

Kompetansekompedium for varmeanlegg 2011

Vannbåren varme og energiomlegging.

Varmesentraler med fornybare energiresurser.



Varenummer: 15009

Ansvarlig for innhold:

Norsk Bioenergiforening

Norske Rørleggerbedrifters Landsforening

Norsk Varmeteknisk Forening

Norsk Varmepumpeforening

Norsk Energi- og Miljøteknisk Forening

Norsk Fjernvarme

Norsk Solenergiforening

Med bidrag fra:

Enova SF

Lavenergiprogrammet

Redaksjonen ble avsluttet: November 2010

For spørsmål: Ring Enova Svarer på 08049,
eller send epost til svarer@enova.no

Innholdsfortegnelse

1. Energi og miljø	6
1.1. Vannbåren oppvarming er viktig	6
1.2. Rammebetingelser – nasjonalt og internasjonalt	6
1.2.1. Staten med krav om energifleksible oppvarmingsystemer	6
1.2.2. Tekniske Byggeforskrifter (TEK).....	6
1.2.3. Energimerkesystemet	7
1.2.4. Klimaforliket i Stortinget i 2008	7
1.2.5. Fornybar energidirektivet - EU-Direktivet.....	7
1.3. Konklusjon	7
2. Effekt- og varmebehovsberegninger	8
2.1. Generelt.....	8
2.2. Teknisk forskrift (TEK) til Plan- og bygningsloven (PBL)	8
2.2.1. Energiltaksmetoden	8
2.2.2. Energirammemetoden	8
2.3. Effektbehovsberegninger.....	9
2.3.1. Transmisjonstap - qt	9
2.3.2. Infiltrasjonsvarmetap.....	13
2.3.3. Ventilasjonsvarmetap.....	13
2.3.4. Spesifikt effektbehov.....	15
2.3.5. Lavenergi- og passivhus.....	15
2.3.6. Effektbehov for oppvarming av tappevann	16
2.4. Varmebehov	16
2.4.1. Beregninger	16
2.4.2. Energibruk etter ulike standarder.....	18
2.4.3. Energibudsjett.....	20
2.4.4. Betegnelser for varmetap	21
2.4.5. Bygningsformens betydning for oppfyllelse av energikravene	22
2.5. Aktuelle standarder og beregningsverktøy	22
2.5.1. NS 3031 - Beregning av bygningers energibehov og energiytelse	22
2.5.2. NS 3940 Areal- og volumberegninger av bygninger.....	24
2.5.3. Beregningsverktøy	24
2.6. Regneeksempel.....	25
2.7. Litteratur:	28
3. Vannbåren varme	29
3.1. Fordeler med vannbåren varme	29
3.1.1. Høy varmekomfort.	29
3.1.2. Sunnere innklima.....	29
3.1.3. Energifleksibilitet og god varmeøkonomi	29
3.1.4. Sikkert og trygt.....	29
3.1.5. Arkitektonisk frihet.....	29
3.1.6. Moderne og fremtidsrettet.....	30
3.2. Ulemper med vannbåren varme	30
3.2.1. Lekkasje fare.....	30
3.2.2. Investering	30
3.3. Oversikt over energiresurser/energibærere	30
3.4. Bioenergi (trepellets, flis, ved og bioolje) til oppvarming	30
3.4.1. Fordeler:.....	30
3.4.2. Ulemper:	31
3.5. Varmepumper (vann/vann og luft/vann)	31
3.5.1. Fordeler:.....	31
3.5.2. Ulemper:	31
3.6. Solenergi	32
3.6.1. Fordeler:.....	32
3.6.2. Ulemper:	32

3.7.	Fjernvarme	32
3.7.1.	Fordeler.....	33
3.7.2.	Ulemper	33
3.8.	Fjernkjøling	33
3.8.1.	Fordeler.....	33
3.8.2.	Ulemper	34
3.9.	Biolje og biogass som erstatning til fossile brensler og el.....	34
3.9.1.	Biofyringsolje.....	34
3.9.2.	Biogass	36
3.10.	Varmeinnhold og virningsgrad for de enkelte energibærerne	37
3.11.	Priser for energi i privatmarkedet.....	37
4.	Bygging og rehabilitering av skorsteiner	38
4.1.	Innledning	38
4.2.	Formaliteter og lover.....	38
4.3.	Monteringsanvisninger	38
4.4.	Isolasjon	39
4.5.	Trekk	39
4.6.	Grunner til at skorsteiner trenger renovering	39
4.7.	Rehabilitering /utskiftning av skorsteinstopp.....	40
4.8.	Spesielle forskrifter for teglskorstein	40
4.9.	Tørre og våte skorsteiner	40
4.10.	Totalrehabilitering med isolering.....	40
4.11.	Totalrehabilitering med luftspalter.....	41
4.12.	Totalrehabilitering av skorsteiner i forbindelse med utskiftning av fyrkjel	41
5.	Biovarme	42
5.1.	Biobrensel	42
5.1.1.	Ved.....	42
5.1.2.	Bark.....	42
5.1.3.	Energiflis	42
5.1.4.	Hogstavfall	43
5.1.5.	Industriflis.....	43
5.1.6.	Returvirke.....	43
5.1.7.	Briketter.....	43
5.1.8.	Pellets	43
5.1.9.	Trepulver.....	44
5.2.	Forbrenningsteori	44
5.3.	Biovarmebasert vannbåren varme.....	44
5.3.1.	Pelletskjel i bygg	44
5.4.	Brenselkvalitet og krav til biobrensel	45
5.5.	Noen egenskaper for enkelte biobrensler	45
5.6.	Standarder for biobrensler.....	45
5.6.1.	Norske standarder	45
5.7.	Biovarme	46
5.8.	Biovarmebasert punktoppvarming	46
5.8.1.	Pellets-kamin.....	46
5.8.2.	Rentbrennende vedovner	47
5.9.	Biovarmebasert sentralvarme, oppstillingsvilkår	47
5.9.1.	Pelletsfyrte fyrkjeler med effekt opp til 60 kW.....	47
5.9.2.	Pelletsfyrte fyrkjeler med effekt over 60 kW	47
5.10.	Kjele og brenner	47
5.10.1.	Pelletskjele og brenner for anlegg under 60 kW.....	48
5.10.2.	Pelletskjele og brenner for anlegg over 60 kW	49
5.11.	Siloer og påfylling	50
5.11.1.	Pelletsilo for anlegg under 60 kW	50
5.11.2.	Pelletsilo for anlegg over 60 kW	51

5.12.	Overføring fra silo til brenner	52
5.12.1.	Anlegg under 60 kW – pneumatisk fremføring av pellets.....	52
5.12.2.	Anlegg over 60 kW - transportskruer	52
5.13.	Aktuelle spisslastmuligheter	53
5.13.1.	Anlegg under 60 kW	53
5.13.2.	Anlegg over 60 kW.....	53
5.14.	Miljømessige utslipp – Støyforhold	53
5.15.	Askehåndtering.....	54
5.16.	Automatikk og styring	54
5.16.1.	Alternerende drift	54
5.16.2.	Modulerende drift.....	54
5.16.3.	Start/stopp eller overgangsdrift.....	55
5.17.	Størrelser, mål og vekt	55
5.18.	Virkningsgrader	56
5.18.1.	Forbrenningsvirkningsgrad	56
5.18.2.	Kjelvirkningsgrad.....	56
5.18.3.	Anleggsvirkningsgrad.....	57
5.19.	Sikkerhetsutstyr	57
5.20.	De vanligste farene og sikkerhetstiltakene	58
5.20.1.	Tilbakebrann	58
5.20.2.	Kjelen mister undertrykk.	58
5.20.3.	Overoppheting.	58
5.20.4.	Brann i fyrrom.	58
5.21.	Driftsforhold og driftsøkonomi.....	58
5.22.	Pellets-kamin med vannsystem	59
5.23.	Tilkobling til varmedistribusjon.....	60
5.23.1.	Anlegg under 60 kW	60
5.23.2.	Anlegg over 60 kW.....	60
5.24.	Leverandører av komponenter og brensel.....	61
5.25.	Spesielle tilpasninger for å fyre med flis	61
5.25.1.	Kjeler og brenner	61
5.25.2.	Lagring av flis – silo	61
5.25.3.	Overføring fra lager til brenner.....	62
5.25.4.	Driftsforhold.....	63
5.25.5.	Leverandører av komponenter	63
5.26.	Vedanlegg	63
5.26.1.	Vedhogst.....	63
5.26.2.	Kløyving av ved.....	63
5.26.3.	Tørking av ved	63
5.26.4.	Om ved – lagring.....	64
5.26.5.	Oppstillingsvilkår – krav til fyrrom	64
5.26.6.	Kjeler - automatikk og styring	64
5.26.7.	Aktuelle spisslastmuligheter	65
5.26.8.	Støyforhold.....	65
5.26.9.	Størrelser, mål og vekt.....	65
5.26.10.	Hydraulisk oppkobling.....	65
5.26.11.	Sikkerhetskrav i installasjonen.....	66
5.26.12.	Bruk av akkumulatortank	66
5.27.	Leverandører av komponenter	67
6.	Varmepumper.....	68
6.1.	Innledning	68
6.1.1.	Ulike anvendelsesområder for varmpumpeteknologi	68
6.1.2.	Bruk av varmpumper i Norge og internasjonalt	69
6.2.	Varmepumper – funksjon og virkemåte	69
6.3.	Arbeidsmedier	70
6.4.	Kompressorer	71
6.4.1.	Stempelkompressoren.....	71

6.4.2.	Skruekompressoren.....	71
6.4.3.	Turbokompressoren.....	72
6.4.4.	Scroll-kompressorer.....	72
6.4.5.	Rullestempel-kompressoren.....	72
6.5.	Varmevekslere.....	72
6.5.1.	Fordampere.....	73
6.5.2.	Kondensatorer.....	74
6.6.	Væskereguleringssystemer.....	74
6.6.1.	Termisk strupeventil.....	75
6.6.2.	Elektronisk strupeventil.....	75
6.7.	Varmepumper – ulike typer.....	75
6.7.1.	Luft/luft varmpumper.....	75
6.7.2.	Luft/vann varmpumper.....	76
6.7.3.	Vann/vann varmpumpe.....	77
6.7.4.	Ventilasjonsvarmpumper og avtrekksvarmpumper.....	78
6.8.	Varmesystemer med varmpumpe.....	79
6.8.1.	Grunnregler ved oppbygging av varmesystem med varmpumpe.....	79
6.8.2.	Prinsipper for oppbygging av varmesystem med varmpumpe.....	80
6.9.	Varmepumper for lavenergi- og passivhus.....	83
7.	Solenergi.....	85
7.1.	Introduksjon til solenergi.....	85
7.1.1.	Solenergiens potensial i verden.....	85
7.1.2.	Solenergi i Norge.....	86
7.1.3.	Utnyttelse av solenergi.....	87
7.2.	Komponenter i et solvarmeanlegg: Solfangere.....	87
7.2.1.	Prinsipp.....	87
7.2.2.	Flate trykksatte solfangere.....	88
7.2.3.	Flate trykløse solfangere.....	89
7.2.4.	Vakuurmørsolfangere.....	89
7.2.5.	Solfangere for bassengoppvarming.....	90
7.2.6.	Virkningsgrad.....	91
7.2.7.	Sertifiseringsmerker for solfangere.....	91
7.3.	Trykksatte solvarmeanlegg, Komponenter.....	92
7.3.1.	Generelle hensyn.....	92
7.3.2.	Trykksatte akkumulatortanker.....	93
7.3.3.	Styring.....	93
7.3.4.	Varmeveksler.....	93
7.3.5.	Pumper.....	93
7.3.6.	Ekspansjonskar.....	94
7.3.7.	Sikkerhetsventiler, manometer, påfyllingsarrangement.....	94
7.3.8.	Rørføring fra paneler til tank.....	94
7.3.9.	Frostvæske.....	95
7.4.	Ikke trykksatte solvarmeanlegg.....	95
7.4.1.	Akkumulatortanken.....	95
7.4.2.	Dreneringssystemet.....	95
7.4.3.	Styresystem for trykløse solvarmeanlegg.....	96
7.5.	Dimensjonering av solvarmeanlegg.....	96
7.5.1.	Soldekningsgrad.....	97
7.5.2.	Planlegging av et anlegg/bygningsrelaterte forhold.....	97
7.5.3.	Enkle beregningsmåter, tommelfingerregler.....	99
7.5.4.	Programvare for dimensjonering av solvarmeanlegg.....	101
7.6.	Prosjektteksempler, trykksatte anlegg.....	103
7.6.1.	Solvarme i enebolig - tappevannsanlegg.....	103
7.6.2.	Solvarme i enebolig - kombinert tappevann/varmesystem.....	105
7.7.	Prosjektteksempler, ikke trykksatte anlegg.....	107
7.8.	Huskelister.....	108
7.8.1.	Kjøpsveileder.....	108
8.	Fjernvarme og nærvarmeanlegg.....	110

