

■ www.energy.sintef.no ■

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Resepsjon: Sem Sælands vei 11
Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:
NO 939 350 675 MVA

TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

Oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard

SAKSBEARBEIDER(E)

Jørn Stene

OPPDRAGSGIVER(E)

Husbanken

TR NR. TR A6579	DATO 2008-01-15	OPPDRAGSGIVER(E)S REF. Lene Frosthammer	PROSJEKTNR. 16X746.01
EL. ARKIVKODE 050802102636	RAPPORTTYPE Prosjektrapport	PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran	GRADERING Åpen
ISBN NR. ISBN 978-82-594-3313-8	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.) Inge R. Gran <i>Inge R. Gran</i>	OPPLAG 30	SIDER 30
AVDELING Energiprosesser	BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes vei 1 D	LOKAL TELEFAKS 73593950	

RESULTAT (sammendrag)

Rapporten gir en kortfattet og oversiktlig beskrivelse av ulike oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard. Rapporten er skrevet for boligeiere, utbyggere, boligbyggelag, borettslag og planleggere.

Rapporten tar for seg følgende tema:

- Oppvarmingsbehov i lavenergiboliger og passivhus
- Aktuelle oppvarmingssystemer (2-3 sider per system)
 - Bioenergi
 - Varmepumpe
 - Solvarme
 - Gass
 - Nærvarme/fjernvarme
 - Elektriske oppvarmingssystemer
 - Valg av oppvarmingssystem
- Ventilasjonssystemer
- Vannbårne varmeanlegg

I de enkelte kapitlene er det oppgitt adresser/lenker til aktuelle Internett hjemmesider hvor det finnes mer utfyllende beskrivelser og detaljert informasjon. I nettsversjonen av rapporten (pdf-format) er alle Internett-lenkene lagret som såkalte [hyperlenker](#). Ved å venstre-klikke på ønsket adresse med musen vil en automatisk kobles opp mot den valgte Internett-adressen.

STIKKORD

EGENVALGTE	Lavenergiboliger og passivhus	Teknisk beskrivelse
	Oppvarmingssystemer	Valg av oppvarmingssystem

INNHALDSFORTEGNELSE

Side

1	INNLEDNING	3
1.1	RAPPORTEN	3
1.2	INTERNETT HJEMMESIDER	3
1.3	RAPPORTER	3
2	OPPVARMINGSBEHOV	4
3	OPPVARMINGSSYSTEMER	6
3.1	INNLEDNING	6
3.2	VALG AV OPPVARMINGSSYSTEM	6
3.2.1	Største tillatte investering kontra oppvarmingsbehov	6
3.2.2	Valg i henhold til bygningstype/-standard	8
3.3	OPPVARMING MED BIOENERGI.....	10
3.3.1	Innledning	10
3.3.2	Romoppvarming	10
3.3.3	Romoppvarming og varmtvannsberedning	11
3.3.4	Mer informasjon	12
3.4	OPPVARMING MED VARMEPUMPE	13
3.4.1	Innledning	13
3.4.2	Uteluft/luft-varmepumper	13
3.4.3	Uteluft/vann-varmepumper	13
3.4.4	Ventilasjonsluftvarmepumper	14
3.4.5	Væske-vann og vann/vann-varmepumper	16
3.4.6	Mer informasjon	16
3.5	OPPVARMING MED SOLVARME.....	17
3.5.1	Aktiv solvarme – solfangere.....	17
3.5.2	Mer informasjon	19
3.6	OPPVARMING MED GASS	20
3.6.1	Innledning	20
3.6.2	Romoppvarming	20
3.6.3	Romoppvarming og varmtvannsberedning	21
3.6.4	Mer informasjon	21
3.7	FJERNVARME- OG NÆRVARMESYSTEMER.....	22
3.7.1	Varmesentral	22
3.7.2	Varmedistribusjonsnett	22
3.7.3	Undersentraler	22
3.7.4	Mer informasjon	22
3.8	ELEKTRISKE OPPVARMINGSSYSTEMER	23
3.8.1	Romoppvarming	23
3.8.2	Oppvarming av ventilasjonsluft.....	24
3.8.3	Varmtvannsberedning.....	24
3.8.4	Romoppvarming og varmtvannsberedning	24
3.8.5	Mer informasjon	24
4	VENTILASJONSSYSTEMER	25
4.1	INTRODUKSJON	25
4.2	AKTUELLE SYSTEMER.....	25
4.2.1	Avtrekkventilasjon	25
4.2.2	Balansert ventilasjon	25
4.2.3	Mer informasjon	26
5	VANNBÅRNE VARMEANLEGG	27
5.1	VARMT TAPPEVANN	27
5.1.1	Varmtvannstanker	27
5.1.2	Rørføring og isolering	27
5.2	ROMOPPVARMING	28
5.2.1	Radiatorer	28
5.2.2	Viftekonvektorer.....	28
5.2.3	Gulvvarmesystemer.....	29
5.2.4	Takvarmesystemer	29
5.2.5	Varmelister	29

1 INNLEDNING

1.1 RAPPORTEN

Denne rapporten beskriver aktuelle oppvarmingssystemer for boliger av lavenergi- og passivhusstandard, og ser på hvordan de ulike systemene kan kombineres i ulike typer boliger. Det er presentert oppvarmingssystemer basert på bioenergi, varmepumpe, termisk solenergi, gass, fjernvarme og elektrisitet.

Målgruppene for rapporten er boligeiere, utbyggere, boligbyggelag og borettslag.

1.2 INTERNETT HJEMMESIDER

Aktuelle norske hjemmesider med informasjon om lavenergiboliger og passivhus:

- Husbanken – <http://www.lavenergiboliger.no>
- ENOVA SF – <http://www.enova.no/?itemid=1438> – Lavenergihus
<http://www.enova.no/?pageid=1414> – Bygningskomponenter
<http://www.enova.no/?pageid=1432> – Varmesystemer
<http://www.enova.no/?pageid=1446> – Eksempelbygg
<http://www.enova.no/?module=pubsall&showid=2037>
- SINTEF Energiforskning – <http://www.energy.sintef.no/prosjekt/annex32>
- SINTEF Byggforsk – http://www.sintef.no/content/page1_6973.aspx



Utenlandske hjemmesider med informasjon om lavenergiboliger og passivhus:

- Promotion of European Passive Houses – <http://erg.ucd.ie/pep>
- Passive House Institute, Tyskland – <http://www.passiv.de>
- Minergie, Sveits – http://www.minergie.com/index_en.php
- PassivHaus, Østerrike – <http://www.passivehouse.at>
- PassivHaus, UK – <http://www.passivhaus.org.uk>
- Passive House Institute, US – <http://www.passivehouse.us>
- Global Passive House, Canada – <http://www.globalpassivehouse.com>



1.3 RAPPORTER

SINTEF-rapporten ”Oppvarmingssystemer for lavenergiboliger” (Stene, 2006) gir en teknisk beskrivelse av ulike oppvarmingssystemer for lavenergiboliger basert på elektrisitet, gass, bioenergi, solvarme, varmepumpe og fjern-/nærvarme. Det er også foretatt en overordnet sammenlikning av de ulike systemene med hensyn til energieffektivitet, energifleksibilitet, andel fornybar energi, global/lokal miljøvennlighet og innvirkning på termisk og atmosfærisk innemiljø. Rapporten kan lastes ned fra Husbankens hjemmeside <http://www.lavenergiboliger.no> under *Publikasjoner*.

Håndboken ”Energieffektive boliger for fremtiden” (Dokka og Hermstad, 2006) viser eksempler på beregnet effekt- og energibehov for oppvarming av lavenergiboliger og passivhus, og beskriver hvordan denne typen boliger kan utformes og planlegges. Rapporten kan lastes ned fra Husbankens hjemmeside under *Publikasjoner*.



2 OPPVARMINGSBEHOV

Boliger av lavenergi- og passivhusstandard har tildels betydelig lavere oppvarmingsbehov enn boliger bygget i henhold til tidligere eller gjeldende byggeforskrifter. Tabell 2.1 viser dimensjonerende effektbehov [W] og årlig spesifikt energibehov [kWh/(m²år)] for oppvarming¹ og varmtvannsberedning i lavenergi- og passivhus.

Tabell 2.1 Dimensjonerende effektbehov og spesifikt energibehov for oppvarming¹ og beredning av varmt forbruksvann i lavenergi- og passivhus.

Effekt-/energibehov	Lavenergihus	Passivhus
Totalt årlig energibehov	Maks. 100 kWh/(m ² år)	65-85 kWh/(m ² år)
Oppvarming ¹ – dimensjonerende effekt	20 – 30 W/m ²	Maks. 10 W/m ²
Oppvarming ¹ – årlig energibehov	ca. 30 kWh/(m ² år)	Maks. 15 kWh/(m ² år)
Varmtvann – midlere effekt	350 – 550 W/boenhet	350 – 550 W/boenhet
Varmtvann – årlig energibehov	25 – 35 kWh/(m ² år)	25 – 35 kWh/(m ² år)

En norsk standard for lavenergiboliger og passivhus er nå under utarbeidelse.

Varmtvann – Årlig energibehov for oppvarming av varmt forbruksvann i boliger utgjør i størrelsesorden 3.000 til 5.000 kWh/år per boenhet, og er først og fremst avhengig av antall beboere og bruksmønster.

TEK2007 – I henhold til de nye norske byggeforskriftene (TEK2007²), som vil gjøres fullt gjeldende fra 1. august 2009, vil energirammen for småhus og boligblokker være hhv. 125 og 120 kWh/(m²år) pluss 1600 kWh/(m²år) dividert på BRA³. Eksempelvis vil en enebolig på 200 m² og en leilighet på 100 m² få en årlig energiramme på hhv. 133 og 136 kWh/(m²år). Dette er en god del høyere enn kravene til lavenergihus, hvor totalt årlig energibehov skal være maksimum 100 kWh/(m²år).

Lav årlig energibruk i boliger oppnås ved følgende tiltak:

- Ekstraisolert og lufttett bygningskropp med høyisolerte vinduer og dører
- Utnyttelse av solvarme gjennom boligens/vinduenes utforming og plassering
- Ventilasjonssystem med høyeffektiv varmegjenvinning
- Energieffektive hvitevarer, belysning osv. (helst energimerke A)
- Energieffektivt oppvarmingssystem for oppvarming¹ og beredning av varmt forbruksvann, helst basert på fornybare energikilder som bioenergi, varmepumpe, termisk solvarme eller fjernvarme – eventuelt gass eller elektrisitet.

Innemiljø – Det er viktig at utformingen av boligen og de tekniske løsningene sikrer et best mulig innemiljø for beboerne, dvs. god luftkvalitet og god termisk komfort.

Integrert design – Ved bygging av boliger og passivhus bør det arbeides for å finne best mulige totalløsninger for bygningskropp og oppvarmingssystem, slik at det oppnås optimale løsninger for både brukerne og samfunnet med hensyn til kostnader, energibruk, energifleksibilitet, ytre miljøbelastning og innemiljø.

¹ Romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft

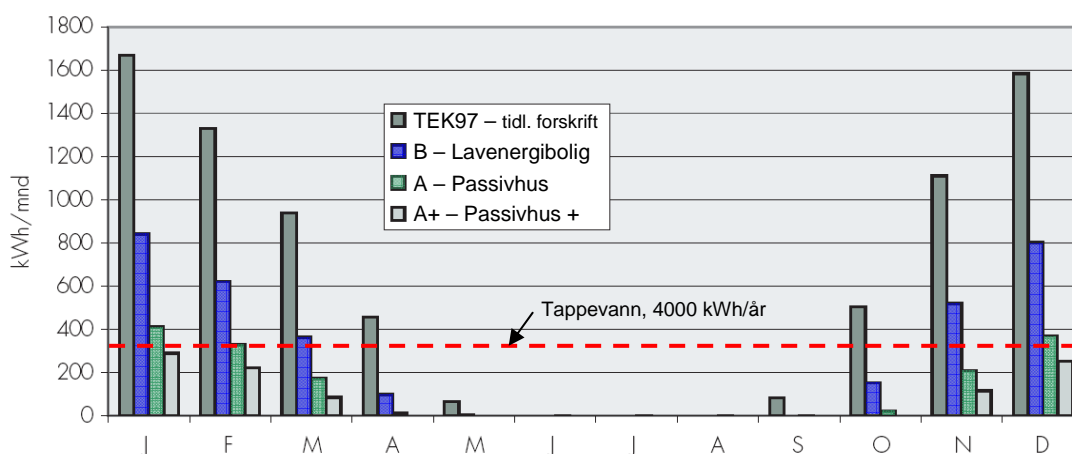
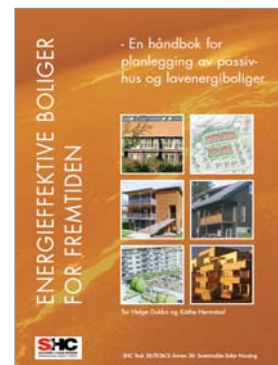
² <http://www.be.no/beweb/info/energi.html>

³ BRA – Oppvarmet bruksareal for boligen



Månedlig varmebehov – I rapporten ”Energieffektive boliger for framtiden – en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger” (Dokka og Hermstad, 2006), er det foretatt beregninger av netto månedlig og årlig energibehov for oppvarming (romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft), varmtvannsberedning, vifter i ventilasjonsanlegget, belysning og utstyr for lavenergiboliger og passivhus. Figur 2.1 viser, som et eksempel, beregnet månedlig oppvarmingsbehov for et småhus (104 m² BRA) i Oslo-klima bygd i henhold til følgende standarder:

- Norske byggeforskrifter av 1997 (TEK97)
- Lavenergihus-standard (energimerke B)
- Passivhus-standard (energimerke A)
- Passivhus-standard + (energimerke A+)



Figur 2.1 Eksempel – beregnet månedlig varmebehov [kWh/mnd.] i Oslo-klima for et 104 m² småhus bygd i hht. ulike standarder (Dokka/Hermstad, 2006).

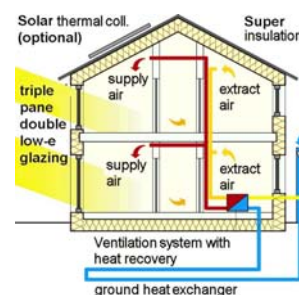
Romoppvarming – Småhuset bygget i henhold til TEK97 har behov for romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft i ca. 9 måneder av året, mens tallene for lavenergibolig, passivhus og passivhus+ er henholdsvis 7, 6 og 5 måneder per år.

Oppvarming av varmt tappevann utgjør i dette eksempelet et tilnærmet konstant månedlig varmebehov på ca. 330 kWh per måned ved et antatt årlig varmebehov på 4000 kWh/år. Figuren viser at varmtvannsbehovet vil være dominerende varmelast i store deler av året både for en lavenergibolig (B) og et passivhus (A).



Effekt- og energibehovet for oppvarming i lavenergiboliger og passivhus har meget stor innvirkning på største tillatte investering (STI, [Kapittel 3.2](#)) for oppvarmings-systemet inkl. systemvalg, dimensjonering og driftsstrategi.

