperaturnivå for systemene, skal vurderes.

Som byggherre er det viktig å stille de riktige kravene når rådgivere og entreprenører skal kontraheres. I mange tilfeller er ikke tekniske underentreprenører bestemt på kontraheringstidspunktet for en totalentreprise. Det er derfor svært viktig med mer detaljerte kravspesifikasjoner for varmpumpeleveransen i slike prosjekter.

	Delte entrepriser/ byggherreprosjektering	Totalentreprise	Samspillskontrakt
Valg av prosjek-terende for varmpumpeanlegget.	Er valgt/kontrahert av byggherren gjennom konkurranse, rammeavtale eller direkte innkjøp.	Bestemmes normalt av teknisk underentreprenør.	Velges normalt i tilbudskonkurranse der entreprenør/rådgiver gir felles tilbud.
Valg av utførende.	Velges normalt av byggherren i samarbeid med rådgiver som en del av rørleggerentreprisen. På større anlegg kan dette være en egen entreprise.	Bestemmes normalt av totalentreprenøren, men byggherren bør stille krav gjennom kravspesifikasjonen slik at man oppnår tilstrekkelig kvalitet.	Bestemmes normalt av totalentreprenøren i samarbeid med prosjekterende rådgiver.
Valg av varmpumpeanlegg.	Bestemmes normalt gjennom de krav rådgiver/byggherren har satt opp.	Bestemmes normalt av teknisk underentreprenør basert på de krav som framkommer i kravspesifikasjonen i tilbudsokumentet.	Prosjekterende utarbeider en løsning iht. byggherrekraft og valget baseres på tilbud fra underleverandører til totalentreprenør.

I større bygninger og/eller kompliserte anlegg er det viktig å velge en rådgiver med tilstrekkelig dokumentert varmpumpekompetanse. Dokumentasjonen må være spesifikk for kompetansen til tilbudt personell, og bør omfatte:

- Erfaring fra prosjekter med varmpumpesystemer med tilsvarende kompleksitet.
- Erfaring fra prosjekt der man har hatt tilsvarende rolle
- Varmpepumpespesifikk utdanning inklusive spesialisering og etterutdanning, f.eks. NOVAPs kurs for prosjektering av større varmpumpeanlegg.

I totalentrepriser anbefales det at byggherrens rådgiver i forprosjektfasen fortsetter som byggherrens rådgiver i utførelsesfasen. På den måten sikrer man at viktige momenter blir ivaretatt i utførelsesfasen.

Premissene for en vellykket varmpumpeleveranse blir fastlagt tidlig i prosjektet. Det er derfor viktig at byggherren forsikrer seg om at prosjekteringsteamet i tidligfase har tilstrekkelig kompetanse til å avgjøre hvorvidt varmpumpe er den best egnede løsningen. Andre prosjekteringsfag bidrar til å sette premisser for varmpumpesystemet. Uten et tett tverrfaglig samarbeid i prosjekteringsteamet, risikerer man å miste muligheten til å optimalisere ytelse.

Prosjektering av varmpumpeanlegg og valgt systemløsning må baseres på reelt effekt- og energibehov til oppvarming og kjøling. Hvis varmpumpeanlegg blir overdimensjonert, blir resultatet dyrere anlegg som oppnår lavere COP i perioder med lavere varmebehov. Dessverre finnes det for mange eksempler på slike anlegg. Det er derfor viktig at effektbehovene blir kvalitetssikret. Energiberegningene som blir lagt til grunn for dimensjonering av varmpumpesystemet, må være beregnet ut fra forventet oppvarming, kjøling og varmtvannsbehov i det konkrete bygget, og ikke på normverdier. Dersom rammebetingelsene for beregning av effektbehovet endres, må også varmpumpesystemet gjennom en ny vurdering.