8.1.	Generelt.....	110
8.2.	Fjernvarmekonsesjon og tilknytningsplikt	111
8.3.	Varmesentraler	112
8.4.	Distribusjonsnett	113
8.4.1.	Direkte system (=nærvarmesystem).....	114
8.4.2.	Indirekte system.....	114
8.5.	Kundesentraler	115
8.5.1.	Arealbehov.....	115
8.5.2.	Sikring av kundesentral	116
8.5.3.	Vannskader.....	116
8.5.4.	Sikkerhet.....	116
8.5.5.	Illustrasjoner.....	117
8.5.6.	Regulering av energimengde i fjernvarmenett.....	117
8.5.7.	Temperaturregulering	117
8.5.8.	Mengderegulering	118
8.6.	Lavenergibygg	118
8.7.	Referanser.....	118
9.	Varmesentraler – kombinasjonsløsninger	119
9.1.	Byggets effektbehov	119
9.2.	Bygningens geografiske beliggenhet må vurderes	119
9.2.1.	Ved bioanlegg må det vurderes mulige løsningsforslag på følgende viktige temaer:	119
9.2.2.	Akkumulatortank	119
10.	Varmedistribusjon i boliger og yrkesbygg	146
10.1.	Generelt.....	146
10.2.	Varmeavgivere og varmevekslere	146
10.2.1.	Gulvarme (PRENØK 6.3 og 6.4).....	146
10.2.2.	Veggvarme og innebygde varmelister	148
10.2.3.	Radiatorer (PRENØK 6.0, 6.1 og 6.2)	150
10.2.4.	Viftekonvektorer og luftvifter	151
10.2.5.	Varmevekslere	151
10.2.6.	Ventilasjonsanlegget – varmegjenvinning og varmebatterier	152
10.3.	Rørsystemet	152
10.3.1.	Tradisjonelt torørssystem	152
10.3.2.	Torørs fordelingssystem	153
10.3.3.	Etrørsanlegg	153
10.3.4.	Dimensjonering av varmerør	155
10.3.5.	Fordelerskap	156
10.4.	Ekspansjonsanlegg og sikkerhetsventiler	157
10.4.1.	Åpent system (PRENØK 4.5)	157
10.4.2.	Lukket system (PRENØK 4.6)	157
10.4.3.	Sikkerhetsventiler (PRENØK 5.16, 5.17 og 5.18).....	157
10.5.	Pumper (PRENØK 5.12 og 5.13).....	157
10.6.	Utluftere (PRENØK 5.11)	157
10.7.	Filtere (PRENØK 5.10)	157
10.8.	Ventiler (Varmenormen 4.1)	157
10.8.1.	Stengeventiler	157
10.8.2.	Tilbakeslagsventiler	158
10.8.3.	Uttappingsventiler	158
10.8.4.	Sikkerhetsventiler.....	158
10.8.5.	Vekselventiler.....	158
10.8.6.	Reguleringsventiler	158
10.8.7.	Strupeventiler.....	158
10.9.	Innjustering, styring og regulering (PRENØK 5.0 og 5.1. Varmenormen 5.1.)...	158
10.10.	Vannbehandling (PRENØK 5.9)	160
10.11.	Isolering (PRENØK 5.14)	160
11.	Stikkordsregister	162

1. Energi og miljø

Forurensningen av atmosfæren stopper ikke ved nasjonale grenser. Verden står overfor en global utfordring. Derfor er det viktig å vurdere energi- og miljøtiltakene i et videre perspektiv enn å se isolert på nasjonale utslippskvoter.

1.1. Vannbåren oppvarming er viktig

Vannbårne oppvarmingsløsninger er ytterst viktig for å kunne legge om fra fossile brensler og elektrisitet til fornybare energiresurser, samt for å gi økt fleksibilitet knyttet til forsyningsikkerhet. I tillegg vil brukerne/byggherrene kunne bli mindre utsatt for store svingninger i energiprisene. Økt kompetanse innen slike vannbårne oppvarmingssystemer vil kunne bidra til at kostnadene i.f.m investering i og drift av slike anlegg kan reduseres. Dette er spesielt viktig når utviklingen går i retning av at bygg har mindre energibehov.

Å påvirke det norske markedet slik at stadig flere velger varmeløsninger, som åpner for å kunne nyttiggjøre ulike energikilder, vil derfor være en av de store utfordringene vi står overfor. Dette gjelder både rehabiliteringsprosjekter og nybygg. Her vil fagfolk, som er involvert i de ulike prosjekter innen boliger og yrkesbygg, ha en viktig oppgave.

1.2. Rammebetingelser – nasjonalt og internasjonalt

Det er fokus på miljø, så vel nasjonalt som internasjonalt. I det etterfølgende er opplistet de viktigste rammebetingelser og avtaler, som vil være med på å styre utviklingen, både i Norge og i resten av verden.

1.2.1. Staten med krav om energifleksible oppvarmingssystemer

Ved kongelig resolusjon av 14. september 1998 er det bestemt at alle nybygg og tilbygg over 1 000 m², som oppføres av Staten, eller som bygges av private for utleie til Staten, skal ha energifleksible oppvarmingssystemer.

Energifleksibilitet i bygninger defineres som muligheten til å utnytte flere energikilder til romoppvarming, ventilasjon og varmt tappevann. Dette kan i praksis kun oppnås ved vannbårne oppvarmingssystemer.

Omfattende og gjennomgripende ombygging og rehabilitering i eksisterende statlig bygningsmasse omfattes som hovedregel også av kravet om installasjon av energifleksible oppvarmingssystemer.

I 2006 ble denne bestemmelsen utvidet til å omfatte:

- Alle offentlige bygg.
- Alle rehabiliteringer i alle offentlige bygg større enn 500 m².

1.2.2. Tekniske Byggeforskrifter (TEK)

En ny versjon av TEK er gjort gjeldende f.o.m. 1. juli 2010. Kravene til nye bygninger bygget etter denne dato er:

- Det er ikke tillatt å installere oljekjel for fossilt brensel til grunnlast.
- Totalt forbruk av energi til oppvarming, varmt tappevann og ventilasjon i bygg større enn 500 m² skal dekkes ved minimum 60 % fornybare energiresurser (annet enn fossilt brensel og elektrisitet).
- Totalt forbruk av energi til oppvarming, varmt tappevann og ventilasjon i bygg mindre enn 500 m² skal dekkes ved minimum 40 % fornybare energiresurser (annet enn fossilt brensel og elektrisitet).

- Bygg med energiforbruk til oppvarming, varmt tappevann og ventilasjon på under 15 000 kWh pr. år skal ha skorstein. Bygget skal ha ildsted for biobrensel (eksempelvis vedovn og/eller pelletskamin).
- Bygg under 50 m² gjelder ingen begrensninger for hvorledes energiforbruket dekkes inn.
- Alle varmesentraler med størrelse over 20 kW skal kontrolleres hvert fjerde år, mens alle med størrelse over 100 kW skal kontrolleres hvert andre år. Dette er viktig for alle de ca. 110 000 aktive oljekjeler i Norge, som alle er større enn 20 kW.

1.2.3. Energimerkesystemet

F.o.m. 1. juli 2010 skal alle boliger og yrkesbygg, som skal selges eller leies ut, ha en energiattest. Denne energiattesten består av et energimerke, som viser bygningens energistandard. Målet er å øke bevisstheten om energibruk og løsninger, som kan gjøre boligen eller bygningen mer energieffektiv.

Energimerkingen skjer på internett ved at byggherren legger inn opplysninger om boligen eller yrkesbygget i en selvangivelse. Energiattest for yrkesbygg skal lages av en ekspert.

1.2.4. Klimaforliket i Stortinget i 2008

Ifølge Klimaforliket, som ble vedtatt på Stortinget i 2008 er følgende reguleringer varslet:

- Forbud mot installering av oljekjeler i nye bygninger.
- Forbud mot erstatning av gamle oljekjeler med nye i bestående bygg.
- Krav om fleksible energisystemer i nye og hovedombygde offentlige bygg over 500 m².
- Det skal arbeides for å sikre at det ikke legges om fra fyringsolje til elektrisitet ved utskiftning av oljekjel i bestående bygg.

1.2.5. Fornybar energidirektivet - EU-Direktivet

EU-Direktivet har som mål å etablere et felles rammeverk for å fremme fornybare energikilder. Hver medlemsstat skal bidra til å oppfylle sine mål for andel fornybar energi innen 2020 slik at det bidrar til å nå EU-målet om en andel på 20 % i 2020. Medlemslandene skal ta de skritt som trengs for at fornybarandelen oppfylles, og kan selv velge å benytte nasjonale støttesystemer og ulike samarbeidsmekanismer. Medlemslandene skal sette opp handlingsplaner for arbeidet med fornybar energi, som inkluderer områdene i direktivet:

- Elektrisitet.
- Oppvarming og avkjøling.
- Transport.

Handlingsplanene skal være Kommisjonen i hende innen 30. Juni 2010. EU-Direktivet skal gjennomføres i EU fra 5. desember 2010.

1.3. Konklusjon

Å påvirke det norske oppvarmingsmarkedet slik at stadig flere velger varmeløsninger, som åpner for å kunne nyttiggjøre ulike fornybare energiresurser, vil være en av de store utfordringene vi står overfor i de kommende 15-20 årene. Dette gjelder både nybygg og rehabiliteringsprosjekter. Her vil fagfolk, som er involvert i de ulike prosjekter innen boliger og yrkesbygg, ha en viktig oppgave.

2. Effekt- og varmebehovsberegninger

Selv om moderne hus har svært små oppvarmingsbehov og slagordet ”Den mest miljøvennlige energien er den som ikke blir brukt” er høyaktuelt, vil det fortsatt være behov for tilførsel av energi til byggene våre. Tilførselen av energi må bygge på beregninger av effekt- og energibehov. Viktigere enn noen gang er at beregningene gjøres så nøyaktige som mulig.

2.1. Generelt

Målet med modulen er at å kunne beregne effekt- og energibehov for rom og bygg. Effektbehovsberegningene skal danne grunnlag for:

- Rett uttak av varmelegemer
- Størrelsen på byggets energitilførsel
- Aktuelle tiltak for energisparing

Modulen bygger på basis fagkunnskaper i vannbåren varme. Avsnittet skiller ikke mellom dem som prosjekterer og dem som utfører. Det vil bli opp til den enkelte å sette seg inn i den delen av stoffet som er aktuelt for de arbeidsoppgaver vedkommende har.