- Årlig energibehov for oppvarming av varmt forbruksvann utgjør 40 til 85% av totalt årlig varmebehov for boligen. Det blir derfor mindre fokus på romoppvarming og varmedistribusjon og økt fokus på varmtvannsberedning og varmegjenvinning i ventilasjonssystemet i forhold til konvensjonelle boliger.
- Behovet for romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft varierer typisk fra 5 til 7 måneder per år. Romoppvarmingsystemet får dermed relativt kort driftstid.
- Årlig varmebehov for romoppvarming og ettervarming av ventilasjonsluft er svært lavt i småhus og leiligheter av passivhus-standard samt i mindre leiligheter av lavenergi-standard (10-25 kWh/m²år). Det betyr at investerings- og installasjonskostnadene for oppvarmingsystemet må være lave.



Illustrasjon – Passivhaus Institut, Tyskland – <http://www.passiv.de>

3 OPPVARMINGSSYSTEMER

3.1 INNLEDNING

Boligbygg i Norge kan klassifiseres som følger:

- Eneboliger
- Flermannsboliger
- Rekkehus, småhus
- Leiligheter i boligblokker og leilighetskomplekser
- Bofellesskap

Oppvarmingssystemer kan klassifiseres som frittstående og sentrale systemer:

Frittstående oppvarmingssystemer – dekker hele eller deler av behovet for romoppvarming (punktoppvarmingskilder), oppvarming av ventilasjonsluft (friskluft) til boligen samt oppvarming av varmt forbruksvann. Ettersom hvert oppvarmingssystem kun dekker én type varmebehov, er det nødvendig med en kombinasjon av flere frittstående systemer, eventuelt i kombinasjon med et sentralt oppvarmingssystem.

Sentrale oppvarmingssystemer – dekker hele eller deler av boligens ulike varmebehov. Varmen distribueres fra én varmesentral ved hjelp av et vannbårent varmedistribusjonssystem for romoppvarming, beredning av varmt forbruksvann og eventuelt ettervarming av ventilasjonsluft hvis boligen har et balansert ventilasjonsanlegg ([Kapittel 4](#)). Romoppvarmingsbehovet i passivhus kan alternativt dekkes ved oppvarming (overtemperering) av tilluften i ventilasjonsanlegget.

Figur 3.1 på neste side gir en oversikt over frittstående og sentrale oppvarmingssystemer for lavenergiboliger og eventuelt passivhus. Systemene er klassifisert i henhold til type energikilde, dvs.:

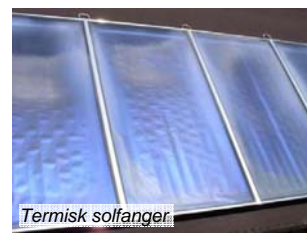
- **Bioenergi** – ved, pellets, briketter
- **Solvarme** – termisk solenergi
- **Varmepumpe** – omgivelsesvarme eller spillvarme + elektrisitet til drift
- **Gass** – propan, naturgass
- **Fjernvarme, nærvarme** – spillvarme, biomasse, avfall, varmepumpe (omgivelsesvarme, spillvarme), gass, olje, elektrisitet
- **Elektrisitet**

3.2 VALG AV OPPVARMINGSSYSTEM

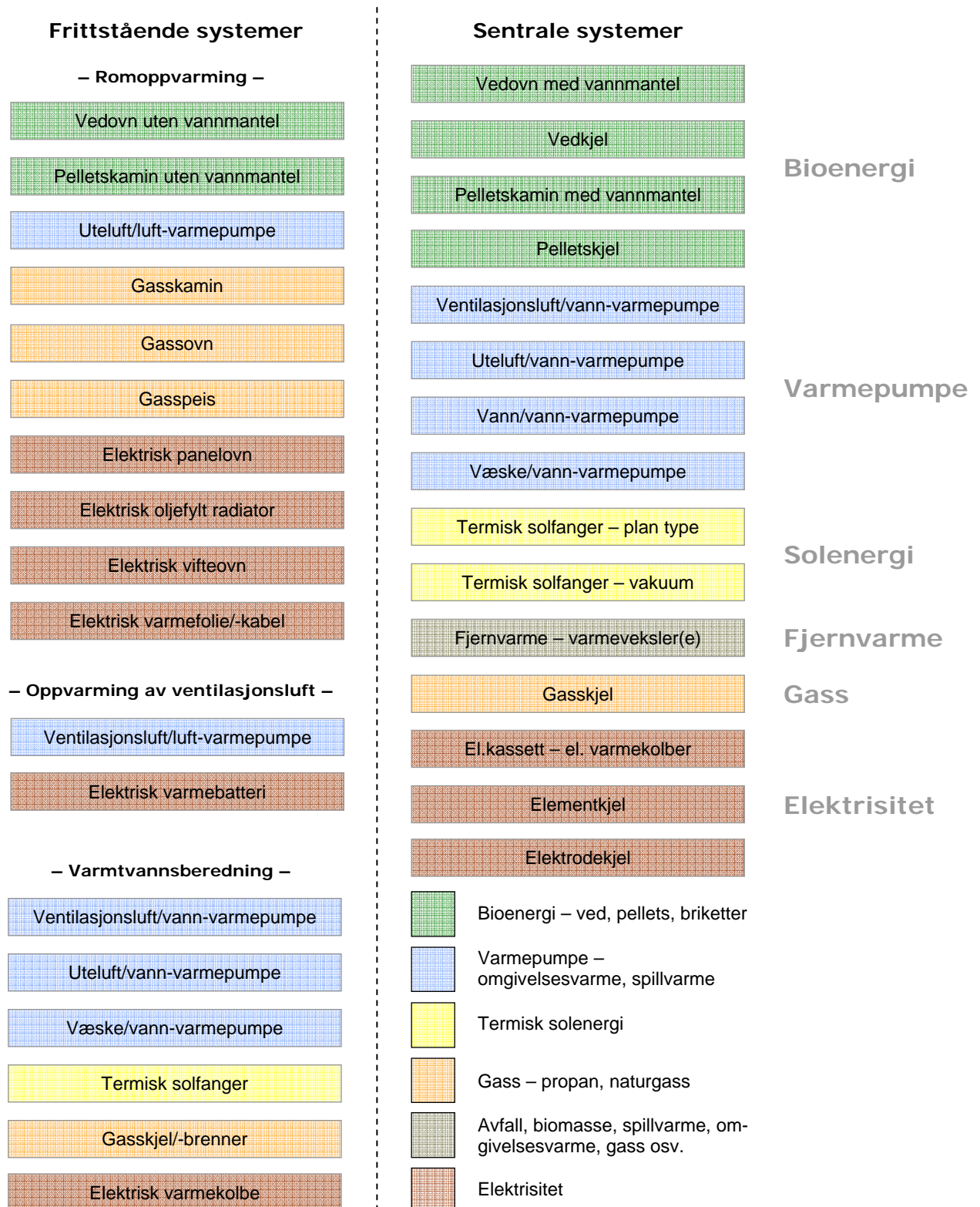
3.2.1 Største tillatte investering kontra oppvarmingsbehov

Boligbyggets årlige varmebehov til romoppvarming og varmtvannsberedning vil normalt ha stor innvirkning på valg av oppvarmingssystem, ettersom det bestemmer største tillatte investering (STI) når en sammenlikner med et referansealternativ, f.eks. helelektrisk oppvarming. Største tillatte investering for et alternativt oppvarmingssystem er summen av netto årlig inntjening (B , kr/år) i anleggets levetid diskontert til dagens kroneverdi. Det vil si den merinvestering (I_0) i forhold til et referanse oppvarmingssystem som ved gitte rammebetingelser gir nåverdi (NV) lik null⁴.

⁴ Et prosjekt er per definisjon lønnsomt når nåverdien er større eller lik null, dvs. $NV=(B/a) \geq 0$



KLASSIFISERING AV OPPVARMINGSSYSTEMER



Figur 3.1 Klassifisering av boligoppvarmingssystemer basert på bioenergi, varmepumpe, solvarme, fjernvarme/nærvarme, gass og elektrisitet. Sentrale systemer tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem med varmtvannstank samt varmeavgivere i aktuelle rom.

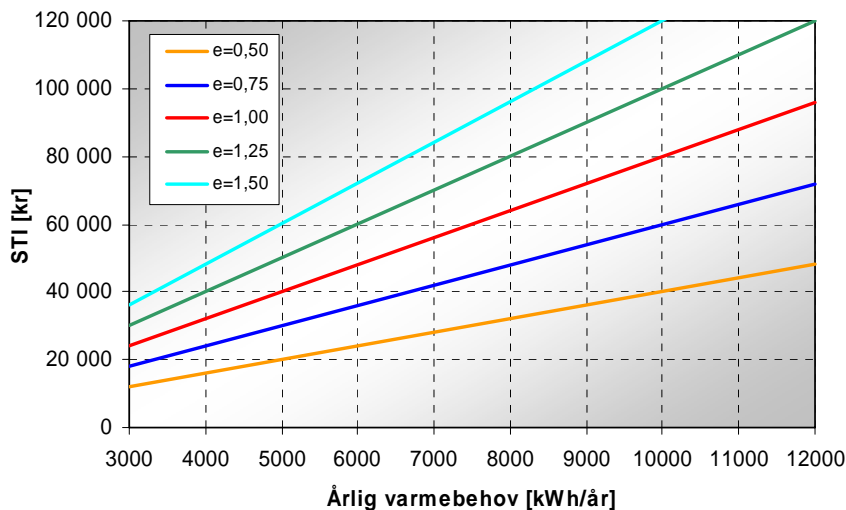
Største tillatte investering (*STI*) for et alternativt oppvarmingssystem er gitt av:

$$STI_{alt} = \left(\frac{B}{a} \right)_{alt} = [(E \cdot e + V)_{ref} - (E \cdot e + V)_{alt}] \cdot \left[\frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \right] \quad (3.1)$$



<i>B</i>	Gjennomsnittlige årlige inntjening [kr/år]
<i>a</i>	Annuitetsfaktor [-]
<i>alt</i>	Alternativt oppvarmingssystem
<i>ref</i>	Referanse (konkurrerende) oppvarmingssystem, f.eks. helelektrisk oppvarming
<i>E</i>	Årlige energibruk for oppvarmingssystemene, "alt" og "ref" [kWh/år]
<i>e</i>	Energipris [kr/kWh]
<i>V</i>	Årlige vedlikeholdskostnader [kr/år]
<i>r</i>	Realrente [-], inkl. inflasjon, men uten avkastningskrav, risiko eller skattefradrag
<i>n</i>	Levetid for oppvarmingssystemet [n]

Figur 3.2 viser, som et eksempel, beregnet *STI* for et varmepumpesystem ved varierende totalt årlig varmebehov for boligen og varierende elektrisitetspris, *e* [kr/kWh]. Referansealternativet er helelektrisk oppvarming. Det er brukt 2% generell inflasjon i beregningene samt $r=5\%$, $n=15$ år og $COP=3$ (effektfaktor for varmepumpen).



Figur 3.2 Største tillatte investering (*STI*) for et varmepumpesystem i en enebolig ved varierende årlig varmebehov og varierende elektrisitetspris ($e=0,5-1,5$ kr/kWh). $r=5\%$, $n=15$ år og $COP=3,0$.

For boligbygg av passivhusstandard vil største tillatte investering være lavere enn for lavenergiboliger på grunn av lavere romoppvarmingsbehov. Hvis *STI* er mindre enn null betyr det at referansealternativet har lavere årlige kostnader. Hvis det fortsatt ønskes installert et alternativt oppvarmingssystem må det legges andre kriterier til grunn enn lønnsomhet, for eksempel effektiv energibruk (energisparing), bruk av fornybar varme, redusert miljøbelastning, økt energifleksibilitet eller bedre innemiljø.

3.2.2 Valg i henhold til bygningstype/-standard

Ved valg av oppvarmingssystemer for boliger må kombinasjoner av både frittstående og sentrale oppvarmingssystemer vurderes opp mot varmebehov og type boligbygg:

- Enebolig
- Rekkehus
- Flermannsbolig
- Leiligheter i boligblokker og leilighetskomplekser



3.2.2.1 Kun varmtvannsberedning

I flermannsboliger, boligblokker, leilighetskomplekser og eventuelt rekkehus av lavenergi- og passivhusstandard er det svært aktuelt å installere et *sentralt varmtvannssystem* som forsyner alle boenhetene med varmt vann, ettersom varmtvannsberedning er det dominerende varmebehovet. Aktuelle varmeproduiserende enheter er:

- Pelletskjel
- Varmepumpe – flere aktuelle varmekilder
- Fjern-/nærvarme
- Gasskjel
- Elektrokjel – elektriske varmekolber
- Termisk solfanger + elektriske varmekolber

For å fremme effektiv energibruk er det viktig at avregningen alltid beregnes på grunnlag av individuelle målinger hos hver enkelt boenhet/leilighet/abonnet.

I eneboliger kan EN varmpumpe (flere mulige varmekilder), gassbrenner eller elektriske varmekolber benyttes til varmtvannsberedning. En kombinasjon av termisk solfanger og elektriske varmekolber er også en mulig løsning.

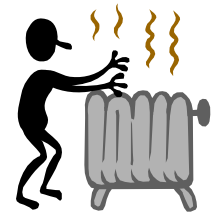


3.2.2.2 Kun romoppvarming

Følgende punktoppvarmingskilder kan benyttes til å dekke hele romoppvarmingsbehovet i lavenergiboliger og eventuelt passivhus:

- Vedovn, pellets-kamin
- Uteluft/luft-varmpumpe
- Gassovn, gasspeis
- Elektriske panelovner, elektrisk oljefylt radiator

Det er viktig å finne et oppvarmingssystem som har lav nok varmeeffekt og gode nok reguleringssegenskaper i forhold til effektbehovet i boligen. God varmedistribusjon er dessuten et viktig aspekt, spesielt for større boenheter med relativt lukket planløsning.

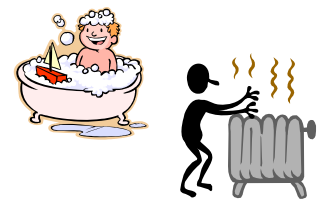


3.2.2.3 Kombinert varmtvannsberedning og romoppvarming

Et kombinert oppvarmingssystem dekker behovet for varmtvannsberedning og romoppvarming i en enebolig, en boenhet i en flermannsbolig, rekkehus, boligblokk eller leilighetskompleks, eventuelt et større boligbygg med flere leiligheter. Det er i den sammenheng viktig at det vannbårne varmedistribusjonssystemet er enkelt og billig nok til at det lar seg forsvare økonomisk. Aktuelle varmeproduiserende enheter er:

- Pelletskamin med vannmantel – kun enkeltboliger
- Pelletskjel
- Varmepumpe – flere aktuelle varmekilder
- Fjern-/nærvarme
- Gasskjel
- Elektrokjel – elektriske varmekolber
- Termisk solfanger + elektriske varmekolber

I et passivhus er romoppvarmingsbehovet så lavt at romvarmebehovet kun kan dekkes ved distribusjon av overtemperert luft fra ventilasjonssystemet eller ved bruk av et svært enkelt vannbåret varmedistribusjonssystem. En aktuell anleggstype er såkalte kompaktaggregater, som er komplette ventilasjonsaggregater med varmegjenvinner, varmtvannstank, ventilasjonsluft-varmpumpe og eventuelt termisk solfanger.