Kontroll og oppfølging av prosjektering og utførelse

Til alle varmpumpeanlegg med kombinert oppvarming og kjøling anbefales det tredjepartskontroll på prosjektert løsning. Dette må inngå som del av kravspesifikasjonen til prosjekterende og utførende. Tredjepartskontrollen kan bli utført av byggherrens rådgiver (i totalentrepriser) eller et tredjepartsfirma med dokumentert kompetanse.

Moderne yrkesbygg består ofte av mange avanserte tekniske systemer, og dermed også mange aktører med tilhørende grensesnitt. Erfaring viser at disse grensesnittene kan være svært utfordrende både teknisk og ansvarsmessig. Byggherren bør knytte til seg kompetanse som kan bidra til at grensesnittene er tydelige i prisgrunnlaget, og at kravene blir fulgt opp gjennom hele prosjektet. Dette gjør man best ved å engasjere en såkalt ITB-koordinator (Integrerte Tekniske Byggsystemer). Dette er en typisk senior-rolle, og kompetanse fra prosjektering, utførelse og koordinering av tekniske systemer må dokumenteres. NS 3935 – ITB-standarden må brukes som referanse ved kontrahering av ITB-koordinering. I tillegg bør viktige krav i BREEAM-NOR (Versjon 2) emne Man 04 og 05 inkluderes i instruksjonen for ITB-ansvarlig.

Sertifisering og sikkerhetskrav

For alle varmpumpe- og kjøleanlegg med HFK-arbeidsmedium kreves F-gass-sertifisert personell/bedrift for installasjon, drift, service og reparasjon som medfører inngripen i arbeidsmediekretsen. F-gass-sertifikatet skal være fra Isovalor. I praksis stilles det krav til sertifikat i kategori 1 for alle anlegg, bortsett fra for de minste varmpumpene.

Det er ikke krav til F-gass-sertifisering for oppstilling og tilkobling av væskerør på væske-til-vann-varmpumper, men firmaet som har ansvaret for igangkjøring av varmpumpen må være sertifisert.

For anlegg med naturlige arbeidsmedier, og særlig for ammoniakk som er giftig, må det stilles krav til referanser, internkontrollsystemer m.m. Slike anlegg krever spesialkompetanse med hensyn til prosjektering, bygging, igangkjøring og drift. Plassbygde anlegg må samsvaresvurderes og CE-merkes iht. direktivet om trykkpåkjent utstyr (PED). For alle anlegg med brennbare og/eller giftige arbeidsmedier skal det utføres en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse), og det er viktig at rådgiver/entreprenør har denne kompetansen.

Krav til varmepumpen og varmepumpesystemet

For å sikre at en varmepumpeinstallasjon leverer ønskede ytelser og COP ved gitte rammebetingelser over tid, må anlegget spesifiseres mer detaljert i tilbudsdokumentet og kravspesifikasjonen enn de fleste andre tekniske installasjoner. Ettersom varmepumper er integrert i et system, må også systemgrensesnittene defineres tydelig.

Et godt systemskjema og funksjonsbeskrivelse er svært viktig for en vellykket varmepumpeinstallasjon. Systemskjemaet må minimum vise kapasiteter på rør, sirkulerte mengder, temperaturer, styringsventiler (på/av- og reguleringsventiler), pumper, energimålere, varmepumper, spisslastkjeler m.m. Økt bruk av frikjøling en mulig å oppnå gjennom en god systemløsning og ved at man dimensjonerer kjølekretsen slik at man oppnår kjøling selv ved et relativt høyt temperaturnivå (f.eks. 12/18°C) på arbeidsmediet som sirkulerer i varmepumpesystemet.

Ved feil utforming og dårlig regulering på varmeanlegget kan f.eks. returtemperaturen bli uforholdsmessig høy slik at varmepumpen må stanses og ikke kan levere varme pga. aggregatets temperaturbegrensning. Dette har dessverre vært en typisk feil i mange anlegg.