Energiberegningene foretas for å sikre at riktige tiltak blir satt i verk for å oppnå et så lavt energibruk som mulig. Dette skal bidra til å nå den overordnede målsettingen om lavt energibehov og miljøriktig energiforsyning ved å:

- Øke forsyningssikkerhet av energi og redusere avhengighet av elektrisk kraft
- Redusere utslipp av klimagasser
- Gi god driftsøkonomi for bruker/eier av bygget

For å kunne forstå beregningene, er det på slutten av kapitlet vist eksempler og utregningsskjemaer basert på et bolighus bygget på 1980-tallet. I eksemplene er vist forskjeller i effektbehov og energibruk for eldre og nye hus, bygd før og etter kravene i TEK-2007. I lærebøker og oppslagsverk benyttes mange ulike symboler og bokstaver i formlene. Her benyttes symboler og enheter fra NS 3031 (se avsnitt 2.3) som er standarden for beregning av bygningers energibehov og energiytelse.

2.2. Teknisk forskrift (TEK) til Plan- og bygningsloven (PBL)

Endring av Teknisk forskrift (TEK) til Plan- og bygningsloven fra 2007 har som målsetting å redusere energibehovet i nye bygg med gjennomsnittlig 25 %. TEK skiller mellom to ulike måter for beregninger, energitiltaksmetoden og energirammemetoden.

2.2.1. Energiltaksmetoden

Metoden innebærer å tilfredsstille en liste med krav, som U-verdier, lufttetthet, temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg, osv. En viss grad av omfordeling mellom disse kravnivåene er tillatt.

2.2.2. Energirammemetoden

Metoden forutsetter at det foretas energiberegninger etter gitte regler. Beregnet energibehov skal ikke overstige rammer gitt i forskriften. TEK har strenge og spesifikke krav til energibruk og energieffektivitet:

§ 8-2. Energikrav

Byggverk skal utføres slik at det fremmer lavt energibehov. Byggverk skal lokaliseres, plasseres og/eller utformes med hensyn til energieffektivitet, avhengig av lokale forhold.

§ 8-21. Krav til energieffektivitet

Bygning skal være så energieffektiv at den enten tilfredsstiller de krav som er angitt til energiltak eller kravene til samlet netto energibehov (rammekrav). Angitte minstekrav skal ikke overskrides. For beregning av bruksareal (BRA) legges definisjonene i NS 3940 til grunn.

For helårsbolig med laftet yttervegg, fritidsbolig under 150 m² BRA og fritidsbolig med laftede yttervegger gjelder spesielle regler. For fritidsbolig under 50 m² BRA gjelder ikke § 8-21.

Energiltak i bygning skal tilfredsstille følgende nivå:

- Samlet glass-, vindus- og dørareal skal maksimalt være 20% av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA)
- U-verdi yttervegg: 0,18 W/m² K.
- U-verdi tak: 0,13 W/m² K.
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m² K.
- U-verdi glass/vinduer/dører: 1,2 W/m² K. som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme.
- Normalisert kuldebroverdi skal ikke overstige 0,03 W/m² K for småhus og 0,06 W/m² °C for øvrige bygg, der m² angis i oppvarmet BRA.
- Lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell:
 - Generelt: 1,5 luftvekslinger pr. time.
 - Småhus: 2,5 luftvekslinger pr. time.
- Midlere årstemperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg: 70%.
- Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg, SFP-faktor (specific fan power):
 - Næringsbygg 2/1 kW/m³ s (dag/natt)
 - Bolig 2,5 kW/m³ s (hele døgnet).
- Automatisk utvendig solskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokalkjøling.
- Natt- og helgesenking av innetemperatur til 19 °C for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt, dag og helgedrift. Idrettsbygg skal ha natt- og helgesenking av innetemperatur til 17 °C.

Det er tillatt å fravike et eller flere av energiltakene, dersom kompenserende tiltak gjør at bygningens energibehov ikke økes.

2.3. Effektbehovsberegninger

Effektbehovet bestemmes av tre varmetap i bygget:

- Transmisjonstap - gjennomgang av varme i bygningskroppen)
- Infiltrasjonstap - gjennomgang av varme som ukontrollerte luftlekkasjer
- Ventilasjonstap - oppvarming av kontrollert luftskifting i rommene

Beregningene utføres med egnet dataverktøy og spesielle programmer. I våre eksempler er benyttet standard regneark.

2.3.1. Transmisjonstap - qt

Transmisjonstapet qt i W er produktet av arealet av avkjølingsflaten A i m², varmegjennomgangstallet U i W/m² °C og differansen mellom inne- og utetemperaturen (θi – θu) i °C:

$$qt = A * U * (\theta_i - \theta_u)$$

Areal - A

Ulike standarder opererer med ulike måter å regne arealet på. Noen bruker utvendige mål, andre innvendige eller midtmål for vegger, tak og golv. Vi bruker her midtmål som referanseakser. Arealet av vinduer og dører er lik produktet av ytre karmsmål.

U-verdier - U

U-verdiene varierer fra bygningsdel til bygningsdel.
Stor U-verdi betyr dårlig isolert bygningsdel.

Teknisk forskrift, TEK, stiller som nevnt, minstekrav for U-verdier, se tabellen. Her er også vist eksempler på bygningsdeler med U-verdier som ble benyttet for hus bygd på 1970- og 80-tallet og som når er modne for rehabilitering eller restaurering.

Bygningsdel	Minstekrav TEK 2007 U-verdi	Tilsvarende ca isolasjonstykkelse	Typiske U-verdier på 70/-80-tallet i W/ m ² °C	Tilsvarende ca isolasjonstykkelse
Yttervegg	0,18	25 cm	0,25	15 cm
			0,40	10 cm
			0,40	25 cm leca-vegg m/5 cm isolasjon
			1,00	Uisolert 20 cm leca-vegg
			0,30	20 cm leca-vegg m/10 cm isolasjon
			0,25	25 cm leca-vegg m/10 cm isolasjon+tegl
Tak og bjelkelag	0,13	30-35 cm	0,20	20 cm
			0,25	15 cm
Golv på grunn	0,15	20-30 cm	0,40	10 cm
Vinduer og ytterdører	1,2	3 lags isolerrute eller tilsv.	1,9	Db. vindu isolerglass
			2,2	Vindu fra før 1970
Balkongdører			2,9	
Innervegg isolert			0,90	7,5 cm
Innervegg isolert			0,55	10 cm
Innerdør	2,9		2,9	
20 cm uisolert betong			1,4	

U-verdiene er avhengig av hvordan konstruksjonen er bygd opp. Eksempler fra NBI-blad G471.01 for yttervegg med bindingsverk og tretak mot kaldt loft:

Beregnet U-verdi i W/m ² K for yttervegg med bindingsverk av tre					
Nominell isolasjonstykke, d mm	Stenderdimensjon** mm	Med vindsperre av 12 mm porøse trefiberplater		Med vindsperre av papp, gipsplater eller tilsv.	
		Mineralull klasse		Mineralull klasse	
		36	39	36	39
75	36 × 73	0,42	0,44	0,46	0,49
	48 × 73	0,43	0,45	0,48	0,50
100	36 × 98	0,34	0,36	0,37	0,39
	48 × 98	0,35	0,37	0,38	0,40
125	36 × 123	0,29	0,30	0,31	0,32
	48 × 123	0,30	0,31	0,32	0,33
150	36 × 148	0,25	0,26	0,26	0,28
	48 × 148	0,26	0,27	0,27	0,29
175	36 × 173	0,22	0,23	0,23	0,25
	48 × 173	0,23	0,24	0,24	0,25
200	36 × 198	0,20	0,21	0,21	0,22
	48 × 198	0,21	0,22	0,22	0,23

* De beregnede U-verdiene gjelder også for vegg med 1/2-steins skallmur av tegl.

** Gjelder også for smalere stendere pluss horisontal utføring på en eller to sider til en samlet isolasjonstykke som angitt.

Beregnet U-verdi i W/m ² K for tretak med kaldt loft*			
Nominell isolasjonstykke, d mm	Undergurt- eller bjelke- dimensjon mm	Mineralull klasse***	
		36	39
100	48 × 98**	0,34	0,36
	48 × 123**	0,28	0,29
125	48 × 98	0,29	0,30
	48 × 148**	0,24	0,25
150	48 × 98	0,25	0,26
	48 × 148**	0,21	0,22
175	48 × 148	0,22	0,23
	48 × 173**	0,22	0,23
200	48 × 98	0,18	0,20
	48 × 148	0,19	0,20
225	48 × 198**	0,20	0,21
	48 × 98	0,17	0,18
250	48 × 148	0,17	0,18
	48 × 223	0,18	0,19
275	48 × 98	0,15	0,16
	48 × 148	0,16	0,17
300	48 × 246	0,17	0,18
	48 × 98	0,14	0,15
275	48 × 148	0,14	0,15
	48 × 271	0,16	0,16
300	48 × 98	0,13	0,14
	48 × 148	0,13	0,14
	48 × 296	0,14	0,15

Vektet U-verdi - Utot

En vegg kan bestå av elementer med ulike U-verdier. Ved utregningen av effekttapet må enten hvert element regnes for seg selv, eller man kan bruke en såkalt vektet U-verdi. Den fremkommer ved at man summerer produktet U*A for hvert element og deler på totalt veggareal. Bruk av vektete U-verdier benyttes spesielt i dataprogrammer som krever det.

Vektet U-verdi:

$$U_{tot} = \frac{\sum(U_{del} \cdot A_{del})}{A_{tot}}$$

Eksempel:

En yttervegg består av 20 m² isolert bindingsverk med U-verdi = 0,18 og 30 m² isolert leca-mur med U-verdi = 0,25.

Vektet U-verdi: $U_{tot} = (20 \cdot 0,18 + 30 \cdot 0,25) / 50 = 0,22$.

Utetemperaturer - θ_u (DUT) beregnes etter dimensjonerende utetemperatur DUT som varierer fra sted til sted. Her er vist en tabell for DUT på noen utvalgte steder i landet.

Østlandet	DUT	Sørlandet	DUT	Vestlandet	DUT	Nord-Norge	DUT
Dombås	-26	Grimstad	-18	Bergen	-10	Bardufoss	-29
Geilo	-26	Klepp	-15	Kristiansund	-9	Fauske	-19
Gvarv	-27	Mandal	-19	Lærdal	-16	Karasjok	-42
Kongsberg	-23	Kristiansand	-20	Molde	-16	Kautokeino	-37
Lillehammer	-25	Stavanger	-9	Voss	-23	Kirkenes	-30
Oslo	-21			Ålesund	-10	Mo i Rana	-20
Rygge	-22					Narvik	-15
Røros	-40					Svolvær	-9
Trondheim	-19						

Temperaturen i grunnen bak yttervegg og under kjellergulv settes til 5 °C.

Temperaturen på kalde loft settes lik DUT.

Innetemperaturen – θ_i settes til 22 °C i stue, 20 °C i oppholdsrom og 25 °C i bad.

Temperaturen i kontorer, skoler og forretningsbygg settes normalt til 20 °C.

Eksempel på transmisjonsberegning.

Beregning av transmisjonstapet for en yttervegg i stue med midtmål 6 x 2,8 m og med vindu på 1,2 x 1,2 m. DUT = -21 °C.