3.3 OPPVARMING MED BIOENERGI

3.3.1 Innledning

Bioenergi (biobrensler) omfatter alle slags trebrensler – bark, flis, kvist, tynningsvirke, hel ved og foredlede utgaver av dette (briketter og trepellets) samt avfallsprodukter fra landbruket (husdyrgjødsel, halm). Aktuelle biobrensler for varmesystemer i lavenergi boliger og passivhus er ved, briketter og trepellets.

- Ved omfatter trevirke fra løvtrær og bartrær. I henhold til Norsk Standard NS 4414, *Ved til brensel i husholdninger*, skal fuktinnholdet være under 20%. Brennverdien er ca. 4,3 kWh per kg ved 20% fuktighet.
- Briketter er tørket sagflis, kutterspon og annet treavfall som under høyt trykk er presset til stavformede kubber med en diameter i området 50–75 mm. Lengden på brikettene varierer fra noen få cm opp til ca. 30 cm. Typisk fuktinnhold er 5 til 20%. Briketter kan benyttes både i konvensjonelle vedovner samt i større fyringsanlegg med vedkjeler.
- Trepellets er finmalt og tørket treavfall fra trebearbeidende industri, rent treavfall og tømmer som under høyt trykk er presset til små sylindriske enheter med en standard diameter på 6, 8 eller 12 mm. Fuktinnholdet er typisk 6–10%. På grunn av det lave fuktinnholdet tåler trepellets lagring godt. De små dimensjonene gjør at trepellets får tilnærmet samme håndteringsegenskaper som fyringsolje, og kan fraktes med tankbiler tilpasset for eksempel dyrefor. Brennverdien for trepellets er ca. 4,8 kWh per kg pellets, og energiinnholdet per volumenhet er omlag 30 og 40% av henholdsvis olje og propan når en ikke tar hensyn til forbrenningsvirkningsgraden. I Norge er det fortsatt relativt stor kvalitetsforskjell på trepellets blant annet på grunn av moderat omsetning.



Ved



Briketter



Trepellets

Biobrenselfyrte anlegg krever noe egeninnsats fra boligeieren eller vaktmesteren, blant annet jevnlig etterfylling av brensel (ved, briketter, pellets), rengjøring og eventuelt fjerning av aske fra ovnen/kjelen.

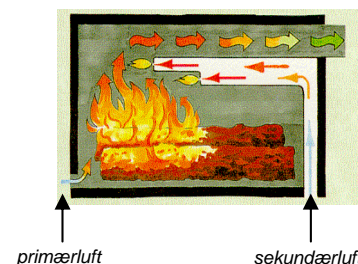
3.3.2 Romoppvarming

3.3.2.1 Vedovner

I 1998 ble det innført påbud om at alle lukkede ildsteder som selges i Norge skal tilfredsstillende strenge krav til svevestøvutslipp. Dagens vedovner er derfor av *rentbrennende type*. Ovnene er utstyrt med såkalt dobbelt hvelv hvor veden brenner ved høy temperatur i et primærbrennkammer. I sekundærbrennkammeret over vedinnet legges tilføres de uforbrente avgassene forvarmet sekundærluft slik at en oppnår fullstendig forbrenning og dermed små utslipp av bl.a. svevestøv og uforbrente gasser.

Rentbrennende vedovner fås med varmeytelse fra ca. 3 kW og oppover. Vedovner med *konvensjonell utforming* avgir det meste av varmen som termisk strålevarme på grunn av den relativt høye overflatetemperaturen. Det finnes også såkalte *konveksjonsovner* med doble vegger hvor luften sirkulerer og blir varmet opp i mellomrommet mellom veggene. For denne typen ovner vil den ytre kappen være relativt kald. Noen støpejernsovner leveres også med såkalt *vannmantel* med mulighet for tilknytning til et vannbårent varmedistribusjonssystem.

En god vedovn kan oppnå en virkningsgrad omkring 80% (data fra SINTEF), selv når den går på lav last. For å oppnå effektiv forbrenning er det viktig å fyre med riktig lufttilførsel (trekk). Hvis trekken er for liten blir ikke forbrenningstemperaturen høy nok til å oppnå en effektiv forbrenning. Er trekken for kraftig får ikke de brennbare gassene som frigjøres fra veden tilstrekkelig oppholdstid til å brenne ut.



Moderne rentbrennende vedovn

3.3.2.2 Pelletskaminer uten vannmantel

Utforming og utvendige dimensjoner for pelletskaminer kan sammenliknes med tradisjonelle vedovner. Kaminene er konstruert som et komplett forbrenningsanlegg med integrert lagertank for pellets, automatisk innmating av brensel og styrt forbrenning. I tillegg kommer tilkobling til skorstein (røkrør) av godkjent type. Pellets blir matet inn i brennkammeret med en skrue e.l. fra et 30–50 liters pelletslager, som på de fleste kaminene er plassert bak på ovnen. Lagervolumet tilsvarer en brennverdi på anslagsvis 85–140 kWh hvis en antar en forbrenningsvirkningsgrad på 90%. Et elektrisk glødeelement brukes til tenning, mens lufttilførsel via en innebygd turtallsregulert vifte og brenselinnmating reguleres automatisk ut fra ønsket romtemperatur. Pelletskaminer gir høyere forbrenningsvirkningsgrad enn vedovner på grunn av automatisk regulering av forbrenningsluften. I tillegg har de bedre betjeningskomfort. Mulige ulemper med pelletskaminer vil kunne være støy fra mateskruen osv. samt støvdannelse ved oppfylling av lagertanken.

Pelletskaminer finnes i to hovedtyper, *med eller uten vannmantel*. Kaminer uten vannmantel kan kun benyttes til romoppvarming, mens kaminer med vannmantel benyttes både til romoppvarming og varmtvannsberedning ([Kapittel 3.3.3.2](#)). Pelletskaminer uten vannmantel har doble vegger hvor luften sirkulerer og blir varmet opp i mellomrommet mellom veggene. Dette medvirker til at det meste av varmen fra kaminen overføres som konveksjonsvarme til luften som strømmer gjennom ovnen, og ikke som strålingsvarme ettersom overflatetemperaturen på ovnen er relativt lav. For konvensjonelle vedovner, hvor varmeoverføringen hovedsaklig skjer ved stråling, er overflatetemperaturen langt høyere.

Pelletskaminer fåes med 1,5–10 kW avgitt varmeeffekt, og ytelsen reguleres trinnløst eller i trinn ved hjelp av en romtermostat. De kan i tillegg utstyres med tidsur for nattsenkning og ukeprogram. Sveriges Tekniske Forskningsinstitut (SP) har testet de mest solgte pelletskaminene. Målt virkningsgrad ligger i området 85–92% avhengig av belastning og type ovn, mens målt støynivå er typisk 45–50 dBA. Gjennomsnittlig støynivå for de testede kaminene ligger omlag 5 dBA lavere enn målt støynivå for inne-enheten i luft/luft-varmepumper.

3.3.3 Romoppvarming og varmtvannsberedning

Vedovner og pelletskaminer med vannmantel, vedkjeler og pelletskjeler kan kombineres med andre varmeproduserende enheter, for eksempel solvarmeanlegg.

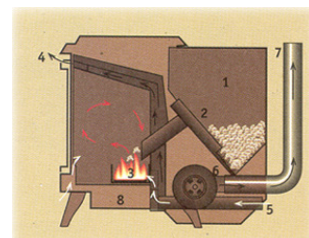
3.3.3.1 Vedkjeler

Vedkjeler tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem med akkumuleringstank, og kan dekke boligbyggets årlige behov for romoppvarming og varmtvannsberedning. En vedkjel må plasseres i eget fyrrom og tilkobles skorstein. Vedkjeler er enklere å regulere enn vanlige vedovner ettersom kjelene er utstyrt med en turtallsregulert vifte som styrer tilførselen av forbrenningsluft. Denne typen kjeler kan ikke utstyres med eksternt brenselager, og brenselinnmating må derfor skje manuelt på samme måte som for vedovner. Dette gjør at vedkjeler har vesentlig dårligere brukervennlighet enn kjelelegg fyrt med pellets, gass eller olje.

Vedkjeler leveres i effektområdet 15–50 kW, og forbrenningsvirkningsgraden er i størrelsesorden 70–80% (data fra SINTEF).

3.3.3.2 Pelletkaminer med vannmantel

Som et alternativ til konvensjonelle pelletskjeler, som må plasseres i eget fyrrom, kan en benytte en pelletskamin med vannmantel og integrert vannvarmeveksler. Kaminen har et indre vannvolum, som kobles til et vannbårent varmedistribusjonssystem med felles akkumulatortank for romoppvarming og varmtvannsberedning. Kaminene leveres ofte komplett med sirkulasjonspumpe, shuntgruppe som øker returvanns-



Prinsipp for pelletskamin
(Calimax, Lycksele Energi)



Påfylling av pellets



Vedfyrt kjel

temperaturen samt ekspansjonssystem med sikkerhetsventil. Omlag 80% av varmen fra ovnen avgis til det vannbårne systemet, mens 20% avgis til luften i rommet der kaminen er plassert.

Pelletsaminer med vannmantel benytter en ekstern temperturføler i akkumulatortanken. Kaminen leverer varme så lenge det er behov for vannoppvarming, og slår deretter av. Det vil si at kaminen ikke leverer direktevarme på oppstillingsstedet (romvarme) når vanntemperaturen i akkumulatortanken har nådd ønsket nivå.

Målt forbrenningsvirkningsgrad for de mest solgte pelletskaminene ligger i området 85–92%, mens målt støynivå varierer fra 45 til 50 dBA (data fra SP).

3.3.3.3 Pelletskjeler

Pelletsfyrte kjeler er i prinsippet det samme som olje- og gassfyrte kjeler, men olje- eller gassbrenneren er erstattet med en pelletsbrenner. Kjelene plasseres i eget fyrrom og tilkobles skorstein. Ettersom anleggene er tilkoblet et vannbårent varmedistribusjonssystem kan de dekke hele boligbyggets behov for romoppvarming og varmtvannsberedning. Anleggene har automatisk styring av brenselstilgang og luftmengde slik at ønsket vanntemperatur ut av kjelen opprettholdes under alle driftsforhold.

Ettersom energitettheten for trepellets er ca. tre ganger lavere enn for olje, kreves det forholdsvis stort lagringsvolum. For en lavenergi bolig med et totalt årlig varmebehov på 10.000 kWh kreves det ca. 2,9 kubikkmeter (m³) trepellets. Pelletslageret kan plasseres innendørs og etterfylles et par ganger i fyringssesongen, eller plasseres utendørs og romme et helt års forbruk. Tilførselen av pellets til brennkammeret skjer med skrue- eller luftmating.

Pelletskjeler leveres i effektområdet 10–80 kW, og ytelsen reguleres i trinn eller trinnløst. En del kjeler har automatisk rengjøring av brenner, avstoting av konveksjonsflater samt fjerning/utraking av aske. Målt virkningsgrad ved maksimal og halv ytelse for de mest solgte pelletskjelene ligger henholdsvis i området 89–95% og 81–92%. Dette gir en beregnet årsvirkningsgrad for kjelene på 81–89% (data fra SP) og er tilnærmet det samme som for pelletskaminer.

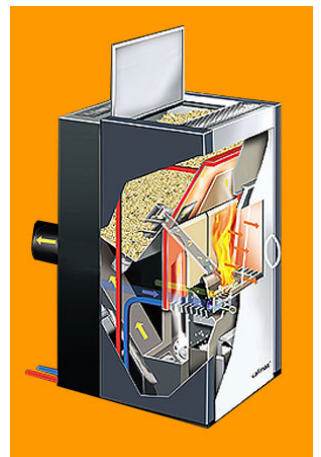
3.3.4 Mer informasjon

Mer informasjon om oppvarmingssystemer basert på bioenergi finnes på:

- <http://www.nobio.no> – Norsk Bioenergiforening
- <http://www.husogheim.no/ved-sol.html> – Fra "Hus og Heim"
- <http://www.enova.no/?itemid=100> – Generelt om bioenergi (Enova SF)
- <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=235> – Kjøpsveileder pelletskamin (ENOVA SF)
- <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=235> – Kjøpsveileder pelletskjel (ENOVA SF)
- <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publicationID=233> – Kjøpsveileder vedovn (ENOVA SF)
- <http://www.varmeprodusentene.com/epubmini/epubpubsub.asp?kat=1&art=266> – Varmeprodusentenes forening
- <http://www.radron.se> – Testing av pelletskaminer/kjeler – søkeord "pellets"



Norskprodusert pelletskamin



Pelletskamin med vannmantel



12 kW pelletskjel



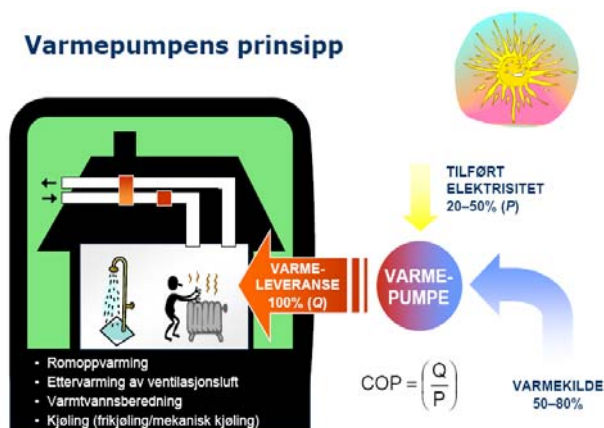
Pelletskjel med pelletsilo og skrue

3.4 OPPVARMING MED VARMEPUMPE

3.4.1 Innledning

Elektrisk drevne varmepumper i boliger kan benyttes til oppvarming av rom, ventilasjonsluft, varmtvannsberedning og eventuelt kjøling. Det spesielle med en varmepumpe er at den utnytter en fritt tilgjengelig ekstern varmekilde, det vil si varme som normalt ikke har noen verdi ettersom temperaturnivået er for lavt til at den kan benyttes direkte til oppvarming. Aktuelle varmekilder for varmepumper i norske lavenergiboliger og passivhus er uteluft, avtrekksluft, fjell, jord, grunnvann, sjøvann, ferskvann og gråvann (avløpsvann).

Ettersom varmepumper utnytter en ekstern varmekilde, reduseres behovet for primærenergi med 50 til 80% i forhold til oppvarmingssystemer basert på elektrisitet, olje og gass.



3.4.2 Uteluft/luft-varmepumper

Uteluft/luft-varmepumper henter varme fra uteluften med én ute-enhet (fordamper, vifte, kompressor), og resirkulerer og varmer opp luften i boligen med én inne-enhet (kondensator, vifte, filter). Aggregatene kan ikke benyttes til oppvarming av ventilasjonsluft eller varmtvannsberedning. Anleggene egner seg best i boliger med relativt åpen planløsning, hvor en kan oppnå god fordeling av varmluften. Det finnes også anlegg med to eller flere inne-enheter for bedre luftdistribusjon i større boliger. Anleggene kan levere kjøling ved at inne-enheten(e) resirkulerer og kjøler luften i huset, mens overskuddsvarmen avgis til uteluften via ute-enheten.



Uteluft/luft-varmepumpe

Uteluft/luft-varmepumper fås med varmeytelse i området 2,5-7 kW, oppgitt ved +7°C utelufttemperatur. For denne typen varmepumper avtar avgitt varmeeffekt med utelufttemperaturen, typisk -30-40% ved -7°C og -45-55% ved -15°C (ref. +7°C, data fra SP). De mest moderne og energieffektive anleggene benytter R410A som arbeidsmedium og har turtallsregulert (inverter-regulert) kompressor. Anleggene oppnår typisk 30% høyere effektfaktor (COP⁵) enn anlegg med R407C. Det er store kvalitetsforskjeller på anlegg, og det anbefales derfor å studere uavhengige tester. Det er viktig at ute-enheten er utformet for drift i norsk klima, og har behovsstyrt avrimning.