Det er svært mange produsenter, fabrikater og modeller å forholde seg til ved valg av varmepumpe. Mange varmepumper er godt egnet for kaldt nordisk klima, men det finnes også typer og modeller som er svært dårlig egnet for våre mer krevende klimatiske forhold. Spesielt må man være oppmerksom på at det ofte tilbys klimakjøleaggregater som hevdes å være tilpasset varmepumpedrift. Disse aggregatene vil ikke alltid fungere tilfredsstillende som varmepumpe i et varme- og kjøleanlegg. Videre kan større luft-til-vann-varmepumper være dårlig tilpasset norske forhold, og vil kunne oppnå relativt lav SCOP. Det er derfor svært viktig å få dokumenterte referanser for anleggene under tilsvarende driftsforhold. Generelt anbefales det å velge varmepumper med høy klassifisering iht. Eurovent eller EUs ErP-direktiv.

Krav til styring, regulering og overvåking

Det er ikke om å gjøre at alle mulige verdier logges og vises på skjermbilder, men for å få en god drift og muligheter til problemsøking ved evt. feil bør minimum følgende informasjon logges og overføres til SD-anlegget for visualisering:

- Målinger for hvert varmepumpeaggregat: Fordampnings- og kondenseringstemperatur (-trykk), temperaturer inn/ut for varm og kald side, COP, kapasitets-trinn/turtall, strømforbruk, avgitt varmeeffekt/-energi, timeteller, alarmer/feilkoder. Dette bør logges på minuttintervall og presenteres i historiske kurver minst ett år tilbake i tid.
- Målinger for hele varme- og kjøleanlegget: Tur- og returtemperatur (hovedkurser for varme og kjøling), turtall hovedpumper samt differansetrykk, avgitt varmeeffekt/-energi spisslastenhet, tur-/returtemperatur for varmekilde. Listen er ikke uttømmende.

Det er viktig at all relevant informasjon logges over tid og overføres til SD-anlegget for å kunne vises på skjermbilder. Termisk energiproduksjon fra varmepumpen og anlegget totalt samt elektrisitetsforbruk til varmepumpen, annet teknisk utstyr samt energiforbruk til spisslast må også summeres på minimum måneds- og årnivå. Det vil da være mulig å følge opp varmepumpens og systemets årsvarmefaktorer og årlige energibesparelser.

Varmepumpens og energisentralens samspill med hverandre og med byggets SD-anlegg må prosjekteres og bygges i nært samarbeid med ITB-koordinator. Alle måle- og reguleringsfunksjoner må funksjonstestes og verifiseres før oppstart samt gjennom prøvedriftsperioden.

Krav til FDV – forvaltning, drift og vedlikehold

FDV-dokumentasjon

Det er viktig at FDV-dokumentasjonen overleveres før oppstart av anlegget. Denne må minimum være iht. RIF-normen eller Varmenormen. Det må stilles krav til at anleggets driftspersonell gjennomgår FDV-dokumentasjonen under opplæringen. Tilstrekkelig opplæring knyttet til anleggets kompleksitet er av avgjørende betydning for et driftssikkert og energieffektivt anlegg. Det er en fordel at driftspersonellet kan medvirke i planlegging- og byggeprosessen med sin kunnskap og kjennskap til bygget og brukerbehovene. Dette vil gi et større eierskap til anlegget når det settes i drift. Det er viktig at driftspersonell har tilstrekkelig kompetanse slik at de kan bidra til optimal drift av anlegget. Byggherre bør stille krav til varmepumpekompetanse for driftspersonell enten det er for eget personell, eller det er personell hos innleide driftsselskap.

HMS-relatert opplæring

Jo mer komplisert anlegget er og spesielt ved bruk av brennbare og/eller giftige arbeidsmedier, må ROS-analyse gjennomgås og nødvendig opplæring gis i sikkerhetsutstyr og -prosedyrer. For anlegg der det er krav til beredskapsplan (bl.a. ved bruk av ammoniakk som arbeidsmedium), skal denne være oppdatert ved igangkjøringen av anlegget og gjennomgås av driftspersonell.

Varslingsrutiner ved alvorlige feil, utslipp av arbeidsmedium og brann må etableres og testes før oppstart.