Bygningsdel	Dim	Areal A	U-verdi	Tempdiff.	Effektbehov qt
Vindu	1,2 x 1,2	1,44	1,2	43	75
Y-vegg	6 x 2,8 – 1,44	15,36	0,18	43	119
Sum					194 W

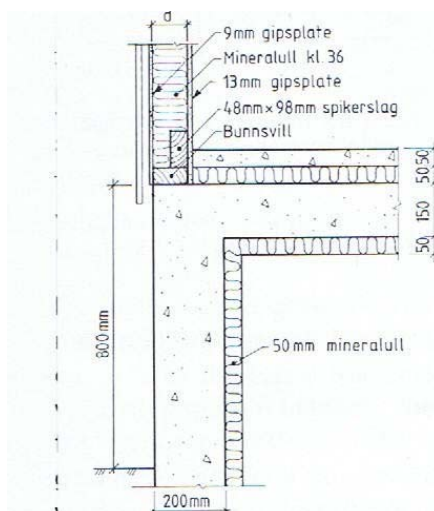
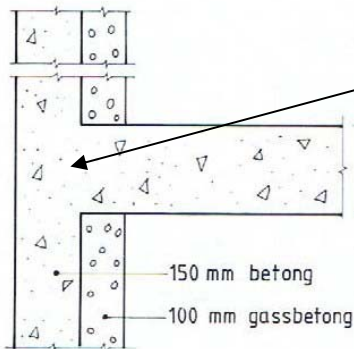
Det foretas også transmisjonstapsberegninger mellom rom med ulike temperaturer.

Kuldebroer - Ψ

Et spesielt transmisjonstap er tap over kuldebroer i konstruksjonen. En kuldebro er en del av en bygningskonstruksjon som har dårligere varmeisolasjon enn resten av konstruksjonen. Som regel dreier det seg om bygningsmaterialer som betong, tegl og jern. Kuldebroer medfører økt energitap, kondens, temperaturspenninger og trekk. Tidligere omfattet U-verdiene kuldebrotapet, men etter TEK2007 angis en normalisert kuldebroverdi pr. kvadratmeter oppvarmet areal. Verdiene varierer iflg NS 3031 fra $\Psi = 0,05$ for trehus til 0,09 og 0,12 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ for betongbygg. Iflg TEK fra 2007 skal kuldebroverdien ikke overstige 0,03 $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ for småhus og 0,06 for andre bygg.. Dersom den normaliserte verdien ikke kan dokumenteres, skal det benyttes verdier etter NS 3031.

$$q_{kb} = A \cdot \Psi \cdot (\theta_i - \theta_u) \text{ W}$$

Typisk kuldebro NBI G 471.015



Eksempel på isolering mot kuldebro

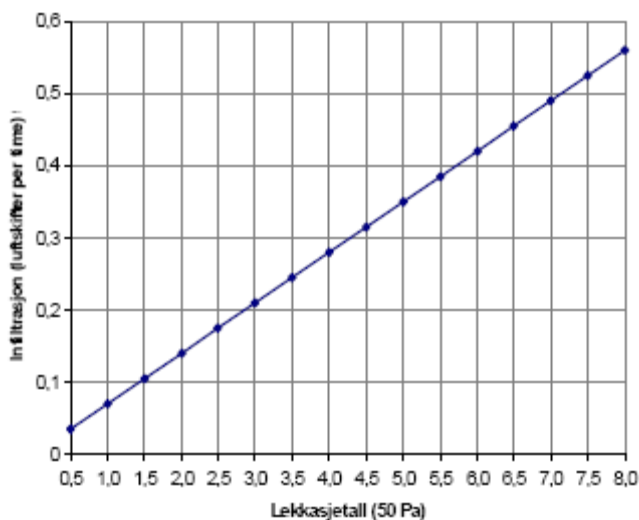
Eksempel:

En enbolig i Oslo har et oppvarmet areal på 200 m². Iflg NS 3031 er den normaliserte kuldebroverdien for små trehus lik $\Psi = 0,05 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.
Effektbehov for å dekke tapet over kuldebroene:

$$q_{kb} = A * \Psi * (\theta_i - \theta_u) = 200 * 0,05 * (20 - (-21)) = 410 \text{ W}$$

2.3.2. Infiltrasjonsvarmetap

Beregning av infiltrasjonsvarmetapet gjøres på bakgrunn av verdier for luftskifter pr. time. Verdiene hentes ut fra diagrammet som angir lekkasjetall og luftskifter for hus med balansert ventilasjon:



Lekkasjetallet skal være mindre enn 2,5 luftvekslinger pr. time for småhus. Av diagrammet ser vi at dette tilsvarer en infiltrasjon, n_{inf} , på 0,18 luftskift pr. time. Vi pleier å regne med $n=0,2$ i vanlige innlandsstrøk og opp til $n_{inf}=0,5$ for utsatte kyst- og høvfjellsstrøk.

Effektbehovet for å dekke infiltrasjonstapet:

$$q_{inf} = 0,33 * n_{inf} * V * (\theta_i - \theta_u) \text{ W}$$

0,33 er spesifikkvarmekapasitet for luft, angis i $\text{Wh/m}^3\text{K}$
hvor V er oppvarmet luftvolum i m^3 .

Eksempel:

Stua i Oslo er på 30 m² med netto takhøyde 2,4 meter. Effektbehov for å dekke infiltrasjonstapet:
 $q_{inf} = 0,33 * 0,2 * 30 * 2,4 * (22 - (-21)) = 204 \text{ W}$

2.3.3. Ventilasjonsvarmetap

Med ventilasjon menes den kontrollerte luftmengden som skiftes ut i rom/bygg. Bolighus har som regel hatt naturlig ventilasjon. Det vil si at luften skiftes ut gjennom ventiler/kanaler i vegger og tak. Varm luft er lettere enn kald luft. Det oppstår derfor en naturlig sirkulasjon av luften gjennom rommene. Fra kjøkkenet er det som regel mekanisk avtrekk. Det vil si at en vifte sørger for å øke luftsirkulasjonen. Det er også blitt vanlig å ha avtrekksvifte i våtrommene. For å tilfredsstille de nye kravene til tetthet og energitap, er det nødvendig med balanserte ventilasjonsanlegg med gjenvinnere. Det vil si at luften trekkes av og tilføres rommet via et aggregat. Luftmengden fra avtrekket tilsvarer omtrent den tilførte luftmengden. Derfor kaller vi anleggene for balanserte. Varmen i avtrekksluften tas vare på i en gjenvinner og blander seg med frisk luft som tilføres rommet.

Varmegjenvinnerne har forskjellig virkningsgrad, η , som angis i % eller som et tall mellom 0 og 1. Varmegjenvinneren skal ha en virkningsgrad på minst 70 % (0,7) i henhold til teknisk forskrift. Effektiv varmegjenvinning er et tiltak som bidrar vesentlig til redusert varmebehov. Det er også viktig å prosjektere ventilasjonsanlegg med lavt energibehov for vifter. I moderne boliger bør SFP være lavere enn $2,0 \text{ kW/m}^3\text{s}$. SFP står for specific fan power. Tallet uttrykker hvor stor vifteeffekt i kW som er nødvendig for å sirkulere 1 m^3 luft pr. sekund i anlegget. Det kan også uttrykkes i W pr. m^3 pr. time. Omregningen er: $\text{SFP i W/m}^3\text{h} = \text{kW/m}^3\text{s}/3,6$.

Eksempel:

$$\text{SFP} = 2,0 \text{ kW/m}^3\text{s} = 2,0/3,6 = 0,56 \text{ W/m}^3\text{h}.$$

For å sikre tilfredsstillende kvalitet på inneluften i boligen bør rommene ha ventilasjon som sikrer 0,5 luftvekslinger pr. time selv når rommene eller boligen ikke er i bruk.

Ventilasjonsvarmetapet beregnes etter:

$$q_v = 0,33 \cdot V_{\text{ven}}(\theta_i - \theta_u)(1-\eta) \text{ W (der } \eta \text{ er angitt som tall)}$$

eller

$$q_v = 0,33 \cdot V_{\text{ven}}(\theta_i - \theta_u)(1-\eta/100) \text{ W (der } \eta \text{ er angitt som prosent)}$$

der V_{ven} er ventilasjonsluftmengde pr. time – m^3/h

Eksempel

Et boligbygg har et oppvarmet bruksareal på 250 m^2 , takhøyden er 2,4 meter. Innetemperatur er $20 \text{ }^\circ\text{C}$ og DUT er $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Antall luftvekslinger pr. time settes til 0,5 og varmegjenvinnerens virkningsgrad er 70 %.

Effektbehovet for å dekke ventilasjonstapet:

$$q_v = 0,33 \cdot 250 \cdot 2,4 \cdot 0,5(20 - (-20))(1-0,7) \text{ W} = 1188 \text{ W}$$

I tillegg til kravet om minimum 0,5 luftvekslinger pr. time, er det spesifikke krav til avtrekk fra bad, vaskerom, toalett og kjøkken:

Rom	Normal drift m^3/h	Forsert drift m^3/h
Kjøkken	36	108
Bad	54	108
Toalett	36	36
Vaskerom/tørkerom	36	72

Dette gjør at kravet til luftskifting for noen hus vil bli større enn 0,5 pr. time.

Nedenfor er vist en tabell for krav til avtrekk og dermed reelle luftskifter for leiligheter:

Leilighetens volum m^3	Luftmengde ved 0,5 uftskift/h m^3/h	Krav til avtrekk m^3/h	Reelt luftskifte m^3/h	Inneholder
78	39	90	1,15	Kjøkken-bad
104	52	90	0,87	Kjøkken-bad
130	65	90	0,69	Kjøkken-bad
156	78	90	0,58	Kjøkken-bad
182	91	90	0,50	Kjøkken-bad
208	104	126	0,61	Kjøkken-bad-vaskerom
234	117	126	0,54	Kjøkken-bad-vaskerom
260	130	126	0,50	Kjøkken-bad-vaskerom

Tabellen tar ikke hensyn til forsering. For å dekke forsert drift bør det tillegges 0,05 luftskifte pr. time. I små leiligheter bør det installeres automatikk eller en bryter som gjør at luftskiftet kan senkes til 0,5 når det ikke er personer i leiligheten.

For å lette utregningene kan du bruke den viste tabellen for beregning av effektbehov for oppvarming av 1000 m³/h friskluft ved ulike temperaturer og virkningsgrader for gjenvinneren:

Virkningsgrad	Forskjell mellom innetemperatur og dimensjonerende utetemperatur DUT °C								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
varmegj.vinner									
0 %	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	15,0	16,7	18,3	20,0
10 %	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0
20 %	5,3	6,7	8,0	9,3	10,7	12,0	13,3	14,7	16,0
30 %	4,7	5,8	7,0	8,2	9,3	10,5	11,7	12,8	14,0
40 %	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
50 %	3,3	4,2	5,0	5,8	6,7	7,5	8,3	9,2	10,0
60 %	2,7	3,3	4,0	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0
70 %	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
80 %	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0
90 %	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0

Effektbehov i kWh for å varme opp 1000 m³/h med friskluft

2.3.4. Spesifikt effektbehov

Dimensjonerende effektbehov kan stipleres og kontrollregnes etter nøkkeltall for effekt pr. kvadratmeter oppvarmet areal. Noen eksempler med tilnærmede verdier som dekker transmisjons-, infiltrasjons- og ventilasjonstapet:

Sted	Enebolig W/m ²	Boligblokk W/m ²
Oslo	40	35
Bergen	30	25
Trondheim	35	30
Karasjok	55	45

Nattsinking av temperaturen med et par grader, vil redusere det årlige energiforbruket med ca 4 %, men krever en ekstra effekt på ca 6 W/m². Forseringstillegget tas ikke med i effektbehovsberegningen.

2.3.5. Lavenergi- og passivhus

I tillegg til kravene i TEK07 er begrepene lavenergi- og passivhus lansert i forbindelse med energibruk og merkeordning.