Veggmontert og gulvmontert inne-enhet for uteluft/luft-varmepumpe

Inne- og ute-enheten avgir støy. Støynivået er svært aggregatavhengig, og varierer typisk fra 58 til 63 dBA for ute-enheten og fra 49 til 58 dBA for inne-enheten ved full varmeytelse (data fra SP). Ved plassering av ute-enheten bør det blant annet tas hensyn til naboer, og inne-enheten bør ikke plasseres for nærme boligens oppholdssoner. Gjennomsnittlig COP for uteluft/luft-varmepumper over en driftssesong vil i norsk klima typisk ligge mellom 2,0-2,5. Laveste anbefalte utelufttemperatur (stopptemperatur) for sikker drift av uteluft/luft-varmepumper med R410A er -20-25°C.

Uteluft/luft-varmepumper for boliger av lavenergi- og passivhusstandard bør dimensjoneres for å dekke hele boligens romvarmebehov, dvs. 100% effektdekning.

3.4.3 Uteluft/vann-varmepumper

Uteluft/vann-varmepumper benytter uteluften som varmekilde, og brukes til kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning eller kun varmtvannsberedning. Anleggene har prinsipielt sett samme egenskaper som uteluft/luft-varmepumper bortsett fra at varme leveres til et vannbårent varmedistribusjonssystem og/eller varmtvannssystem ved et høyere temperaturnivå enn ved oppvarming av romluft. Det er dessuten kun et fåtalls uteluft/vann-varmepumper som kan levere klimakjøling.



Uteluft/vann-varmepumpe

⁵ COP – Levert varmeeffekt dividert på tilført elektrisk effekt til kompressoren. COP typisk 2-5

Kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning

Uteluftbaserte kombi-anlegg leverer varme til varmtvannsberedning og romoppvarming. Anleggene benytter R407C, R410A, propan (R290) eller karbondioksid (CO₂, R744) som arbeidsmedium, og fås med varmeytelse fra ca. 4 til 40 kW (ved +7°C utelufttemperatur). Avhengig av type arbeidsmedium og systemløsning greier varmepumpen å varme opp varmtvann til 45–85°C. Eventuell ettervarming gjøres med elektriske varmelementer. Ettersom varmtvannsberedning er det dominerende varmebehovet i lavenergiboliger og passivhus, er det viktig at varmepumpen oppnår høy COP og dessuten dekker en størst mulig andel av varmtvannsbehovet. Anlegg med vekselventil eller to-trinns varmtvannsberedning og bruk av overhettingsvarmeveksler oppnår høyere COP og større energidekning enn anlegg med forvarming av varmtvann i en dobbeltmantlet bereder. Romoppvarming bør dekkes via et lavtemperatur varme-distribusjonssystem, f.eks. et gulv, vegg- eller takvarmesystem.



Prinsippet for en uteluft/vann-varmepumpe (Envirotherm)

Reduksjon i varmeytelse ved synkende utelufttemperatur samt støy fra ute-enheten er tilnærmet som for uteluft/luft-varmepumper. Det er viktig at ute-enheten er utformet for norsk klima, og har behovsstyrt avrimning. Sveitsiske undersøkelser av et stort antall uteluft/vann-varmepumper installert i nye og eksisterende boliger i perioden 1998–2003 viste at midlere COP over året for systemene varierte mellom 2,4 og 2,8.

Kun varmtvannsberedning

Uteluftbaserte varmepumper for varmtvannsberedning i enkeltboliger eller for fellesanlegg i boligblokker og leilighetskomplekser benytter vanligvis R134a som arbeidsmedium. Den systemløsningen som gir høyest COP er å forvarme vannet med varme fra kondensatoren og ettervarme vannet til ønsket temperatur i en overhettingsvarmeveksler. Varmtvannsvarmepumper i kapasitetsområdet 2-60 kW med CO₂ (R744) som arbeidsmedium vil introduseres på det Europeiske markedet fra 2008. Anleggene oppnår typisk 15-20% høyere COP enn konvensjonelle varmepumper, og kan dessuten levere varmtvann opp mot 90°C uten behov for elektrisk ettervarming.



Uteluft/vann-varmepumpe



CO₂ uteluft/vann-varmepumpe for varmtvannsberedning (EcoCute)

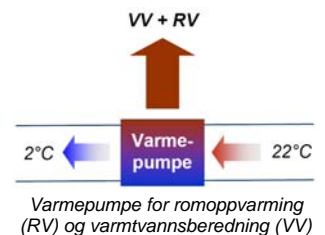
3.4.4 Ventilasjonsluftvarmepumper

Ventilasjonsluft-varmepumper utnytter ventilasjonsluft som varmekilde, og benyttes i boliger med *avtrekksventilasjon* eller *balansert ventilasjon* ([Kapittel 4](#)).

3.4.4.1 Ventilasjonsluft-varmepumper – avtrekksventilasjon

Avtrekksventilasjon anbefales vanligvis ikke for lavenergiboliger, ettersom friskluften som tilføres huset ikke forvarmes av en varmeginvinner (høyt ventilasjonstap). Avtrekksventilasjon krever også høyere luftskifte (ca. 0,8-1,0 1/t) for at soverom i 2. etasje skal kunne ha nok undertrykk til at ønsket luftmengde kan strøme inn gjennom ventilene. Ventilasjonstapet kan imidlertid reduseres betydelig ved at avtrekksluften benyttes som varmekilde for en ventilasjonsluft-varmepumpe. Varmepumpen kjøler ned avtrekksluften til ca. 2°C, og dekker boligens behov for varmtvannsberedning (prioritert) og romoppvarming. Ved bruk av en slik varmepumpe vil boligens energibruk til oppvarming være tilnærmet det samme som for en bolig med helelektrisk oppvarming og balansert ventilasjonssystem med 75% varmeginvinning.

Ved et luftskifte på 0,8 1/t i en bolig på 100 m² BRA, vil en ventilasjonsluft-varmepumpe ha en maksimal varmeytelse på ca. 2 kW. Anlegg som i tillegg til ventilasjonsluft også benytter jord som varmekilde, vil typisk ha dobbelt så høy varmeytelse. Det benyttes da en indirekte kobling der varmeoverføringen mellom jord/luft-varmeveksleren⁶, varmeveksleren i avtrekkskanalen og fordampere skjær ved hjelp av et lukket rørsystem hvor en pumpe sirkulerer en frostsikker væske.

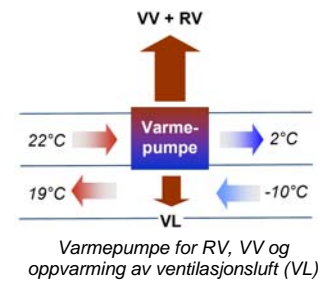


Ventilasjonsluft-varmepumpe for boliger med avtrekksventilasjon

⁶ Ø40 mm plastrør (PEM) som legges horisontalt i jord på ca. 0,8-1,5 meters dybde

3.4.4.2 Ventilasjonsluft-varmepumper – balansert ventilasjon

Denne typen ventilasjonsluft-varmepumper benytter avtrekksluften i et balansert ventilasjonsanlegg som varmekilde, og benyttes til varmtvannsberedning (prioritert), romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft. Anleggene leveres med R407C, R410A eller propan (R290) som arbeidsmedium. Fordamperen plasseres i avtrekkskanalen, og avkjøler avtrekksluften før den blåses ut av boligen. Varmepumpen kan enten stå som eneste varmegjenvinnende enhet eller kombineres med en varmeveksler (varmegjenvinner). For å øke varmepumpens varmeytelse og COP kan anlegget utformes for å utnytte enten jord eller uteluft som tilleggsvarmekilde. Uteluften kan evt. være forvarmet i en jord/luft-varmeveksler, som består av et Ø200 mm plastrør som graves ned på ca. 0,8-1,5 meters dybde rundt boligen. Dette er en gunstig løsning i kaldt klima ettersom tilluftstemperaturen da sjelden/aldri kommer under frysepunktet.



Anlegg uten varmegjenvinner (1)

Ventilasjonsluft-varmepumper som installeres i et balansert ventilasjonsanlegg uten varmegjenvinner oppnår tilnærmet samme energisparing som ventilasjonsluft-varmepumper for romoppvarming og varmtvannsberedning i boliger med avtrekksventilasjon. Forskjellen ligger i at tilført friskluft varmes til ønsket innblåsningstemperatur og distribueres via et kanalnett til utvalgte rom, mens det i et avtrekksanlegg tilføres frisk uteluft fra spalteventiler og/eller veggventiler.



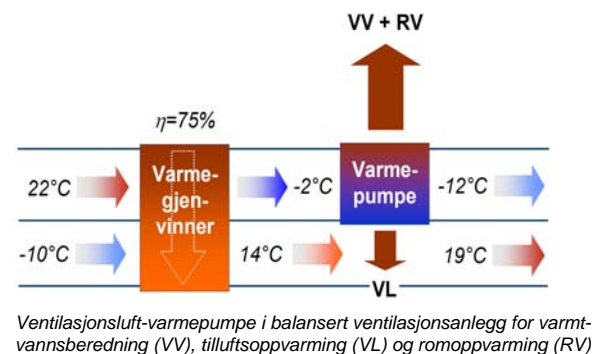
Ventilasjonsluftvarmepumpe (1) for bolig med balansert ventilasjon

Anlegg med varmegjenvinner (2)

Det er utviklet kompakte, integrerte enheter for kombinert frisklufttilførsel/avtrekk (balansert ventilasjon), varmtvannsberedning, oppvarming av ventilasjonsluft og romoppvarming i lavenergiboliger og passivhus. Et slikt anlegg betegnes "Compact Ventilation and Heating Device with Integrated Exhaust Air Heat Pump" (CVHD). Et kompakt-aggregat består av tillufts-/avtrekksvifte, finfiltre på inntaks- og avtrekksiden, høyeffektiv motstrøms varmeveksler for varmegjenvinning fra avtrekksluften, ventilasjonsluft-varmepumpe, varmtvannstank, elektriske varmeelementer (tilleggsvarme) samt evt. jordvarmeveksler for forvarming av ventilasjonsluften. Denne typen anlegg har i dag en markedsandel på anslagsvis 40-50% i tyske passivhus.

Kompakt-aggregater kan benytte følgende varmekilder:

- Avkastluft etter varmegjenvinneren
- Blanding av avkastluft og uteluft
- Blanding av avkastluft og forvarmet uteluft fra en jord/luft-varmeveksler – luften fra varmeveksleren benyttes kun som varmekilde
- Blanding av avkastluft og forvarmet uteluft fra en jord/luft-varmeveksler – luften fra varmeveksleren benyttes både som varmekilde og til frisklufttilførsel



På grunn av relativt lav luftmengde og begrenset temperatursenkning på ventilasjonsluften, vil en varmepumpe som kun benytter avkastluft som varmekilde få relativt lav varmeytelse. Dette vil være tilstrekkelig for å dekke varmebehovet i et passivhus, mens for lavenergiboliger må det benyttes en tilleggsvarmekilde, f.eks. uteluft.

Et kompakt-aggregat dekker romvarmebehovet ved oppvarming av tilluften i ventilasjonssystemet til maks. 50-55°C (*direkte systemløsning* – kun passivhus) eller ved varmeavgivelse til et lavtemperatur vannbårent varmedistribusjonssystem (*indirekte systemløsning*). Ved varmluftsoppvarming må det installeres spesielle tilluftsventiler for å sikre god ventilasjonseffektivitet ved innblåsning av overtemperert luft.

Kompakt-aggregater for Sentral-Europeisk klima oppnår en midlere COP over året på typisk 2,0-3,0. I norsk klima må en forvente noe lavere verdier på grunn av kaldere klima, såfremt ikke uteluften forvarmes i en jord/luft-varmeveksler.



Kompakt-aggregat med avansert ventilasjonsluft-varmepumpe (2)

Hvis uteluften fra en eventuell jord/luft-varmeveksler også benyttes til frisklufttilførsel i boligen, vil varmeveksleren redusere/eliminere behovet for forvarming av ventilasjonsluften, som normalt er nødvendig for å unngå frostdannelse i høyeffektive motstrøms varmegjennvinnere ved lavere uteluft-temperaturer. Varmeveksleren vil også tilføre avkjølt luft til boligen i de periodene av året hvor boligen har et varmeoverskudd (kjølebehov). Dette vil redusere behovet for lufting og evt. mekanisk kjøling i boligen. Det er imidlertid alltid fare for tilsmussing samt utkondensering av vann i en jord/luft-varmeveksler. Dette kan føre til mikrobiell vekst og forringelse av inneluftkvaliteten. Jord/luft-varmevekslere er mye brukt i Tyskland, og det er ikke rapportert om dårlig luftkvalitet og inneklimaproblemer. Ved bruk av denne type varmevekslere for oppvarming av tilluft i norske boliger bør det imidlertid undersøkes nærmere om systemene vil medvirke til forurensning av tilluften.



Kompaktaggregat med ventilasjonsluft-varmepumpe – balansert ventilasjon

3.4.5 Væske-vann og vann/vann-varmepumper

Væske/vann-varmepumper henter varme fra jord, sjøvann, innsjøvann eller 80-200 meter dype borehull i fjell (energibrønner). Det benyttes en *indirekte systemløsning* der varmeoverføringen mellom varmekilden og varmepumpen skjer ved hjelp av et lukket rørsystem hvor en pumpe sirkulerer en frostsikker væske. Vann/vann-varmepumper benytter grunnvann som varmekilde (*direkte systemløsning*).

Kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning

Kombi-anlegg leverer varme til varmtvannsberedning og romoppvarming via et vannbårent varmedistribusjonssystem. Varmepumpene fåes med varmeytelse fra ca. 4 kW, og benytter R407C, R410A, R134a eller propan (R290) som arbeidsmedium. Som for uteluft/vann-varmepumper er det viktig å velge en varmepumpe som oppnår høy COP ved varmtvannsberedning, og romoppvarming bør helst dekkes via et lavtemperatur varmedistribusjonssystem, f.eks. et gulv-, vegg- eller takvarmesystem.

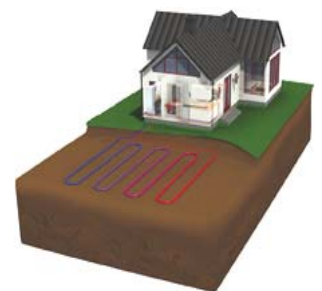


Væske/vann-varmepumpe

Væske/vann- og vann/vann-varmepumper har høyere investeringskostnader enn uteluft/vann-anlegg men dekker en større andel av det totale årlige varmebehovet i boligen, oppnår høyere COP og har lengre levetid. Sveitsiske feltundersøkelser av et stort antall væske/vann-varmepumpesystemer installert i nye og eksisterende boliger i perioden 1998–2003 viste at midlere COP over året for systemene varierte mellom 3,4 og 3,8. Dette var i gjennomsnitt 30% høyere enn uteluft/vann-varmepumpene fra samme undersøkelse ([Kapittel 3.4.3](#)).