Vedlikehold i drift

Varmepumpeanlegg trenger regelmessig, kvalifisert vedlikehold for å opprettholde funksjonalitet, varme-/kjøleytelse og effektfaktor (COP) i hele sin driftstid. En del utstyr kan vedlikeholdes av driftspersonellet, avhengig av kompetansen. En vedlikeholdsavtale for varmepumpeaggregater, varmeopptakssystem og hjelpesystemer bør inngå som en standarddel av leveransen. Omfanget av vedlikeholdet er i stor grad avhengig av type anlegg samt ytelse og kompleksitet. Spesifikasjonen må inneholde krav til service-system i forhold til responstid, «nedetid» og oppnåelse av samsvar med krav til ytelse. Referanseprosjektenes erfaringer med tilbyderes servicesystem må vektlegges ved valg av entreprenør. En vedlikeholdsavtale reforhandles gjerne hvert tredje til femte år. Levetid er svært viktig for resulterende miljøbelastning. Vedlikeholdsavtalen må være utarbeidet med tanke på sikker drift i den forventede levetiden, og levetiden må være lengst mulig.

Varmeopptakssystemer som er utsatt for begroing og/eller korrosjon må driftes og vedlikeholdes spesielt grundig. Rutiner for kontroll av varmebærer (frostvæske), rens av varmevekslere osv. må etableres og følges opp. For kritiske komponenter bør det eventuelt tegnes egne serviceavtaler. På større brønnsystemer og for anlegg med sjøvann eller grunnvann som varmekilde, bør man tegne en serviceavtale på kontroll og vedlikehold av brønnskretsen/varmeopptakssystemet.



Avantor Energisentral i Nydalen.

Tetthetskontroll av anlegg etter F-gass-forskriften

Anleggseier er iht. EUs F-gassforordning ansvarlig for at det for varmepumper med HFK-arbeidsmedium gjennomføres regelmessig lekkasjetesting av sertifisert tredjepart. Hvor hyppig man skal teste, er avhengig av HFK-fyllingen per aggregat, og varierer fra én gang per år (3-30 kg HFK) til fire ganger per år (> 300 kg HFK).

Serviceavtale for SD-anlegg

Det er også viktig med en serviceavtale med leverandøren av SD-anlegget. Her vil det alltid være behov for større eller mindre endringer over tid, noe som fort kan bli kostbart uten avtalte enhetspriser/timepriser.

Det vises for øvrig til Tipshefte «Overtakelse av tekniske anlegg» fra Grønn Byggallianse samt Norsk Standard 6450:2016, «Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner». Standarden inneholder bl.a. en prosessbeskrivelse som viser når de ulike aktiviteter skal gjennomføres, og angir krav til både byggherren og utførende entreprenører/leverandører.

Overtagelse og prøvedrift

Igangkjøringsfase

Formålet er å dokumentere at varmepumpeanleggets funksjoner samsvarer med kravspesifikasjonen. Fasen starter etter ferdigstilling av all bygging og montasje. Den omfatter også oppfylling av vann og evt. frostvæske i aktuelle sekundærsystemer, trykk- og spenningssetting samt innregulering og funksjonstesting. Funksjonstesting omfatter testing av varmepumpeaggregater med varmeopptakssystem, alle komponenter og systemer som er relevante for anleggets drift samt måleutstyr. Fasen avsluttes når alle funksjonstester er utført, godkjent av byggherren og dokumentert.

Idriftsettingsfase

Formålet er å gjennomføre en velfungerende idriftsetting av varmepumpeanlegget gjennom integrerte tester, simulering av reelle driftsbetingelser og opplæring av driftspersonell. Tester bør i størst mulig grad utføres sammen med driftspersonell som skal overta anlegget, og der dette er mulig bør framtidig driftspersonell utføre arbeidet under veiledning av leverandørens personell. Eventuell overleveringsprøve med testing av varme- og kjøleytelser og COP ved varierende temperaturnivå og lastforhold kan gjennomføres i denne fasen eller i prøvedriftfasen. Overleveringsprøve og senere energioppfølging av varmepumpeanlegget under prøvedrift og ordinær drift forutsetter at det er installert nok kalibrert måleutstyr. Måleutstyret må inkludere måling av termisk og elektrisk effekt og energi, samt inkludere overordnet SD-anlegg for systematisk innsamling og hensiktsmessig presentasjon av måledata. Det skal foreligge komplett anleggsdokumentasjon inkl. FDV-dokumentasjon før prøvedriftfasen kan starte.