Tabellene viser ulike effektkrav som må oppfylles for hver type av henholdsvis småhus og boligblokker:

Beliggenhet	TEK 2007 W/m ²		Lavenergi W/m ²		Passivhus W/m ²	
	Oppvarming	Ventilasjon	Oppvarming	Ventilasjon	Oppvarming	Ventilasjon
Oslo	28	6	24	4	17	3
Bergen	23	5	19	3	14	2
Trondheim	27	6	23	4	16	3
Karasjok	39	8	33	6	24	4

Små boliger. Gjennomsnittlig effektbehov til oppvarming og ventilasjon i W/m².

Beliggenhet	TEK 2007 W/m ²		Lavenergi W/m ²		Passivhus W/m ²	
	Oppvarming	Ventilasjon	Oppvarming	Ventilasjon	Oppvarming	Ventilasjon
Oslo	23	7	20	4	15	3
Bergen	18	5	16	3	11	2
Trondheim	22	6	19	4	14	3
Karasjok	32	9	27	6	20	5

Boligblokker. Gjennomsnittlig effektbehov til oppvarming og ventilasjon i W/m².

2.3.6. Effektbehov for oppvarming av tappevann

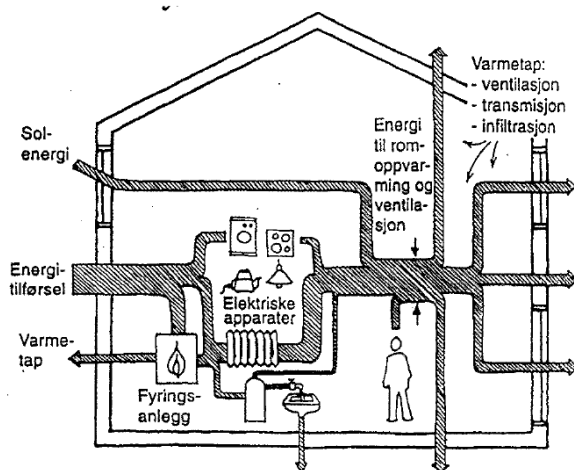
Effektbehovet vil variere etter hva slags oppvarming som blir benyttet. Det normale i bolighus er å benytte en vannvarmer som gjerne har en effekt på 2-4 kW. Benyttes varmevekslere vil effekten kunne komme opp i 30 kW, selv for en leilighet. Veksleren må ha stor effekt på grunn av momentan oppvarming av tappevannet, uten lagring av varmtvann som i berederen.

2.4. Varmebehov

2.4.1. Beregninger

Byggets energi- eller varmebehov beskriver hvor mye energi som går med til å varme opp bygget over et gitt tidsrom. Energi er altså produktet av effekt og tid. Energi angis i kWh (kilowattimer) og er altså et mål for hvor lenge og med hvilken effekt oppvarmingen har skjedd. Det er energien vi betaler for, på samme måte som vi betaler for drivstoffet på bilen. Energien er lagret i bensintanken eller i el-batteriene og omsettes til effekt (motorstørrelse i kW) etter hvert som vi kjører.

Bygget tilføres energi fra ulike energikilder, elektriske apparater, lys og mennesker som oppholder seg i bygget. Bygningen avgir energien i form av varmetap gjennom bygningskroppen og ventilasjon. En del energi går med til varmt tappevann. Dessuten vil energikildene ikke avgi all produsert energi til bygget. Noe går tapt i form av unyttig varmetap til omgivelsene. Figuren viser varmebalansen i et bygg.



Varmebehovsberegningene skal dekke energitapet for bygningen. For å kunne beregne energitapet nøyaktig, basert på månedlige vurderinger, kreves nøyaktige utregninger basert på edb-basert programvare. For den utførende er det aktuelt å kjenne til rammeverdiene for varmetapene.

Energiramme

Totalt varmebehov = energiramme = summen av de ulike energitapene minus energitilskudd:

$$Q = Q_t + Q_i + Q_v - Q_{\text{til}} \text{ i kWh}$$

Q_t = varmetap for transmisjon

Q_i = varmetapet for infiltrasjon

Q_v = varmetapet for ventilasjon

Q_{til} = tilført energi fra sol, mennesker, maskiner, lys og utstyr

Varmebehovet oppgis som spesifikt energibehov, det vil si energibehov pr. kvadratmeter oppvarmet areal (av BRA, brutto areal):

$$Q_{\text{spes}} = Q/A \text{ i kW/m}^2$$

I TEK § 8-21b er det gitt følgende rammer for spesifikt energibehov:

Hustype	Ramme for Q_{spes}
Småhus	125 + 1600/oppvarmet BRA
Boligblokk	120
Barnehage	150
Kontorbygg	165
Skoler	135
Universitet/høyskole	180
Sykehus	325
Sykehjem	235
Hotell	240
Idrettsbygg	185
Forretningsbygg	235
Kulturbygg	180
Lett industri/verksted	185

Tabellen viser maksimalt netto energibehov per kvadratmeter golvareal for ulike bygningstyper.

Med golvareal menes bruksarealet av bygningens oppvarmede volum. Verken yttervegger eller innvendige vegger mellom ulike bruksenheter regnes med i bruksarealet av en etasje. Innvendige vegger, sjakter og trappeåpninger innenfor hver bruksenhet regnes med i arealet, se NS 3940.

For å beregne bygningens bruksareal må man legge sammen bruksarealene av alle oppvarmede arealer i alle etasjer i bygningen. For bygninger med annen størrelse eller form kan metodene slå litt ulikt ut.

Rammekravet for småhus avhenger av størrelsen på huset. Rammekravet er summen av 125 kWh per m² oppvarmet bruksareal pluss et fast tillegg på 1 600 kWh. Dette tillegget får mer å si jo mindre huset er. Uten dette tillegget ville det bli urimelig lett å oppfylle kravet ved å bygge boligene større (og dermed med høyere totalt energibehov).

Tabell for energirammer regnet ut fra krav til småhus:

Oppvarmet areal i m ²	Forskriftskrav kWh/m ²	Energiramme kWh/m ²
100	125+1600/A	141
150		136
200		133
250		131
300		130
350		130
400		129

Et hus på f.eks. 120 m² oppvarmet bruksareal har følgende årlige ramme for netto energibehov: (125 kWh x 120 m²) + 1 600 kWh = 16 600 kWh.

Tillegget på 1 600 kWh gjelder per oppvarmet bygning. Et rekkehus regnes som én bygning, mens eneboliger i kjede regnes som separate bygninger.

Både energiltak og samlet netto energibehov (rammekrav) stiller krav til det samlede energibehovet til hele bygningen. Så lenge totalsummen er akseptabel, kan man sjonglere med hvor energien brukes og forsvinner ut av bygningen.

Man ønsker likevel robuste bygninger, og det er derfor satt grenser for omfordeling av bygningens varmetap. Redusering av varmetapet er det energiltaket som har lengst levetid og som bør prioriteres som grunnleggende tiltak.

Er det uoppvarmede eller delvis oppvarmede rom i bygningen, fins det to muligheter:

Rommene kan tas med i bruksarealet. Da må man regne som om rommene har samme innetemperatur som resten av bygningen.

Rommene tas ikke med i bruksarealet. Når man skal regne på isoleringen av konstruksjonene mot det kalde rommet, kan rommets varmemotstand inngå i isolasjonsverdien.

2.4.2. Energibruk etter ulike standarder

Det er innført begreper som lavenergistandard (nivå B) passivhusstandard (nivå A) passivhus + (nivå A+).

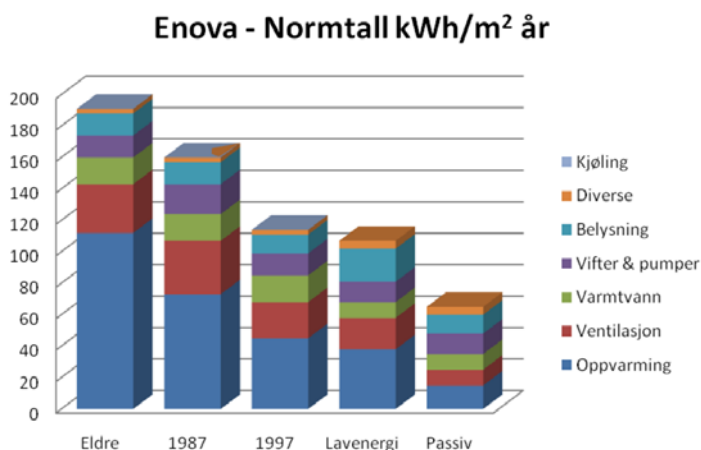
Nivåene refererer seg til merkeordningen for hus og leiligheter.

Tabellen viser energikrav for småhus og leiligheter i kWh/år m² for hvert merkenivå.

Lavenergihus forutsetter å bruke 25 % mindre energi enn et hus bygget etter TEK07 og et passivenergihus (hus uten oppvarmingssystem) skal kun bruke 50 % av kravene i TEK07.

Nivå/merke	Småhus (kWh/m ² år)	Leiligheter (kWh/m ² år)
A	E < 75	E < 65
B	75- 110	65 – 100
C	110 – 150	100 – 130
D	150 – 240	130 – 210
E	240 – 365	210 – 315
F	365 – 485	315 – 420
G	E > 485	E > 420

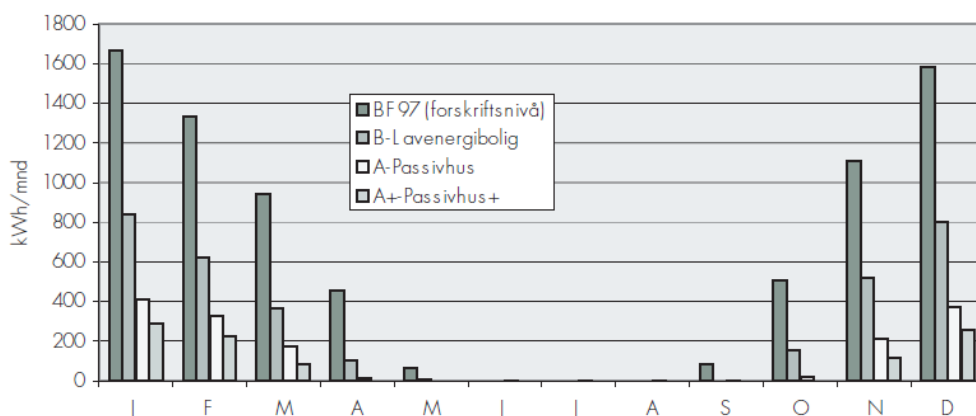
Dette går energien med til:



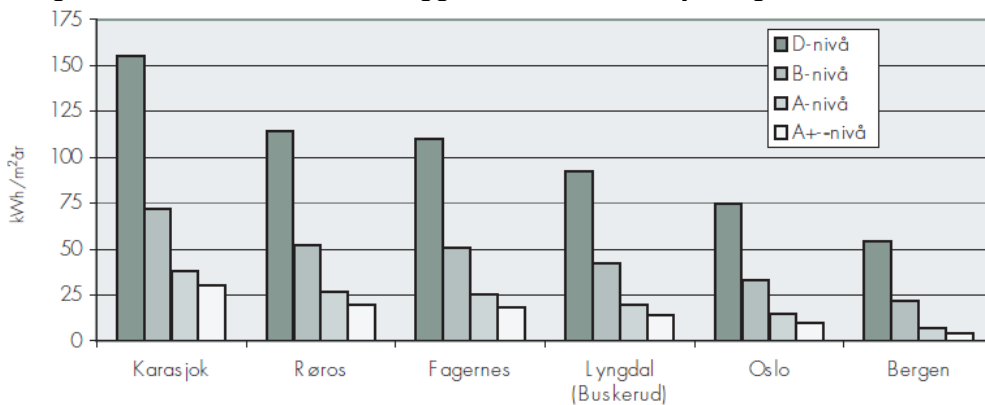
I henhold til energiramme i §8-21b i TEK for netto energibehov kan følgende tabell benyttes for innføring av beregnede data:

Beskrivelse	Verdi netto energibehov kWh/m ²	%- andel av totalt energibehov
Beregnet energibehov for romoppvarming		
Beregnet varmebehov for ventilasjonsvarme (varmebatteri)		
Beregnet energibehov for oppvarming av tappevann		
Beregnet energibehov for vifter		
Beregnet energibehov for pumper		
Beregnet energibehov for belysning		
Beregnet energibehov for teknisk utstyr		
Beregnet energibehov for romkjøling		
Beregnet energibehov for ventilasjonskjøling (kjølebatteri)		
Totalt beregnet energibehov		100
Forskriftskrav for netto energibudsjett		
Differanse		

De ulike energistandardene vil gi store utslag i bruk av energi de kaldeste månedene. Figuren nedenfor viser eksempel på de månedlige variasjonene i energibruk for boliger med ulik standard.