Kun varmtvannsberedning

Væske/vann- og vann/vann-varmepumper kan benyttes til felles varmtvannsberedning i flermannsboliger, boligblokker og leilighetskomplekser. Anleggene bruker R407C, R134a eller propan (R290) som arbeidsmedium. I tillegg til kondensator er de normalt utstyrt med en sugegassvarmeveksler og overhetningsvarmeveksler. Anleggene oppnår en COP i størrelsesorden 3,0–4,0 ved 60°C varmtvannstemperatur. Ettervarming og reservelast besørjes av elektriske varmekolber i varmtvannstanken.



Væske/vann-varmepumpe med jord som varmekilde (indirekte system)

3.4.6 Mer informasjon

Mer informasjon om oppvarmingssystemer basert på varmepumper finnes på:

- <http://www.energy.sintef.no/prosjekt/annex32> – Meny "Varmepumper"
- <http://www.novap.no> – Norsk varmepumpeforening (NOVAP)
- <http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationlist.aspx?keywordID=15> – Kjøpsveiledere for ulike typer boligvarmepumper (ENOVA SF)
- <http://www.radron.se> – Testing av varmepumper – søkeord "värmepump"
- <http://www.R744.com> – Informasjon om CO₂-varmepumper
- <http://www.heatpumpcentre.org> – IEAs varmepumpesenter



Væske/vann-varmepumpe

3.5 OPPVARMING MED SOLVARME

Det finnes prinsipielt tre ulike måter å utnytte solenergi til oppvarmingsformål i boliger av lavenergi- og passivhusstandard:

- *Passiv solvarme* – varme tilføres boligen ved solinnstråling gjennom vindusflater og transparente bygningsdeler
- *Solceller* – omdanner sollys til elektrisk energi, som f.eks. kan benyttes i elektriske oppvarmingssystemer og varmepumper
- *Aktivt solvarmesystem* – solinnstråling blir absorbert i et solfangersystem, og oppvarmet væske eller luft transporteres via et varmelager og et varmedistribusjonssystem til aktuelle brukersteder for varmtvannsberedning og/eller romoppvarming. I dette kapittelet er det kun sett på aktive solvarmesystemer.



3.5.1 Aktiv solvarme – solfangere

Solfangere kan integreres i bygningens tak eller fasade, eller være en frittstående enhet. Et solvarmesystem med solfangere vil i Sør- og Øst-Norge typisk kunne dekke 25-35% av romoppvarmingsbehovet og *inntil 50%* av behovet for oppvarming av tappevann i en bolig. Om vinteren vil et solfangeranlegg dekke en relativt liten andel av varmebehovet pga. moderat solinnstråling, mens anlegget sommerstid har overkapasitet. Vår/høst er det bedre balanse mellom tilgjengelig solenergi og boligens varmebehov. Resterende andel av varmebehovet (50-75%) må dekkes med et annet oppvarmingssystem, f.eks. biopelletskjel, varmepumpe, gasskjel, fjernvarme eller elektrisk oppvarming. En solfanger vil typisk levere 300 til 450 kWh per m² per år. For en lavenergil bolig med et totalt årlig varmebehov på 10.000 kWh trengs anslagsvis 6–10 per m² solfangerflate.

Solfangere bør ideelt sett ha 30-50° helning i forhold til bakkeplan. Fasademontering av solfangeren gir større årlig varmeproduksjon enn takmontering, ettersom energien fra den lave vintersolen kan utnyttes i større grad.

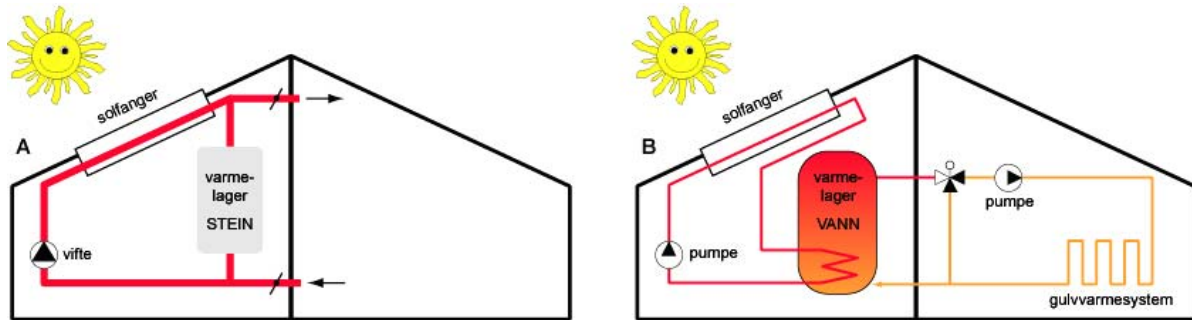
3.5.1.1 Oppbygging og systemtyper

Aktive solfangersystemer består av solfanger(e), distribusjonssystem og varmelager.

- **Solfanger** – Absorberer og omformer kortbølget solstråling til varme for oppvarming av strømmende luft eller en sirkulerende væske, for eksempel vann eller en vann/frostvæske-blanding. Det er utviklet mange typer solfangere deriblant plane solfangere, vakuumsolfangere, parabol-solfangere og traufornede solfangere. I Norge er det installert stort sett plane solfangere, men det er økende interesse for bruk av vakuumsolfangere.
- **Distribusjonssystem** – Distribuerer oppvarmet luft eller væske via varmelageret til forbruksstedene ved hjelp av henholdsvis et kanalnett med vifte eller et rørnett med pumpe. Luftbaserte systemer kan integreres med ventilasjonssystemet for forvarming av ventilasjonsluft, eller brukes til romoppvarming via kanalsystemer i gulv eller vegger. Væskebaserte systemer benyttes til varmtvannsvarming og/eller til romoppvarming via et vannbårent varmedistribusjonssystem med viftekongektorer eller gulv-/takvarme.
- **Varmelager** – Akkumulerer varmeenergi på times-/døgn-/ukesbasis, slik at solvarmesystemet kan levere varme selv når det ikke er solinnstråling, f.eks. om natten og når det er overskyet. Varmelagre for luftbaserte systemer benytter steiner som lagringsmedium, men det krever tre ganger så stort volum som et vannlager. Bygningskonstruksjonen kan også benyttes som varmelager (kanaler i betonggulv). I væskebaserte systemer benyttes en lagertank i rustfritt stål, aluminium, betong eller plast, og tankene utformes for å oppnå stor temperaturforskjell mellom vannet i toppen og bunnen av tanken (sjiktning).



Solfangere installert i ulike boliger



Figuren viser prinsipiell oppbygging av oppvarmingsystemer med solfangere tilkoblet: A) Et luftbasert solvarmesystem med steinlager, B) Et væskebasert solvarmesystem med sirkulerende vann eller frostvæske (varmebærer) i en hhv. åpen eller trykksatt solfangerkrets, vanntank og vannbåren varmedistribusjon. Solfangersystemet er her vist som eneste varmekilde. Det er væskebaserte solvarmesystemer som egner seg best i lavenergiboliger og passivhus, ettersom systemene kan levere varme til både varmtvannsberedning og romoppvarming samt at det er enkelt å koble til en tilleggsvarmekilde, f.eks. biokjel, gasskjel, varmepumpe eller fjernvarme.

3.5.1.2 Plane solfangere

Plane solfangere benyttes i væskebaserte solvarmesystemer, og er den typen solfanger som er mest brukt i Norge og resten av verden. Solfangeren består av absorptor, dekklag og isolasjon. Absorptoren, som omformer den kortbølgede solinnstrålingen til varme, er en tynn metallplate som har en selektiv overflate som absorberer 98% av det synlige lyset og som emitterer lite infrarød stråling. Absorptoren dekkes normalt av en gjennomskinnelig plate av glass, plast eller transparent isolasjon, og dette gir en vesentlig høyere virkningsgrad for solfangere som skal benyttes i kaldt og vindfullt klima. Dekkplaten slipper gjennom den kortbølgede solstrålingen, hindrer den langbølgede varmestrålingen fra å slippe ut og reduserer varmetapet fra solfangeren.

Virkningsgraden avtar med økende temperaturdifferanse mellom varmebæreren og uteluften samt avtagende innstrålt effekt. Eksempel – ved en innstrålt effekt på 700 W/m^2 vil virkningsgraden for en høyeffektiv plan solfanger typisk reduseres fra ca. 80 til 50% ved 55°C temperaturdifferanse. Hvis innstrålt effekt reduseres til 300 W/m^2 er virkningsgraden 50% allerede ved 25°C temperaturdifferanse (data fra Stiebel Eltron). For å oppnå høyest mulig virkningsgrad bør derfor plane solfangere levere varme til et lavtemperatur varmedistribusjonssystem, f.eks. et gulv- eller takvarmesystem.

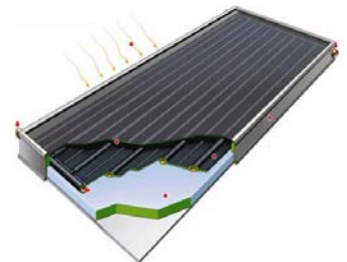
3.5.1.3 Vakuumsolfangere

Vakuumsolfangere benyttes i væskebaserte solvarmesystemer. Solfangeren består av flere sylindriske vakuumerter ett eller to-lags glassrør hvor det innerste laget er belagt med et solabsorberende belegg. Inne i det innerste røret er det plassert en absorptor, som kan være metallplater eller metallrør av kobber som er festet direkte til rørsystemet for varmebæreren. Det svært lave lufttrykket i eller mellom glassrørene medvirker til at varmetapet er vesentlig mindre enn for plane solfangere. Vakuumsolfangere egner seg derfor godt i anlegg for varmtvannsberedning, i høytemperatur varmedistribusjonssystemer og i kalde klima. I Norge vil vakuumsolfangere oppnå høyere årsvirkningsgrad enn plane solfangere på grunn av mindre varmetap til omgivelsene. Grunnet lavkostproduksjon i Kina er prisen på vakuumsolfangere i dag på nivå med de beste plane solfangerne. Holdbarheten for solfangere med vakuumsolfangere er oppgitt til å være 10 og 15 år for henholdsvis ett- og tolags glassrør.

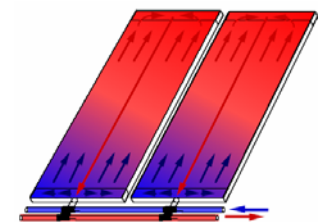
Figuren øverst på neste side viser, som et eksempel, hvordan virkningsgraden for plane solfangere og vakuumsolfangere vil kunne variere med omgivelsestemperaturen og temperaturen på varmebæreren (manifoldtemperaturen). Målingene er hentet fra testrapporter utarbeidet av Institut für Solartechnik (SPF) og Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW).



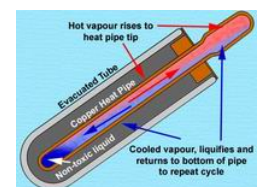
Vanntank (vannlager) for varmeakkumulering i solvarmesystem



Eksempel på utforming av en plan, væskebasert solfanger (RN Group)



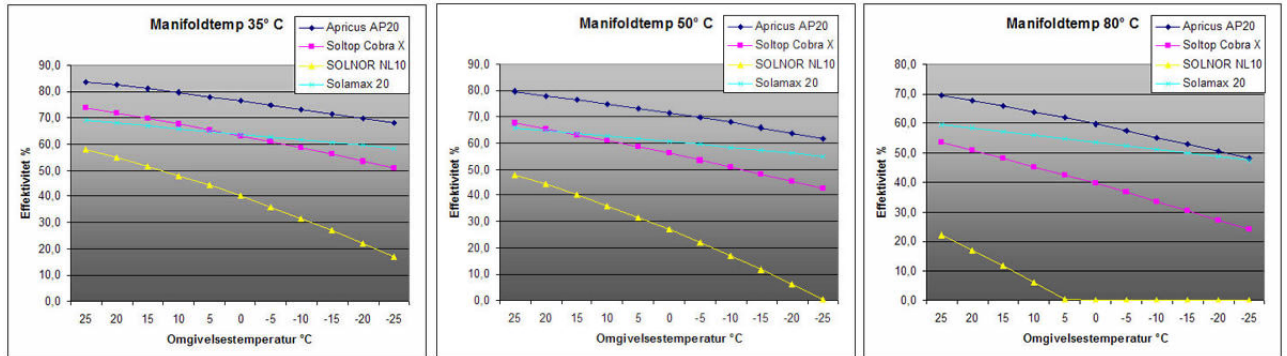
Prinsipiell funksjon for en plan, væskebasert solfanger (Solarmor)



Prinsippet for vakuumsolfanger (Sunpower)



Solfanger med vakuumsolfanger



Målt effektivitet for plane solfangere (Solnor, Solamax) og vakuumrør-solfangere (Apricus, Soltop) – hentet fra rapporter utarbeidet ved SPF og ITW

3.5.1.4 Eksempel på systemoppbygging – væskebaserte systemer

Væskebaserte solfangersystemer med plane solfangere eller vakuumrør-solfangere brukes til oppvarming av varmtvann eller kombinert romoppvarming og varmtvannsbereidning via et vannbårent varmedistribusjonssystem. I Norge kombineres solfangersystemer med en tilleggsvarmekilde som dekker 50–75% av det årlige varmebehovet.

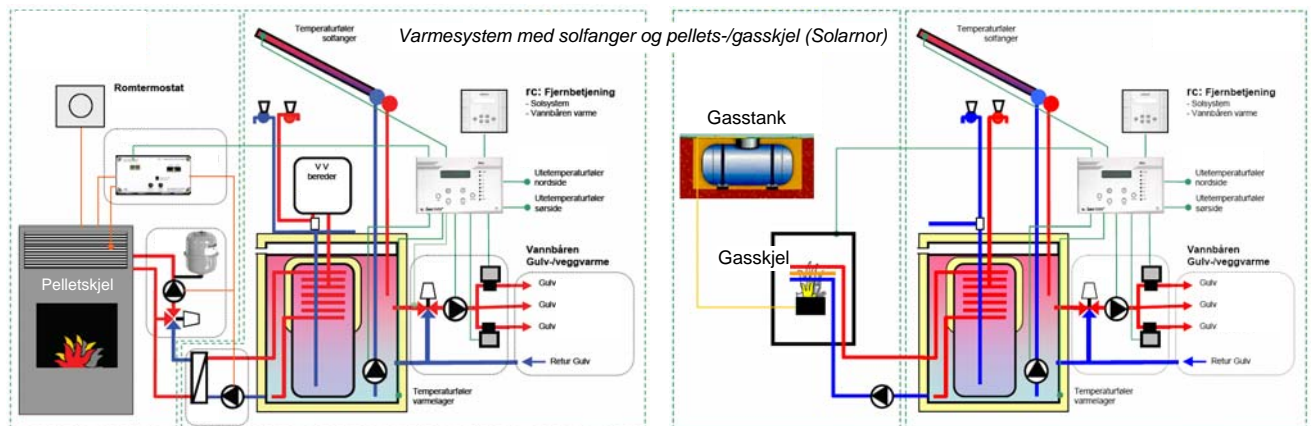
Figurene nedenfor viser prinsipielle eksempler på et kombinert oppvarmingssystem bestående av en plan solfanger samt en pelletskjel eller gasskjel for tilleggsvarme (Solarnor). Oppvarmingsenhetene koblet til et felles varmelager/akkumulatortank, hvor det ytre vannvolumet i akkumulatortanken er tilkoblet et vannbårent varmedistribusjonssystem (gulvvarme) mens den indre tanken utgjør selve varmtvannsbeholderen. I dette systemet er det også mulig å benytte en pelletskamin eller vedovn med vannmantel som tilleggsvarmeanhet. De viste systemene er utstyrt med et reguleringsystem som blant annet regulerer vannsirkulasjonen i solfangeren og tilført effekt fra pellets-/gasskjelen for optimal oppvarming (lading) av akkumulatortanken. Turvannstemperaturen i gulvvarmesystemet reduseres gradvis ved økende utelufttemperatur.