Prøvedriftsfase

Prøvedrift bør inngå som en obligatorisk del av kvalitetskontrollen av et varmepumpeanlegg. Formålet er å teste ut funksjonalitet og stabilitet samt optimalisere varmepumpeanlegg med evt. varmeopptakssystem sammen med systemer for varme- og kjøledistribusjon. Dette for at funksjonsfeil og feil på utstyr/regulering utover funksjonstesten kan avdekkes og rettes opp. Evt. overleveringsprøve gjennomføres i prøvedriftperioden hvis dette ikke er gjennomført i idriftsettingsfasen.

Det er byggherren som vanligvis drifter varmepumpeanlegget i prøvedriftfasen, men totalentreprenøren har formelt ansvar for anlegget fram til gjennomført overtakelsesforretning, dvs. formell overtakelse av anlegget. Under prøvedriftperioden føres logg der uønskede hendelser, feil og avvik blir dokumentert. Anbefalt periode for prøvedrift er avhengig av type anlegg, ytelse og kompleksitet. Grønn Byggallianse anbefaler 12 måneders prøvedriftperiode for større energisentraler og klimasystemer.

Overtagelse

Overtagelsesforretning for varmepumpesystemer skal følge samme standarder og prosedyrer som alle øvrige overtagelser. Det skal være spesifisert i kontakten hvilke kriterier som skal være oppfylt for at varmepumpesystemet skal kunne overtas og innestående beløp løses ut. Dersom det er usikkerhet rundt teknisk samsvar bør innestående beløp – eller deler av dette – kunne holdes tilbake.

Det vises for øvrig til Tipshefte ”Overtakelse av tekniske anlegg” fra Grønn Byggallianse samt Norsk Standard 6450:2016, ”Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner”. Standarden inneholder bl.a. en prosessbeskrivelse som viser når de ulike aktiviteter skal gjennomføres, og angir krav til både byggherren og utførende entreprenører/-leverandører.



Investeringsstøtte til varmesentraler

Enova kan gi investeringsstøtte til varmesentraler basert på varmepumper, både *luft-vann* og *væske-vann*. Anlegget skal være komplett og nytt fra leverandør.

Dere kan få støtte til installasjon av varmepumper gjennom flere av Enovas programmer: Konvensjonelle varmepumper støttes gjennom «Støtte til eksisterende bygg» og «Støtte til varmesentraler». Større anlegg med mye rørføring kan få støtte via «Støtte til fjernvarme». Innovative varmepumpeteknologier kan få støtte gjennom «Støtte til ny teknologi for framtidens bygg» eller «Støtte til energieffektive nybygg».

Les mer om Enovas støtteordninger på www.enova.no eller ring Enova Svarer på tlf 08049 for mer informasjon.

Eiendomsbransjens nettverk for miljøkunnskap og handling

Grønn Byggallianse er et miljønettverk bestående av de største utbyggerne og forvalterne i Norge. Alliansen er en arena for aktive utbyggere som ønsker å være i front på miljøområdet. Grønn Byggallianse er et kompetanse- og informasjonscenter for medlemmene og myndighetenes sparringpartner i byggenæringen innen miljøspørsmål. En rekke av Norges største eiendomsaktører, med en bygningsmasse på over 35 millioner kvadratmeter, er i dag medlemmer i Grønn Byggallianse.



Middelthunsgate 27
Postboks 5499, Majorstuen
0305 Oslo

E-post: post@byggalliansen.no
Web: www.byggalliansen.no