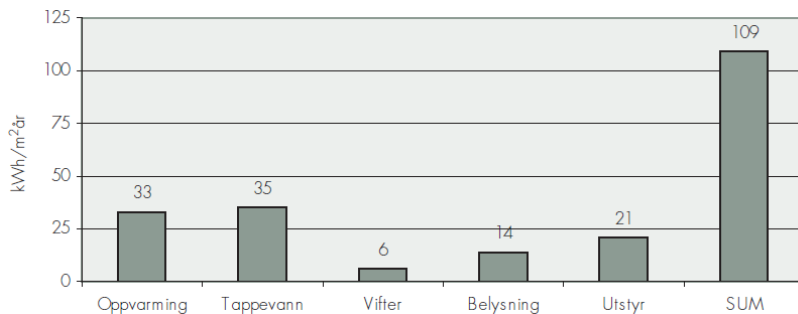


Diagrammet viser at husets beliggenhet har stor betydning i forhold til merkeordningen:



2.4.3. Energibudsjett

Energibudsjettet beskriver hvordan byggets samlede energibehov fordeler seg på energiposter som romoppvarming, kjøling, varmtvann, elektrisk utstyr og belysning. I energibudsjettet skal det skilles mellom de ulike energikildene. Det skal angis hvor mye energi som forventes brukt til de ulike formålene, og hvilken energikilde som skal levere. Diagrammet viser et eksempel på energibehov og grunnlag for energibudsjett for lavenergi bolig (B) med balansert ventilasjon:



For en bolig på 160 m² i et norsk gjennomsnittsklima vil følgende tall kunne brukes i energibudsjettet, regnet etter TEK07:

Energi til:	kWh/m ² pr. år fra varmeanlegg	kWh/m ² pr. år fra elektrisitet
Romoppvarming	52	
Varmebatteri		7
Varmt forbruksvann	30	
Vifter og pumper		8
Belysning		17
Teknisk utstyr		23
Totalt energibehov	82	55
Verdier etter TEK 97	132	45 (uten gj.vinning)

Eldre bygg bruker naturlig nok mer energi enn nye. Tabellen viser en oversikt over energibehov for boliger under 400 m² i ulike deler av Norge og for forskjellige byggeår:

Stasjon	Laveste momentan-temperatur °C	DUT °C	Byggeår 1997--> W/m ²	Byggeår 1987–1997 W/m ²
Lillehammer	- 30,6	- 25	45	67,0
Hamar	- 33,8	- 26	46	69,0
Gardermoen	-35,5	- 22	42	63,0
Flisa	- 37,5	-30	50	75,0
Oslo-Blindern	- 26,0	- 21	41	61,5
Asker	- 26,0	- 21	41	61,5
Buskerud	- 33,5	- 25	45	70,0
Nesbyen	- 38,0	- 28	48	72,0
Geilo	- 35,3	- 26	46	69,0
Kongsberg	- 32,5	- 23	43	64,5
Rygge	- 30,8	- 22	42	63,0
Dalen i Telem.	- 25,0	- 21	41	61,5
Kristiansand S	- 25,5	- 20	40	60,0
Stavanger	- 13,4	- 9	29	43,5
Bergen	- 13,7	- 10	30	45,0
Leikanger	- 18,6	- 14	34	51,0
Førde	- 22,2	- 17	37	55,5
Nordfjordeid	- 24,9	- 13	33	49,5
Ålesund	- 14,7	- 10	30	45,0
Molde	- 19,1	- 16	36	54,0
Kristiansund N	- 14,8	- 9	39	58,5
Trondheim	- 25,2	- 19	39	58,5
Steinkjer	- 30,1	- 19	39	58,5
Namsos	- 26,9	- 22	42	63,0
Mo I Rana	- 30,4	- 20	40	60,0
Bodø	- 18,5	- 13	33	49,5
Tromsø	- 18,4	- 12	32	48,0
Alta	- 33,7	- 22	42	63,0

2.4.4. Betegnelser for varmetap

Nye betegnelser dukket opp i kjølvannet av TEK07. Eksempel på dette er: Varmetransportkoeffisienten i W/°C eller W/K:

Summen av varmetap på grunn av transmisjon (A*U), ventilasjon, infiltrasjon og kuldebroer (A*U) uten å ta hensyn til temperaturforskjellen.

Eksempel: Et bygg med takhøyde 2,7 m og beregnet luftskifte 1,5 pr. time har følgende verdier:

Varmetapsramme for bygget	Areal m ²	U-verdi W/m ² °C	Luftmengde m ³ /h	Årsvirkningsgrad v.gj.v.	Varmetransportkoeffisient W/°C
Viduer	300	1,2			360
Ytterdører	10	1,2			12
Yttervegger nto.	1500	0,18			270
Tak	2000	0,13			260
Gulv på grunn	2000	0,15			260
Kuldebroer	2000	0,05			100
Infiltrasjon			5400		356
Ventilasjon			8100	70	802
Samlet varmetransportkoeffisient					2420

Varmetapstallet er varmetransportkoeffisienten delt på oppvarmet bruksareal i W/m² °C.

I eksemplet blir varmetapstallet: $2420/2000 = 1,21 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Faktiske varmetap, etter endringer av for eksempel vindusarealer etc, beregnes på samme måte som varmetapsrammen, men med innsetting av faktiske verdier. Beregnet varmetapstall kan så sammenliknes med faktisk varmetapstall. Måten er rasjonell i bruk av edb-baserte beregningsverktøy.

Med varmetapsramme menes tillatt ramme for varmetap etter TEK §8-21. Varmetapsrammen beregnes som varmetransportkoeffisienten og /eller varmetapstallet for bygningen. Varmetransportkoeffisienten eller varmetapstallet for bygningen skal ikke være høyere enn varmetapsrammen.

2.4.5. Bygningsformens betydning for oppfyllelse av energikravene

Ettersom transmisjonstapet blir betydelig større ved store avkjølingsflater, vil byggets form ha betydning for energitapet. En toetasjers enebolig i Sør-Norge med på samlet oppvarmet areal på 200 m² (100+100) vil ha et varmebehov på ca 7000 kWh mindre enn en tilsvarende bolig på 200 m² på ett plan. Likeledes vil et kvadratisk bygg ha mindre overflate og dermed lavere transmisjonstap enn et tilsvarende langt, rektangulært bygg.

2.5. Aktuelle standarder og beregningsverktøy

Flere NS-er omhandler effekt- og energibehov. Vi nøyer oss her med å ta med to av de dem. Under beskrivelsen av standardene vil du finne henvisninger til andre aktuelle standarder.

2.5.1. NS 3031 - Beregning av bygningers energibehov og energiytelse

Norsk Standard NS 3031 gir regler for beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon. Modulen omfatter ikke en detaljert beskrivelse og gjennomgang av standarden. Derfor skal vi her kun beskrive hva standarden inneholder. Beregningene er såpass kompliserte at man må bruke et dataprogram tilpasset formålet.

På <http://bks.byggforsk.no> er det regneark for månedsstasjonær beregning for boliger og regneark for forenklet dynamisk beregning for alle typer bygninger. Gratis dataprogram for boliger fins også på www.programbyggerne.no/Husbanken. Det forutsettes stasjonære eller gjennomsnittlige temperaturforhold og varmelagring behandles ikke.

Effekt- og energibehovet for varmt tappevann er holdt utenom standarden. En vanlig boenhet har et energiforbruk i området 3-5000 kWh pr. år for tappevann.

NS 3031 brukes til å:

- Dokumentere bygningers energibehov opp mot energirammene i TEK og mot energimerking av bygg
- Angi alternative metoder for å optimalisere energibehovet i bygg
- Vurdere effekten av ulike energiltak for eksisterende bygg gjennom beregninger av energibehov med og uten energisparende tiltak

NS 3031 omfatter:

- Tre ulike beregningsmåter
 - Månedsberegning, detaljert beskrevet (stasjonær metode)- NS-EN ISO 13790
 - Timeberegning etter NS – EN ISO 13790 (dynamisk metode) - NS-EN ISO 13790
 - Andre godkjente beregningsprogrammer (dynamisk metode) – NS-EN 15265
- Systemgrenser for netto energi, levert energi og primært energibehov
- Metode og regler for beregning av primærenergi CO₂-utslipp varmetapstall totalt netto energibehov i et energibudsjett levert energi til bygg, fordelt på ulike energislag.

NS 3031 omfatter ikke:

- Regler for beregning av U-verdier for bygningsdeler
- Effektbehovsberegninger

For å kunne beregne effekt- og energibehov må det foreligge standardiserte, veiledende og dokumenterbare data. Tabellene viser eksempler på standardiserte verdier hentet fra NS 3031:

Tillegg A (normativt) Standardiserte inndata for kontrollberegning

Tabell A.1 – Effekt- og energibehov – standardverdier for gjennomsnittlig effektbehov i driftstiden i W/m² og energibehov i kWh/(m²·år) for belysning, utstyr og varmtvann

Bygningskategori	Belysning ^a		Utstyr ^b		Varmtvann ^b	
	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)
Småhus	2,9	17	4	23	5,1	30
Boligblokker	2,9	17	4	23	5,1	30
Barnehager	8	21	2	5	3,8	10
Kontorbygg	8	25	11	34	1,6	5
Skolebygg	10	22	6	13	4,5	10
Universitets- og høyskolebygg	8	25	11	34	1,6	5
Sykehus	8	47	8	47	5,1	30
Sykehjem	8	47	4	23	5,1	30
Hoteller	8	47	1	6	5,1	30
Idrettsbygg	8	21	1	3	18,9	50
Forretningsbygg	15	56	1	4	2,7	10
Kulturbygg	8	23	1	3	3,5	10
Lett industri, verksteder	8	19	10	23	4,3	10

^a Verdiene for belysning skal som hovedregel benyttes ved kontrollberegning mot offentlige krav. Dersom det benyttes styringssystem for utnyttelse av dagslys eller styringssystem basert på tilstedeværelse, kan energibehovet til belysning reduseres med 20 %. Eventuelt kan andre verdier for belysning dokumenteres gjennom beregninger etter NS-EN 15193 eller tilsvarende. Varmtilskuddet fra belysning i tabell A.2 skal da reduseres tilsvarende.

^b Verdiene for utstyr og varmtvann brukes for kontrollberegning mot offentlige krav.

MERKNAD 1 Verdiene i tabellen er utarbeidet for kontrollberegning mot offentlige krav og representerer ikke nødvendigvis reelle forhold.

MERKNAD 2 Effektbehov er gitt som årlig energibehov dividert med driftstiden, gitt i tabell A.3.