Solfanger med vakuumrør



Plan solfanger



3.5.2 Mer informasjon

Mer informasjon om oppvarmingssystemer basert på solvarme finnes på:

- <http://www.solenergi.no> – Norsk Solenergiforening AS
- <http://www.solvarme.no> – Solvarmeanlegg i Norge
- <http://www.altomsolvarme.dk> – Alt om solvarme (dansk side)
- <http://www.solarnor.no> – Solarnor AS
- <http://www.norsksolfangerindustri.no> – Norsk Solfangerproduksjon AS
- <http://www.ises.org/ises.nsf!Open> – The International Solar Energy Society

3.6 OPPVARMING MED GASS

3.6.1 Innledning

Aktuelle gassformige brensler for norske boliger er naturgass og propan.

- *Naturgass* – Består av ca. 90% metan og transporteres til brukerne via et nedgravd gassrørnett med maksimalt 4 bars driftstrykk. Fra hovedledningen legges stikkledninger inn til de enkelte boligene med avstengningsventil, trykkreduksjonsventil og gassmåler. Det er i dag bygd ut eller er under utbygging gassrørnett i Haugesund og Stavanger.
- *Propan* – Leveres på mindre mobile trykkbeholdere på inntil 11 kg. Ved 20°C er lagringstrykket ca. 8,8 bar. I boliger kan en uten spesiell tillatelse oppbevare 2 x 11 kg propan over bakkenivå og helst utendørs (DSB)⁷. Denne propanmengden tilsvarer en øvre brennverdi på 150 kWh. Ved større behov benyttes en 16 bars trykktank som graves ned i bakken i hht. gjeldende forskrifter.

Noen gassleverandører markedsfører et system for propangass hvor leverandøren sørger for installasjon og vedlikehold av gasstanken, og hvor boligeieren enten betaler et depositum eller leier utstyret på årsbasis. I tillegg betales en årlig vedlikeholdskostnad. Hvis det senere blir lagt gassrørnett i området kan utstyret i boligen tilkobles dette, og det er ikke noe krav om fortsatt kjøp av propan. Pga. det lave varmebehovet i lavenergiboliger og passivhus er det aktuelt at flere boligeiere går sammen og leier en felles gasstank for å senke kostnadene. Det er da behov for et eget distribusjonsnett samt et lite fordampningsanlegg som omdanner propan fra væskefase til gassfase.

Ved fastinstallasjoner basert på forbrenning av propan eller naturgass er det en rekke lover og forskrifter som må etterfølges (DSB)⁷, deriblant Forskrift om kjelanlegg, Forskrift og veiledning om behandling av brannfarlig vare, Veiledning om fyringsanlegg for flytende og gassformig brensel, Veiledning om LPG-anlegg, Vilkår for nedgravd propantank LPG, Forskrift og veiledning om trykkpåkjent utstyr, Forskrift om elektriske bygningsinstallasjoner samt Plan- og bygningsloven.

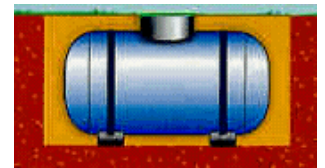
3.6.2 Romoppvarming

3.6.2.1 Gassovn

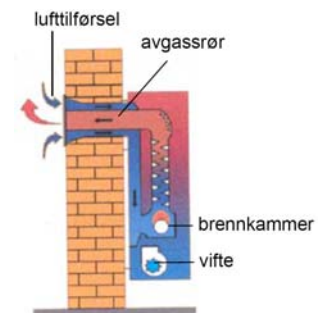
Gassovner er beregnet for veggmontasje, og tilkobles propantank eller gassrørnett. Ovnene fås i effektområdet fra ca. 2 til 6 kW, har trinnvis termostatstyring av ytelsen og kan programmeres. Direkte ventilerte ovner med åpen flamme i et brennkammer monteres på yttervegg, og et dobbeltvegget rør for lufttilførsel og fjerning av avgasser føres rett gjennom veggen. Det er i den sammenheng viktig å unngå luftlekkasjer rundt røret da dette vil øke boligens romoppvarmingsbehov. Virkningsgraden for ovnene er typisk 95% (data fra SINTEF). Det finnes også ovner med katalytisk brenner som ikke trenger avgassrør. Disse ovnene kan plasseres på innervegg, og forbrenningsproduktene (CO₂, vanndamp og evt. partikler) slippes direkte ut i rommet. Noen gassovner leveres også med vifte for distribusjon av varmluft. Gassovner er forøvrig utstyrt med automatikk som stenger gasstilførselen hvis flammen slukker.

3.6.2.2 Gasspeis

Gasspeiser tilkobles propantank eller gassrørnett, og leveres med en maksimal varmeeffekt fra ca. 5 til 10 kW. Gasspeisene har høyere virkningsgrad enn vedfyrte peiser, men har lavere virkningsgrad enn gasskjeler ettersom forbrenningen ikke foregår kontrollert i et brennkammer og det heller ikke skjer en nedkjøling av røygassen. For direkteventilerte peiser fjernes røygassene med avgassrør gjennom vegg eller tak, mens peiser med katalytisk brenner ikke trenger avgassrør og kan plasseres fritt i



Nedgravd trykktank for propan



Virkemåten for en gassovn



Gulvmonterte gassovner



Veggmontert gassovn



Gasspeis

⁷ Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB)

rommet. Gasspeiser leveres med glassdør, termostatstyrt flamme-/viftestyring samt tidsur for programmering av dag-/ukeprogram. Peisene er utstyrt med automatikk som stenger gasstilførselen hvis flammen slukker.

3.6.3 Romoppvarming og varmtvannsberedning

3.6.3.1 Gassfyrte kjeler

Gassfyrte kjeler leveres med modulerende brennere som gir gode reguleringssegenskaper og små tap. Tapene i en gasskjel består hovedsaklig av røkgasstap (2–10% av øvre brennverdi) og strålingstap (1–3%), og det er minimale tap knyttet til ufullstendig forbrenning og stillstand (data fra SINTEF). Typisk virkningsgrad for moderne kondenserende gasskjeler ligger i området 102–106% av nedre brennverdi (LHV), noe som tilsvarer 94–98% av øvre brennverdi (UHV). Årsvirkningsgraden vil imidlertid kunne bli betydelig lavere. I Tyskland har Fraunhofer-instituttet gjennomført feltmålinger på flere hundre kondenserende gasskjeler i boliger. Årsvirkningsgraden for kjelene varierte fra 86 til 89% av øvre brennverdi, noe som tilsvarer 93 til 97% av nedre brennverdi.

Skorsteinsløsningen for gassfyrte kondenserende kjeler blir enklere enn for oljefyrte kjeler ettersom det ikke stilles krav til minimumstemperatur på røkgassen. Skorsteinen kan utformes som et enkelt horisontalt dobbeltvegget rør som benyttes for både lufttilførsel til gassbrenneren og til utslipp av avgasser til uteluften. Avgassrøret må være utstyrt med nødvendig drenering ettersom det dannes kondens i røret.

Gassfyrte kjeler kan levere varme ved forholdsvis høye temperaturer, og kan derfor benyttes både til produksjon av varmt forbruksvann og romoppvarming med radiator-systemer. For å oppnå høy effektivitet for kondenserende gasskjeler er det imidlertid viktig at røkgassen avkjøles mest mulig, og det betyr i praksis at returtemperaturen i varmedistribusjonssystemet må være forholdsvis lav. I vannbårne anlegg med gassfyrte kjeler er det derfor gunstig å benytte viftekonvektorer eller lavtemperatur gulv-, tak- eller veggvarmesystemer til distribusjon av romvarme.

Utformingen av gassfyrte kjelsentraler er avhengig av blant annet ønsket varmeytelse for anlegget. Den enkleste varianten består av en gassbrenner som er integrert i en dobbeltmantlet varmtvannstank, og hvor den ytre tanken er tilkoblet varmedistribusjonssystemet. Gasskjelen kan også avgi varme til varmtvannsberedning via en rørvarmeveksler i en enkeltmantlet tank. Varmtvannstanken bør ha en elektrisk varme-kolbe som brukes som reserve hvis gasskjelen/-brenneren er ute av drift.

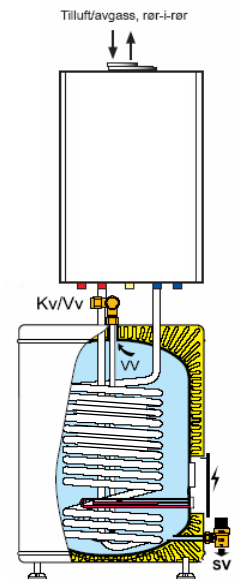
Gassfyrte kjelanlegg har enklere skorsteinsløsning enn oljefyrte anlegg, mens eventuell gasstank og fordamper samt røropplegg, reguleringsutstyr og sikkerhetsutstyr er mer komplisert enn lagrings- og forsyningssystemet for olje. Gass- og oljefyrte kjelanlegg for boligformål kommer imidlertid relativt likt ut med hensyn til investeringskostnader (info fra Shell). Gassfyrte kjelanlegg trenger forøvrig mindre vedlikehold og har lengre levetid enn oljefyrte anlegg.

En gasskjel kan kombineres med et solfangersystem, som typisk dekker 25–50% av boligens årlige behov for romoppvarming og varmtvannsberedning ([Kapittel 3.5](#)).

3.6.4 Mer informasjon

Mer informasjon om oppvarmingssystemer basert på gass finnes på:

- <http://www.norsk-gassenter.no> – Norsk gassenter
- <http://www.gassmagasinet.no> – Gassmagasinet
- <http://www.enova.no/?itemid=113> – Informasjon fra ENOVA SF



Integrert gassbrenner og varmtvannstank (Oso Hotwater)



Kondenserende gasskjeler i ulike kapasitetsklasser

3.7 FJERNVARME- OG NÆRVARMESYSTEMER

Et fjernvarmesystem består av en eller flere varmesentraler som varmer opp vann som distribueres via et varmedistribusjonsnett til boliger og større bygninger i en bydel eller til enkeltboliger i et boligfelt. Et nærvarmesystem er et lite fjernvarmesystem med relativt lav varmeytelse. Bruk av fjern-/nærvarme fordrer at boligene/bygningene har installert et vannbårent varmedistribusjonssystem.

3.7.1 Varmesentral

Varmesentralen produserer varme ved forbrenning av avfall fra husholdninger og næringsvirksomhet, biomasse (flis, bark osv.), gass eller olje. Varme kan også leveres fra varmepumper, elektrokjeler eller som høytemperatur spillvarme fra industri.

3.7.2 Varmedistribusjonsnett

Varmedistribusjonsnettet (hovednettet, primærnettet) er et lukket rørsystem hvor det sirkuleres vann av 45–120°C fra varmesentralen ut til de enkelte varmekonsumenterne (abonentene). Vannet avgir varme og returneres til varmesentralen for ny oppvarming. Rørnettet består av preisolerte stålrør (16 eller 25 bar) eller preisolerte plastrør (6 bar) som legges i en grøft med sandbedd (kulvert). Varmetapet fra nettet til omgivelsene utgjør typisk 5–15% av varmesentralens årlige varmeproduksjon. Termisk virkningsgrad for systemene vil normalt være høyere enn for oppvarmingsystemer i enkeltbygninger, da større varmesentraler oppnår høyere virkningsgrad over året enn mindre anlegg samt at anleggene følges opp av profesjonelt driftspersonale.

Varmedistribusjonsnettet bygges som et *stjerneledningsnett*, *ringledningsnett* eller en kombinasjon av disse. Forskjellen ligger i hvor mange tilførselsveier det er fra varmesentralen ut til hver enkelt abonnent. Stjerneledningsnett benyttes gjerne for mindre fjernvarmesystemer og nærvarmeinstallasjoner, mens større systemer benytter ringledningsnett eller en kombinasjonsløsning da dette gir høyest forsyningssikkerhet.

Distribusjonssystemet utgjør en relativt stor andel av de totale kostnadene for et fjernvarmesystem, og lønnsomheten er i stor grad knyttet til varmebehovet i kWh per meter rørledning (linjetettheten). I utbyggingsområder med lavenergiboliger vil det derfor være vanskeligere å oppnå god lønnsomhet enn i områder med eldre boliger.

3.7.3 Undersentraler

I større fjernvarmesystemer benyttes en varmevekslersentral (undersentral, abonnent-sentral) i hver bolig/bygning (*indirekte systemløsning*). I mindre systemer inkl. nærvarmesystemer sirkulerer vannet i hovednettet gjennom varmedistribusjonssystemet (sekundærnettet) hos abonnentene (*direkte systemløsning*), mens oppvarmingen av varmt tappervann skjer via en platevarmeveksler i hver bolig/bygning.

Måling av avgitt varmeeffekt og -energi gjøres for hver bolig/bygning. I boligblokker og leilighetskomplekser bør avregningen alltid beregnes på grunnlag av individuelle målinger hos hver enkelt bruker (abonnent) for å fremme effektiv energibruk.

3.7.4 Mer informasjon

Mer informasjon om oppvarmingsystemer basert på fjernvarme finnes på:

- <http://www.fjernvarme.no/index.html> – Norsk fjernvarmeforening
- <http://www.enova.no/?itemid=125> – Informasjon fra Enova SF
- http://coreweb.nhosp.no/byggemiljo.no/html/files/PhD-avhandling_Marit_Thyholt.pdf – Doktoravhandling ved NTNU (2006)
- <http://www.districtenergy.org> – International District Energy Association



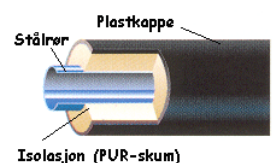
Breivika varmesentral i Tromsø fyres med bioenergi (29 MW)



Skøyen Vest varmesentral har kjoakkvarmepumpe (28 MW)



Vesterveien varmesentral i Kristiansand utnytter spillvarme



Preisolerte fjernvarmerør



Platevarmevekslere for abonnent-sentraler i fjernvarmeanlegg

3.8 ELEKTRISKE OPPVARMINGSSYSTEMER

Elektriske oppvarmingssystemer kan benyttes til romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft, varmtvannsberedning samt kombinert romoppvarming og varmtvannsberedning i et vannbårent varmesystem.

3.8.1 Romoppvarming

3.8.1.1 Elektriske panelovner

Lukkede panelovner er tette og kompakte ovner helt uten luftgjennomstrømming, og leveres som varmepanel og varmelist (smal ovn). Omtrent 50% av varmen avgis som stråling, resten ved konveksjon ved at luft varmes opp og strømmer oppover den varme flaten. Maksimal avgitt effekt for lukkede panelovner ligger mellom 300 og 2000 W. Denne typen ovner har større overflateareal enn gjennomstrømningsovner med samme varmeeffekt, og vil derfor ha en noe lavere overflatetemperatur. Ingen av leverandørene på det norske markedet oppgir maksimal overflatetemperatur for ovnene. Ovnene leveres med ulike former for elektroniske termostater, alt fra enkle innebygde enheter til avansert sentral regulering med egen romtermostat og reguleringsystemer med signaler via strømmettet eller trådløs radioforbindelse. Programmerbare termostater muliggjør dag- og nattsinking av romtemperaturen.