Tabell A.2 – Varmetilskudd – standardverdier for gjennomsnittlig varmetilskudd i driftstiden i W/m² og i kWh/(m²·år) for belysning, utstyr, varmtvann og personer

Bygningskategori	Belysning ^a		Utstyr ^b		Varmtvann ^b		Personer ^b	
	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)
Småhus	2,9	17	2,4	14	0	0	1,5	13
Boligblokker	2,9	17	2,4	14	0	0	1,5	13
Barnehager	8	21	2	5	0	0	6	16
Kontorbygg	8	25	11	34	0	0	4	13
Skolebygg	10	22	6	13	0	0	12	26
Universitets- og høyskolebygg	8	25	11	34	0	0	6	19
Sykehus	8	47	8	47	0	0	2	18
Sykehjem	8	47	4	23	0	0	3	26
Hoteller	8	47	1	6	0	0	2	18
Idrettsbygg	8	21	1	3	0	0	10	26
Forretningsbygg	15	56	1	4	0	0	10	38
Kulturbygg	8	23	1	3	0	0	3,2	9
Lett industri, verksteder	8	19	10	23	0	0	2	5

^a Verdier for belysning skal som hovedregel benyttes ved kontrollberegning mot offentlige krav. Dersom det benyttes styringssystem for utnyttelse av dagslys eller styringssystem basert på tilstedeværelse, kan varmetilskuddet fra belysning reduseres med 20 %. Eventuelt kan andre verdier for belysning dokumenteres gjennom beregninger etter NS-EN 15193 eller tilsvarende.

^b Verdiene for utstyr, varmtvann og personer brukes for kontrollberegning mot offentlige krav.

MERKNAD 1 Verdiene i tabellen er utarbeidet for kontrollberegning mot offentlige krav representerer ikke nødvendigvis reelle forhold.

MERKNAD 2 Det er forutsatt at 100 % av effekt- og energibruken til belysning og utstyr gitt i tabell A.1 går over til varme i bygningens oppvarmede del av BRA. Unntak gjelder for småhus og boligblokker, der det forutsettes at 60 % av effekt- og energibruken til utstyr går over til varme i bygningen og resten av varmen går tapt i sluk og avluft ved bruk av utstyr som vaskemaskin, oppvaskmaskin og tørketrommel.

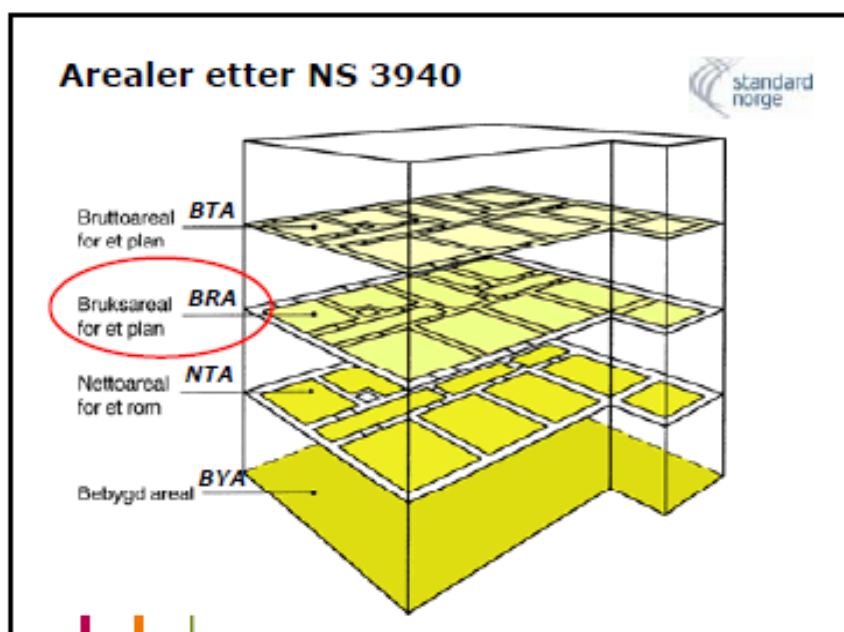
MERKNAD 3 Det er forutsatt at 0 % av effekt- og energibruken til vannoppvarming kan utnyttes til romoppvarming.

2.5.2. NS 3940 Areal- og volumberegninger av bygninger

De viktigste arealbegrepene er:

- Bebygd areal (BYA), det arealet som bygningen opptar av terrenget ("fotavtrykket"). Her er det spesielle regler for hva som skal med av balkonger, terrasser, oppstilling for biler etc.
- Bruttoareal (BTA), areal av måleverdige deler regnet fra ytterveggs utside summert for alle plan i en bygning.
- Funksjonsareal (FUA) den delen av nettoarealet (NTA) som svarer til formål og bruk.
- Bruksareal (BRA), arealet av bruksenheter og felles deler som omfatter nettoarealet (NTA) og arealet av alle bruksenhetenes innvendige vegger.
- Nettoareal (NTA) (romareal) arealet mellom omsluttende bygningsdeler.

Oppvarmet bruksareal defineres iflg NS 3940 som den delen av BRA som tilføres varme fra byggets varmesystem og er omsluttet av byggets klimaskjerm. Dette er det samme som BTA minus yttervegger.



For vinduer og dører regnes arealet ut fra utvendig karmmålt.

2.5.3. Beregningsverktøy

Beregningsprogrammene brukes til å kontrollere at bygninger oppfyller krav til energieffektivitet i henhold til TEK .

Energiltak og varmetap beregner bygningens varmetapstall og kontrollerer mot varmtapsrammen. Man må fylle inn data for volum, arealer, U-verdier, normalisert kuldebroverdi, lufttetthet og ventilasjon.

De mest vanlige beregningsprogrammene er:

- SIMIEN
- RIUSKA
- ArchiCad
- Revit Architecture
- DDS-Cad tegne- og beregningsprogram
- ENØK Normtall <http://naring.enova.no>
- Vip-Energy

Fremtidens beregningsverktøy knyttes opp mot BIM.

BIM står både for BygningsInformasjonsModell, når man snakker om produktet og BygningsInformasjonsModellering, når man snakker om prosessen. På engelsk er betegnelsen: Building Information Modeling.

BIM er en måte å digitalisere informasjon på. Med dette verktøyet kan man utvikle samhandlingen i byggeprosessen på nye måter. Her skjer alle endringer koordinert, og alle involverte kan hente ut den informasjonen de trenger. Verktøyet inneholder også mulighet for beregninger og kontroll av energi- og effektbehov.

I varmebehovsberegningene skilles mellom månedsstasjonære beregninger eller dynamiske beregninger.

Månedsstasjonære beregninger (NS-EN ISO 13790) som er beregning av månedlige verdier for luftmengder, vifteeffekt og temperaturer. Dynamiske beregninger (NS-EN ISO 13790 for timeberegning eller NS-EN 15265 for detaljerte validerte programmer)

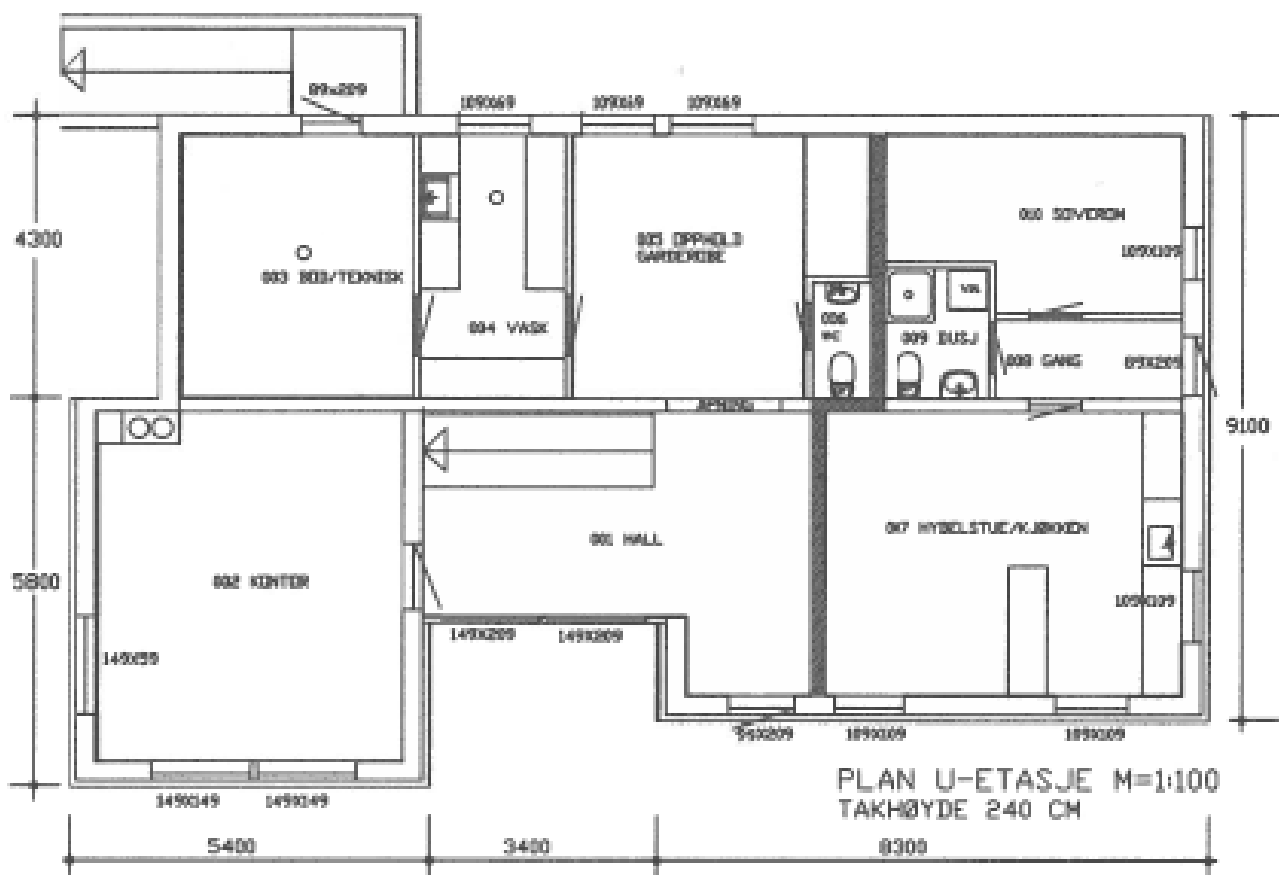
Boligbygg, skolebygg, barnehager, sykehjem, hoteller, idrettsbygg og kulturbygg kan beregnes etter begge metoder. Kontorbygg, universitet/høgskoler, sykehus og forretningsbygg og i alle bygg med ventilasjonskjøling skal det beregnes etter dynamisk metode.