Elektriske varmelister er en spesialversjon av lukkede panelovner, hvor varmelementet består av et rekkekoblet modulsystem montert som en vanlig gulvlist. Avgitt varmeeffekt fra systemet er typisk 150 W per meter varmelist.

I *gjennomstrømningsovner* strømmer luft inn i bunnen av ovnen, varmes opp av varmelementene og strømmer ut gjennom åpninger (rister) øverst på ovnen. I forhold til lukkede panelovner vil en større andel av varmen avgis ved konveksjon, og en får større lufthastighet i rommet.

Lavenergiboliger og passivhus har vinduer med lav U-verdi, og ovnene kan derfor plasseres fritt i boligen uten at dette fører til dårlig termisk komfort (ingen trekk).

3.8.1.2 Elektriske, oljefylte radiatorer

Elektriske oljefylte radiatorer leveres som frittstående enheter eller for veggmontasje, og maksimal effekt ligger mellom 400 og 2000 W. Produsenter for det norske markedet oppgir at maksimal overflatetemperatur er ca. 80°C. Ovnene leveres med trinnvis effektregulering og elektronisk termostat.

3.8.1.3 Elektriske gulv- og takvarmesystemer

Elektrisk varmemefolie er et varmesystem som består av en 0,2 mm tykk strømførende mønstret folie forsterket med for eksempel akryl og polyester. Avgitt varmeeffekt fra folien ligger typisk mellom 40 til 150 W per m². Varmefolie kan brukes både i tregulv og støpte gulv i tørre rom. I tregulv er det krav til bruk av brannsikket materiale under folien. Som toppdekke benyttes flis, parkett, laminatgulv eller gulvbelegg. Elektrisk varmemefolie kan også legges i tak (takvarme). Anleggene styres av/på av en romtermostat. Produsenter av elektrisk varmemefolie gir 10 års garanti på produktene.

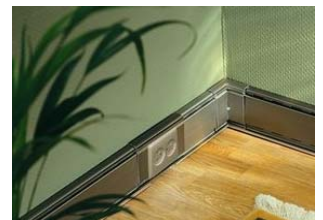
Elektriske varmekabler med 2-leder kabel kan legges i tregulv og støpte gulv samt ute og i rom fuktbelastning. Avgitt varmeeffekt varierer typisk fra 8 til 20 W/m, og avgitt varmeeffekt per m² er bestemt av leggeavstanden. Det finnes også varmekabelmatta med gitt avgitt effekt per m² samt spesielt lavtbyggende gulv der varmekablene legges i aluminiumsprofiler med utfreste spor. Som toppdekke for gulvene benyttes for eksempel flis, parkett, laminatgulv og gulvbelegg. Kravene til brannsikkerhet er som for varmemefolie. Gulvvarmesystemer med elektriske varmekabler reguleres av/på av en romtermostat, eventuelt av en gulvtermostat i badetrom.



Lukket elektrisk panelovn



Elektrisk gjennomstrømningsovn



Elektrisk varmelist



Elektrisk oljefyllt radiator



Elektrisk varmemefolie



Elektriske varmekabler i tregulv

3.8.2 Oppvarming av ventilasjonsluft

En elektrisk for-/ettervarmer brukes til å varme luften før/etter varmegjenvinneren i balanserte ventilasjonsanlegg for å hindre utfrysing eller oppnå ønsket innblåsnings-temperatur (typisk 19–20°C). For større bygg benyttes et elektrisk varmebatteri. Elektriske for-/ettervarmere har termostatstyrt trinnregulering av ytelsen.



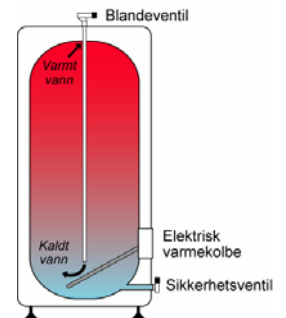
Ventilasjonsaggregat med innebygd elektrisk ettervarmer

3.8.3 Varmtvannsberedning

3.8.3.1 Enkeltmantlede varmtvannstanker med el. varmekolber

Enkeltmantlede varmtvannstanker med elektriske varmekolber for boliger fåes i størrelser fra 40 til 300 liters vannvolum, og installert effekt er typisk 1 til 3 kW. Det lages også ekspressberedere med én varmekolbe plassert øverst og én plassert nederst i tanken for større kapasitet og raskere oppvarming (2+2 til 5+5 kW). For installasjoner i boligblokker og leilighetskomplekser med felles varmtvannssystem benyttes flere seriekoblede varmtvannstanker hvor hver enkelt tank har 250 til 1000 liters vannvolum. Installert effekt for varmekolbene er opp mot 15 kW per tank, eventuelt 15+15 kW for ekspressberedere. Standard varmtvannstemperatur er 75°C.

Enkeltmantlede varmtvannstanker med innebygd rørvarmeveksler (rørkveil) tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem med for eksempel en el.kassett, gasskjel eller pelletskjel i varmesentralen. En elektrisk varmekolbe brukes til ettervarming av varmtvannet eller hvis varmesentralen er ute av drift.

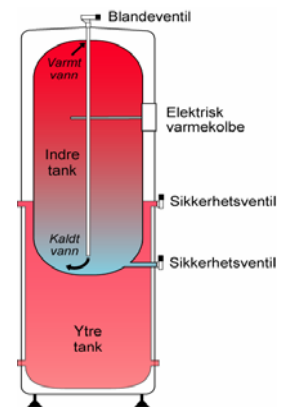


Enkeltmantlet bereder med elektrisk varmekolbe

3.8.4 Romoppvarming og varmtvannsberedning

3.8.4.1 Dobbelmantlede varmtvannstanker med el. varmekolber

Dobbelmantlede varmtvannstanker består av en indre primærtank for varmtvannsberedning, som er sveist sammen med en ytre sekundærtank som tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem for romoppvarming. I tillegg til muffler for tilkobling til varmedistribusjonssystemet, ekspansjonskar og sikkerhetsventiler, har den ytre tanken elektriske varmekolber i nedre del av tanken for oppvarming av vannet. Vannet i den ytre tanken forvarmer også vannet i den indre varmtvannstanken ved at det overføres varme gjennom bunnen/sidene av tanken. Ettervarming av varmtvann gjøres med en elektrisk varmekolbe montert i toppen av varmtvannstanken. Volumet av den indre/ytre tanken kan for eksempel være 200/120 eller 300/120 liter.



Dobbelmantlet varmtvannsbereder med elektriske varmekolber

3.8.4.2 Elektrokjel

El.kassetter og elementkjeler varmer opp vannet ved at det ledes elektrisitet gjennom motstandselementer neddykket i vann (gjennomstrømningsapparater). El.kassetter fås med ytelse fra ca. 1 til 15 kW, mens elementkjeler ligger i effektområdet fra 2 til 6.000 kW. Kjelerne har trinnvis ytelsesregulering.

En elektrodekjel består av elektroder som dykkes ned i vann tilsatt kjemikalier (salt). Kjelsystemet bygges som en indirekte krets der det oppvarmede vannet avgir varme til et vannbårent varmedistribusjonssystem via en platevarmeveksler. Det finnes også systemer der kjelkrets og varmtvannstank er bygget som en integrert enhet. Mindre kjeler for boligformål har på/av-regulering, og finnes i effektområdet fra 5 til 15 kW.



Elektrisk elementkjel

3.8.5 Mer informasjon

Mer informasjon om elektriske oppvarmingssystemer finnes på:

- <http://www.elvarme.org> – Norsk elvarmeforening
- http://www.husogheim.no/1/1_24.html – Elektrisk varme, "Hus og Heim"
- <http://www.enova.no/?itemid=293> – Info om varmestyring (ENOVA SF)

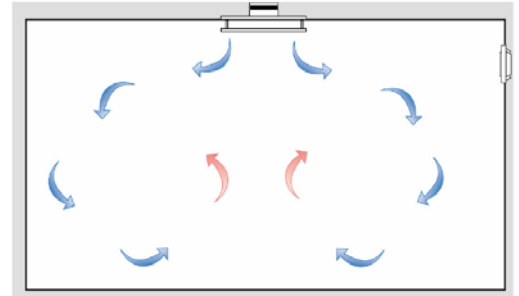


El.kassett med varmekolber

4 VENTILASJONSSYSTEMER

4.1 INTRODUKSJON

Boliger av lavenergi- og passivhusstandard er meget lufttette med svært små luftlekkasjer gjennom bygningskroppen (infiltrasjon og eksfiltrasjon). For å få oppnå tilfredsstillende kvalitet på luften i boligen er det nødvendig med et ventilasjonsanlegg som kan tilføre nødvendig friskluft og fjerne luftforurensninger og fuktighet fra boligen. Lufttilførselen i norske boliger skal være minst 0,5 luftvekslinger per time, dvs. at luften i hvert rom i boligen skal skiftes ut 6 ganger per døgn. Når friskluft tilføres boligen må luften varmes opp fra ute- til innetemperatur. Eksempel – for et ventilasjonsanlegg uten varmegjenvinning vil varmebehovet for å varme opp friskluften (ventilasjonstapet) i en middels stor enebolig i Oslo-klima typisk utgjøre ca. 9.000 kWh/år. Med en årlig virkningsgrad på varmegjenvinneren mellom 60–80% vil dette ventilasjonstapet reduseres til ca. 2.000–3.500 kWh/år (data fra SINTEF Byggforsk).

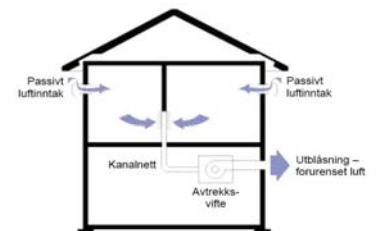


Prinsipp for omrøringsventilasjon i et rom (Systemair)

4.2 AKTUELLE SYSTEMER

4.2.1 Avtrekksventilasjon

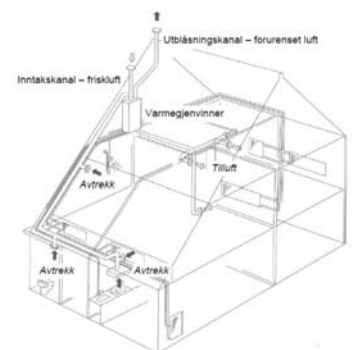
I boliger med avtrekksventilasjon suger en vifte forurenset/fuktig luft ut gjennom egne avtrekkskanaler på kjøkken, bad og våtrom. Det benyttes vanligvis separat avtrekk fra komfyr. Frisk luft strømmer inn gjennom spalteventiler over vinduene eller gjennom spesielle veggventiler. Så lenge uteluft-temperaturen er lavere enn inneluft-temperaturen må luften som strømmer inn i boligen varmes opp til innetemperatur av romoppvarmingssystemet (*ventilasjonstap*).



Prinsipp for avtrekksventilasjon

Ved normal trykkfordeling vil det være undertrykk i nedre del av bygningen og overtrykk i øvre del, og plasseringen av nøytralaksen bestemmes av temperaturredifferansen mellom ute-/inneluften (tetthetsforskjellen), vindforholdene, plassering av ventiler, utettheter i bygningskroppen samt mengden luft som avtrekksanlegget trekker ut av bygningen. Avtrekksventilasjon krever tette hus og relativt stor avtrekksluftmengde (*luftskifte ca. 0,8-1,0 l/t*) for at soverom i andre etasje skal kunne ha tilstrekkelig undertrykk til at ønsket luftmengde kan strømme inn gjennom ventilene.

En ulempe med avtrekksventilasjon er at det ikke skjer noen oppvarming av den friske luften som tilføres boligen. Om vinteren er det derfor fare for trekk når kald luft strømmer inn gjennom ventilene. Sammenliknet med balanserte ventilasjonsanlegg vil avtrekksventilasjon heller ikke gi samme kontroll på tilført luftmengde til de ulike rom i boligen, og vil derfor ikke gi like tilfredsstillende inneklima.



Prinsipp for balansert ventilasjon

Viftene i et avtrekksanlegg har et typisk energibehov på ca. 2 kWh/(m²år). Det tilsvarer 200-400 kWh/år for en 100-200 m² bolig (data fra SINTEF Byggforsk).

Avtrekksventilasjon benyttes ikke i passivhus da det gir for høyt ventilasjonstap, men kan eventuelt benyttes i lavenergiboliger hvis det brukes en *varmepumpe* for varmegjenvinning fra avtrekksluften ([Kapittel 3.4.4.2](#)).

4.2.2 Balansert ventilasjon

I lavenergiboliger og passivhus benyttes vanligvis et balansert ventilasjonssystem, som består av to separate kanalsystemer for henholdsvis tilførsel av friskluft og fjerning av forurenset og fuktig inneluft. Kanalsystemene har hver sin vifte, og ventilasjonsanlegget sørger for ønsket frisklufttilførsel til alle oppholdsrom, med avtrekk fra kjøkken, toalett, bad og andre våtrom.



Ventilasjonsaggregat for balansert ventilasjonsanlegg

Balansert ventilasjon krever at boligen har høy tetthet, ettersom eventuelle luftlekkasjer gjennom bygningskroppen vil komme i tillegg til ventilasjonsluftmengden og øke det totale luftskiftet utover det reelle behovet. Varmen fra avtrekksluften i balanserte ventilasjonsanlegg gjenvinnes ved varmeveksling mellom avtrekksluft og tilluft i en *varmegjenvinner*, ved bruk av en *varmepumpe* eller ved en kombinasjon av disse. Høyest energieffektivitet oppnås når det først gjenvinnes varme fra avtrekksluften i en varmegjenvinner, og at den avkjølte avkastluften etter varmegjenvinneren benyttes som en varmekilde for en ventilasjonsluft-varmepumpe ([Kapittel 3.4.4.2](#)).

Varmegjenvinnere for balanserte ventilasjonsanlegg deles inn i to hovedtyper:

- *Rekuperativ* – varmen overføres ved varmeoverføring gjennom tynne metallvegger som skiller luftstrømmene fra hverandre. Eksempler på denne typen varmevekslere er *kryssvarmeveksler* og *motstrømsvarmeveksler*.
- *Regenerativ* – varmen overføres ved at et varmeakkumulerende materiale vekselvis bringes i kontakt med varm avtrekksluft og kaldere tilluft. Eksempler på varmevekslere er *kammervarmeveksler* og *roterende varmeveksler*.

Temperaturvirkningsgraden for en varmegjenvinner er bestemt av avtrekksluftens avkjølingsgrad og luftmengdene på hver side av varmeveksleren, og vil være 100% når avtrekksluften kjøles helt ned til uteluftens temperatur. *Årsvirkningsgraden* for en varmegjenvinner er lavere enn maksimal temperaturvirkningsgrad, og er gitt av type varmegjenvinner samt temperatur og luftfuktighet for inne- og uteluften over året. Jo lavere årsmiddeltemperatur for uteluften, desto lavere blir årsvirkningsgraden. Platevarmeveksleren har den største forskjellen mellom momentanvirkningsgrad og årsvirkningsgrad pga. tidvis behov for forvarming av tilluften for å unngå frysing.

Tabell 4.1 viser typiske årsvirkningsgrader samt utvalgte praktiske egenskaper for aktuelle varmegjenvinnere for lavenergiboliger og passivhus.

Tabell 4.1 Typiske virkningsgrader og praktiske egenskaper for varmegjenvinnere.

Virkningsgrader – egenskaper	A	B	C
Typisk årsvirkningsgrad i Norge [%]	60-80	75-85	75-85
Lekkasje mellom luftstrømmene	Nei	Ja	Ja
Bevegelige deler	Nei	Ja	Ja
Avrimning nødvendig – kondensavløp	Ja	Nei	Nei
Vedlikehold – relativt	Lavt	Stort	Medium

A – Motstrøms varmeveksler B – Kammervarmeveksler C – Roterende varmeveksler

For standard, balanserte ventilasjonsanlegg i boliger utgjør det årlige elektrisitetsbehovet til vifter i størrelsesorden 8–12 kWh/(m²år), men det kan reduseres til ca. 5–6 kWh/(m²år) ved å utforme systemet med reduserte kanallengder, større rørdimensjoner og mer energieffektive vifter (data fra SINTEF Byggforsk). For en enebolig på 150 m² vil da tilført elektrisk vifteenergi utgjøre hhv. 1200–1800 kWh/år og 750–900 kWh/år. Dette er 2,5–6 ganger høyere enn for systemer med avtrekksventilasjon.

4.2.3 Mer informasjon

For mer informasjon om ventilasjonssystemer og varmegjenvinnere henvises til:

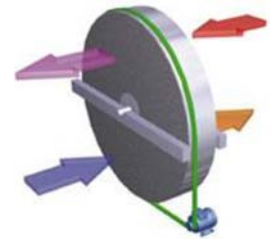
- http://www.enova.no/publikasjonsoversikt/publicationdetails.aspx?publication_ID=239 – *Kjøpsveileder ventilasjon (ENOVA SF)*
- http://www.sintef.no/content/page1_11844.aspx – *Håndbok fra SINTEF*



Motstrøms varmeveksler



Kammervarmeveksler



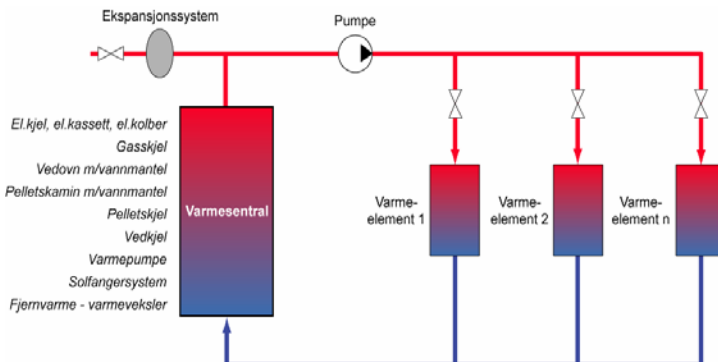
Roterende varmeveksler



Ventilasjonsluft-varmepumpe for boliger med avtrekksventilasjon

5 VANNBÅRNE VARMEANLEGG

Vannbårne varmeanlegg – sentralvarmeanlegg – i enkeltboliger eller fellesanlegg for flermannsboliger, boligblokker og leilighetskomplekser består av en varmeproduserende enhet (varmesentral), et lukket rørsystem med ekspansjonssystem og sirkulasjonspumper for distribusjon av varmt vann samt varmeavgivende elementer (ulike typer varmevekslere) for romoppvarming, beredning av varmt forbruksvann og evt. ettervarming av ventilasjonsluft. Varmeproduserende enheter er presentert i [Kapittel 3](#).



5.1 VARMT TAPPEVANN

For varmtvannsberedning i vannbårne oppvarmingssystemer i boliger benyttes det enten direkte (momentan) oppvarming eller akkumulering av varmt vann i en eller flere tanker. Direkte systemer uten varmtvannstank benyttes kun i boliger som har egen varmeveksler tilkoblet et fjernvarme- eller nærvarmesystem.

5.1.1 Varmtvannstanker

Effektbehovet ved tapping av varmt vann ved håndvask, dusjing eller karbad utgjør typisk 15 til 40 kW. Normalt benyttes alltid en eller flere tanker for å akkumulere varmtvann, ettersom installert effekt for varmesentralen da kan reduseres med minimum 90% i forhold til et direkte system. Varmtvannstanken kan enten være en integrert del av varmesentralen eller monteres som en separat enhet. Tankene isoleres med 40 mm mineralull eller ekstrudert polystyren (EPS) for å redusere varmetapet.

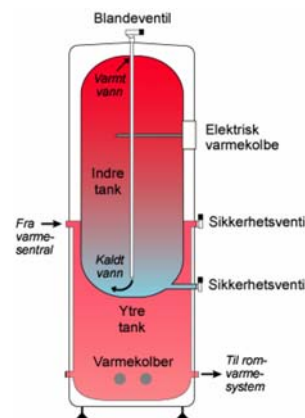
For å unngå vekst av legionellabakterier i varmtvannstanker anbefales en minimum lagringstemperatur på 60–65°C. Jo høyere lagringstemperatur, desto høyere lagringskapasitet for tanken. Vanntemperaturen i varmtvannstanker for varmepumpe- og solfangeranlegg bør imidlertid ikke overskride minimum anbefalt nivå for at varmesentralen skal oppnå høyest mulig energieffektivitet.

Det finnes to hovedtyper av varmtvannstanker for vannbårne varmeanlegg:

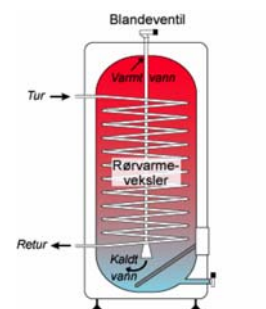
- *Dobbeltmantlet tank* – varmtvannstanken er sveist sammen med en ytre tank som tilkobles et vannbårent varmedistribusjonssystem. Vannet fra varmesentralen forvarmer tappevannet i den indre tanken, mens elektriske varmekolber ettervarmer varmtvann og eventuelt vann til romoppvarmingssystemet. Tanken anbefales ikke brukt til varmepumper i lavenergiboliger/passivhus.
- *Enkeltmantlet tank* – vannet i tanken varmes ved at vann fra varmesentralen sirkulerer i en/flere rørvarmevekslere eller en ekstern varmevekslerkrets. Dette gir mer effektiv varmeoverføring enn ved bruk av en dobbeltmantlet tank.

5.1.2 Rørføring og isolering

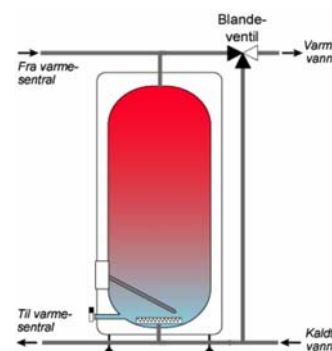
For varmtvannssystemet bør det tilstrebes kortest mulig rørføring ved å plassere tappestedene i størst mulig nærhet til varmtvannstanken. I tillegg bør både varmtvannstanken og varmtvannsrørene være godt isolert. Disse tiltakene vil bidra til å redusere den interne varmelasten i boligen, noe som er spesielt viktig i perioder hvor en allerede har et varmeoverskudd og må foreta utlufting/kryssventilering eller benytte kjøling for å holde romtemperaturen på ønsket nivå. Reduksjon av varmetapet fra varmtvannssystemet er også av stor betydning hvis det brukes en varmepumpe i varmesentralen, ettersom en varmepumpe har lavere energieffektivitet når den produserer varmt forbruksvann enn når den produserer varme til romoppvarming.



Dobbeltmantlet varmtvannstank



Enkeltmantlet varmtvannstank med innebygd rørvarmeveksler

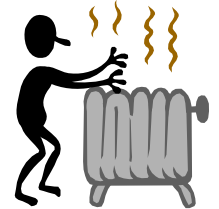


Enkeltmantlet varmtvannstank med ekstern/direkte tilkobling

5.2 ROMOPPVARMING

Når det skal vurderes bruk av vannbårne varmeanlegg i lavenergiboliger og evt. passivhus, er det viktig at det velges *enkle og billige løsninger* slik at investerings- og installasjonskostnadene blir lavest mulig. Det bør i den sammenheng fokuseres på:

- Kortest mulig avstand mellom varmesentral og varmeelementer
- Bruk av enkle løsninger for rørgjennomføring gjennom etasjeskillere/vegger
- Bruk av enkle og hurtige teknikker for rørlegging og rørsammenføyning
- Bruk av billige, prefabrikerte enheter i varmedistribusjonssystemet, f.eks. enheter med pumpe, ekspansjonskar, diverse ventiler og luftutskiller
- Bruk av effektive, enkle og billige elementer for varmeoverføring til rommet som muliggjør lavtemperatur varmedistribusjon (maks. 30-35°C)



Vannbårne varmesystemer for romoppvarming i boliger utføres normalt som torørs-systemer hvor varmeelementene er parallellkoblet, og dermed mottar vann av tilnærmet samme temperatur. I ettrørs-systemer er varmeelementene seriekoblet og vanntemperaturen avtar dermed gradvis på grunn av avkjøling i hvert varmeelement.

Aktuelle varmeavgivende elementer i vannbårne varmeanlegg for romoppvarming i boligbygg er radiatorer, konvektorer, viftekonvektorer, gulvvarmesystemer, veggvarmesystemer, takvarmesystemer og varmelister. Varmebatterier benyttes for ettervarming av tilluft i balanserte ventilasjonsanlegg.

5.2.1 Radiatorer

Oppbygging	<ul style="list-style-type: none"> • Sveiste stålplater – arealet på luft-/vannsiden er like store
Varmeavgivelse	<ul style="list-style-type: none"> • Typisk 40% konveksjon og 60% stråling
Plassering	<ul style="list-style-type: none"> • Fri plassering på vegg pga. vinduer med lav U-verdi • Kun behov for et fåtalls radiatorer per boenhet
Regulering	<ul style="list-style-type: none"> • Utetemperatur-kompensert turvannstemperatur, termostatventiler med evt. programmering for nattsenkning osv. • Relativt rask temperaturrespons pga. lav termisk masse
Dim. temperaturnivå	<ul style="list-style-type: none"> • Typisk 60/40°C eller 50/40°C – høytemperatursystem



Radiator

5.2.2 Viftekonvektorer

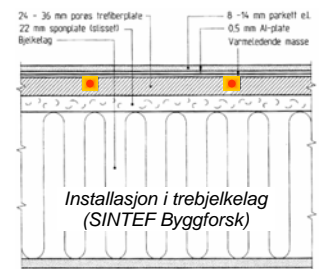
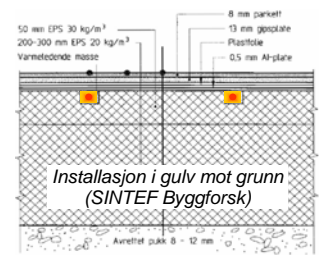
Oppbygging	<ul style="list-style-type: none"> • Vannrør i kobber med aluminiumslameller – stor flate på luftsiden. Termostatstyrt vifte. Kunstfiber-/elektrostatfilter
Varmeavgivelse, eventuell kjøling	<ul style="list-style-type: none"> • Tilnærmet 100% konveksjon (luftvarme) • Evt. 4-rørssystem for alternerende varme- og kjøle drift
Plassering	<ul style="list-style-type: none"> • Fri plassering på gulv/vegg pga. vinduer med lav U-verdi • Én til to enheter per boenhet er tilstrekkelig (pga. vifter) • Krever åpen planløsning for god varmedistribusjon
Regulering	<ul style="list-style-type: none"> • Utetemperatur-kompensert turtemp. Termostatstyring. • Rask temperaturrespons pga. vifte og lav termisk masse
Dim. temperaturnivå	<ul style="list-style-type: none"> • Typisk 50/45°C. 40/35°C gir 35-40% lavere varmeytelse
Viftestøy	<ul style="list-style-type: none"> • 28-40 og 48-54 dBA ved hhv. min. og maks. kapasitet



Viftekonvektorer

5.2.3 Gulvvarmesystemer

Oppbygging	<ul style="list-style-type: none"> Vannrør i plast som støpes inn i betong eller monteres i prefabrikerte isolasjonsplater med utfreste spor og varme-fordelingsplater i aluminium
Varmeavgivelse	<ul style="list-style-type: none"> I meget stor grad strålingsvarme (minimal luftomrøring)
Plassering	<ul style="list-style-type: none"> I trebjelkelag (gulv) og/eller i gulv mot grunnen Hele/deler av gulvflaten kan benyttes til varmeoverføring Oppdeling i separate kurser for hvert rom/deler av boligen
Regulering	<ul style="list-style-type: none"> Utetemperatur-kompensert turtemp. Termostatstyring. Termisk tungt system – treg temperaturrespons (dårlig) Termisk lett system – rask temperaturrespons (bra)
Dim. temperaturnivå	<ul style="list-style-type: none"> Typisk 35/40°C eller 40/35°C. Særdeles viktig å sørge for minst mulig termisk motstand over rørene, riktig rørdeling (CC-avstand) og tilstrekkelig isolasjon under kjellergulv.



5.2.4 Takvarmesystemer

Oppbygging	<ul style="list-style-type: none"> Vannrør i plast, prefabrikerte isolasjonsplater med utfreste spor, alu. varmfordelingsplater og tynne himlingsplater
Varmeavgivelse	<ul style="list-style-type: none"> I meget stor grad strålingsvarme (minimal luftomrøring)
Plassering	<ul style="list-style-type: none"> I trebjelkelag (tak). Gulvvarmesystem på bad og våtrom. Hele/deler av takflaten benyttes til varmeoverføring Oppdeling i separate kurser for hvert rom/deler av boligen
Regulering	<ul style="list-style-type: none"> Utetemperatur-kompensert turtemp. Termostatstyring. Termisk lette systemer. Relativt rask temperaturrespons
Dim. temperaturnivå	<ul style="list-style-type: none"> Maksimalt 30°C for å unngå dårlig termisk komfort



Prototyp takvarmesystem (SINTEF Byggforsk)

5.2.5 Varmelister

Oppbygging	<ul style="list-style-type: none"> Vannrør i kobber med aluminiumslameller og dekklist – ser ut som en vanlig, bred gulvlist
Varmeavgivelse	<ul style="list-style-type: none"> Typisk 60% stråling og 40% konveksjon (temperaturavhengig). Varmeavgivelse ca. 90 W/m og 130 W/m ved henholdsvis 40°C og 50°C midlere vanntemperatur
Plassering	<ul style="list-style-type: none"> Som gulvlist, fortrinnsvis på innervegg eller indre bygningselementer for å redusere transmisjonstap
Regulering	<ul style="list-style-type: none"> Utetemperatur-kompensert turtemp., termostatventiler med evt. programmering for nattsenkning osv. Relativt rask temperaturrespons pga. lav termisk masse
Dim. temperaturnivå	<ul style="list-style-type: none"> Typisk 50/45°C eller 40/35°C



Varmeliste

SINTEF Energiforskning AS
Adresse: 7465 Trondheim
Telefon: 73 59 72 00

SINTEF Energy Research
Address: NO 7465 Trondheim
Phone: + 47 73 59 72 00