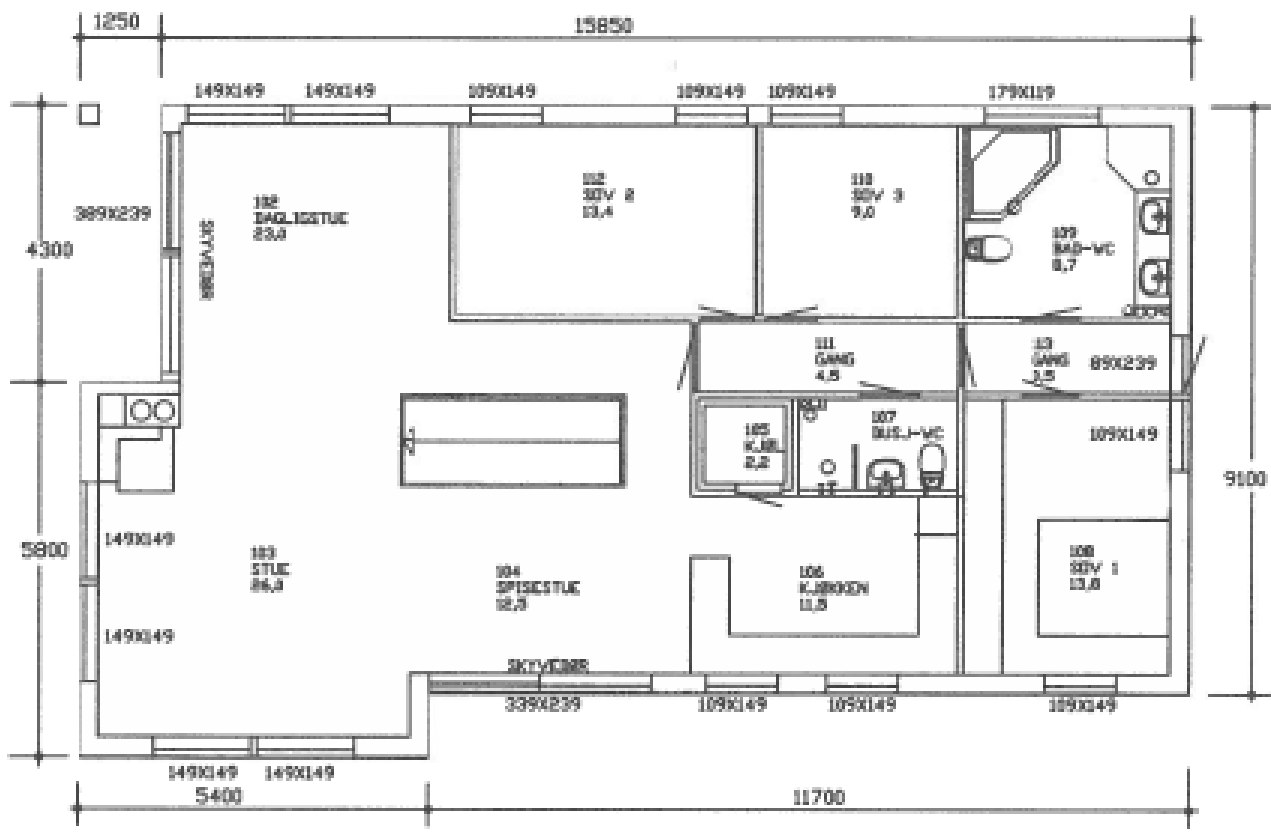
2.6. Regneeksempel

Tegningene viser en enebolig med hybelleilighet, bygget på midten av 1980-tallet.

U-verdier fremkommer av utreningskjema for hybelleilighet. Bygget har kaldt loft.

I eksemplet er hybelleiligheten effektbehovsberegnet etter dagjeldende og gjeldende regler. Som det fremgår reduseres effektbehovet fra 67,8 W/m² til 38,5 W/m² ved å bruke tiltak som er hjemlet i TEK07.





TAKHØYDE 270 CM

PLAN 1. ETASJE M=1:100

Effektbehovsberegning										
Eksempel 1 - Eldre bygg DUT = - 25										
Rom	Avkjølt flate	Stk	Li m	B/H i m	Areal A	Areal nto A	Temp.-forskj	U-verdi	Spes.varme	Varmetap
007 Hybelstue og kjøkken										
	Vindu	3	1,1	1,1	1,2	3,6	45	1,9		310
	Y-vegg	1	10,3	2,4	24,7	21,1	45	0,4		380
	Gulv	1	5,75	4,5	25,9	25,9	20	0,4		207
	Sum transmisjonstap									897
	Infiltrasjon	0,2		2,4	25,9		45		0,33	185
	Ventilasjon	0,5		2,4	25,9		45		0,33	462
	Kuldebro	0,05			25,9		45			58
	Sum effektbehov									1601
008 Gang										
	Ytterdør	1	0,9	2,1	1,9	1,9	45	1,9		162
	Y-vegg	1	1,3	2,4	3,1	1,2	45	0,4		22
	Gulv	1	1,3	3	3,9	3,9	20	0,4		31
	Sum transmisjonstap									215
	Infiltrasjon	0,2		2,4	3,9		45		0,33	28
	Ventilasjon	0,5		2,4	3,9		45		0,33	69
	Kuldebro	0,05			3,9		45			9
	Sum effektbehov									321
009 Dusj										
	Innerdør	1	0,8	2,1	1,7	1,7	50	2,9		244
	I-vegg	1	7,9	2,4	19,0	17,3	5	0,9		78
	Gulv	1	1,8	2,2	4,0	4,0	20	0,4		32
	Sum transmisjonstap									353
	Infiltrasjon	0,2		2,4	4,0		45		0,33	29
	Ventilasjon	0,5		2,4	4,0		45		0,33	71
	Kuldebro	0,05			4,0		45			9
	Sum effektbehov									462
010 Soverom										
	Vindu	1	1,1	1,1	1,2	1,2	45	1,9		103
	Y-vegg mot f	1	2,9	2,4	7,0	5,8	45	0,4		104
	Y-vegg mot t	1	4,8	2,4	11,5	11,5	20	0,4		92
	Gulv	1	2,9	2,9	8,4	8,4	20	0,4		67
	Gulv	1	1,8	2,1	3,8	3,8	20	0,4		30
	Sum transmisjonstap									397
	Infiltrasjon	0,2		2,4	12,2		45		0,33	87
	Ventilasjon	0,5		2,4	12,2		45		0,33	217
	Kuldebro	0,05			12,2		45			27
	Sum effektbehov									728
	Samlet effektbehov for hybelleilighet									3113
	Samlet areal for hybelleilighet m2				45,9					
	Spesifikt effektbehov i W/m2									67,8

Effektbehovsberegning											
Eksempel 2 - Etter TEK 2007											
DUT = - 25											
Rom	Avkjølt flate	Stk	L i m	B/H i m	Areal A	Areal nto A	Temp.-forskj	U-verdi	Spes.varme	Gjenvinning	Varmetap
007 Hybelstue og kjøkken										70 %	
Vindu	3	1,1	1,1	1,2	3,6	45	1,2				196
Y-vegg	1	10,3	2,4	24,7	21,1	45	0,18				171
Gulv	1	5,75	4,5	25,9	25,9	20	0,15				78
Sum transmisjonstap											444
Infiltrasjon	0,2		2,4	25,9		45			0,33		185
Ventilasjon	0,5		2,4	25,9		45			0,33	0,3	138
Kuldebro	0,05			25,9		45					58
Sum effektbehov											826
008 Gang											
Ytterdør	1	0,9	2,1	1,9	1,9	45	1,2				102
Y-vegg	1	1,3	2,4	3,1	1,2	45	0,18				10
Gulv	1	1,3	3	3,9	3,9	20	0,15				12
Sum transmisjonstap											124
Infiltrasjon	0,2		2,4	3,9		45			0,33		28
Ventilasjon	0,5		2,4	3,9		45			0,33	0,3	21
Kuldebro	0,05			3,9		45					9
Sum effektbehov											181
009 Dusj											
Innerdør	1	0,8	2,1	1,7	1,7	50	2,9				244
I-vegg	1	7,9	2,4	19,0	17,3	5	0,9				78
Gulv	1	1,8	2,2	4,0	4,0	20	0,15				12
Sum transmisjonstap											333
Infiltrasjon	0,2		2,4	4,0		45			0,33		29
Ventilasjon	0,5		2,4	4,0		45			0,33	0,3	21
Kuldebro	0,05			4,0		45					9
Sum effektbehov											392
Rom	Avkjølt flate	Stk	L i m	B/H i m	Areal A	Areal nto A	Temp.-forskj	U-verdi	Spes.varme	Gjenvinning	Varmetap
010 Soverom										70 %	
Vindu	1	1,1	1,1	1,2	1,2	45	1,2				65
Y-vegg mot f	1	2,9	2,4	7,0	5,8	45	0,18				47
Y-vegg mot t	1	4,8	2,4	11,5	11,5	20	0,18				41
Gulv	1	2,9	2,9	8,4	8,4	20	0,15				25
Gulv	1	1,8	2,1	3,8	3,8	20	0,15				11
Sum transmisjonstap											190
Infiltrasjon	0,2		2,4	12,2		45			0,33		87
Ventilasjon	0,5		2,4	12,2		45			0,33	0,3	65
Kuldebro	0,05			12,2		45					27
Sum effektbehov											370
Sum effektbehov for hybelleilighet											1769
Samlet areal for hybelleilighet m2				45,9							
Spesifikt effektbehov i W/m2											38,5

2.7. Litteratur:

- NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse – Standard Norge
- NS 3940 Areal- og volumberegninger av bygninger – Standard Norge
- Energieffektive boliger for fremtiden – SINTEFByggforsk
- Prosjektveileder for forenklet anlegg for vannbåren oppvarming av boliger - SINTEFByggforsk
- Vannbårne varme- og kjøleanlegg i boliger – Ole Larmerud
- Temahefte Vannbåren varme – Arne Palm
- Energi – Temaveiledning – Statens Bygningstekniske Etat
- NBI – Byggdetaljer – SINTEFByggforsk
- PRENØK – VVS-Foreningen
- Varmenormen – VVS-Foreningen

3. Vannbåren varme

Vannbåren varme er vann, som varmes opp og sirkulerer i bygningen, enten i rør i gulvet (gulvvarme) eller gjennom radiatorer. Vannet varmes opp i en varmesentral. For å varme opp vannet kan en eller flere energikilder benyttes:

- Bio (trepellets, flis eller ved og bioolje).
- Varmepumpe (vann/vann eller luft/vann).
- Solenergi.
- Fjernvarme.
- Fyringsolje.
- Gass (naturgass eller propan/LPG).
- Elektrisitet

3.1. Fordeler med vannbåren varme

Det er flere viktige fordeler forbundet med bruk av vannbåren oppvarming:

3.1.1. Høy varmekomfort.

Vannbåren gulvvarme, eventuelt i kombinasjon med radiatorer, gir en lun og behagelig varme. Vannet som sirkulerer i gulvvarmerørene, holder ikke mer enn 30 - 40 °C, og gulvets overflate er bare noen grader varmere enn romtemperaturen. Dette sikrer en optimal varmekomfort.

3.1.2. Sunnere inneklima.

Gulv og radiatorer, som varmes opp med varmt vann, har lave overflatetemperaturer. Det betyr at plagene med støv, som blir brent og virvles opp slik som fra elektriske panelovner, er eliminert ved bruk av vannbåren varme. Norges Astma- og Allergiforbund anbefaler derfor vannbåren gulvvarme p.g.a. dette helseaspektet.

3.1.3. Energifleksibilitet og god varmeøkonomi.

Vannbåren varme gir mulighet for full energifleksibilitet. Du velger selv energikilden. Ved å gå over fra en dyrere energibærer til en billigere vil man kunne oppnå bedre varmeøkonomi. De mest populære kombinasjoner av varmekilder er:

- Varmepumpe, solfangere og elektrisitet.
- Varmepumpe og gass.
- Trepellets, gass og elektrisitet.
- Trepellets og solfangere.
- Gass og solfangere.
- Pelletskamin med tilkoplede vannsystem til vannbåren varme, solfangere og elektrisitet.

3.1.4. Sikkert og trygt.

Til vannbåren gulvvarme benyttes solide rør av spesialherdet plast, som er utviklet for å tåle år etter år med varmt, sirkulerende vann. Normal garanti for disse plastrørene er 50 år.

3.1.5. Arkitektonisk frihet.

Med gulvvarme får du ingen begrensninger å ta hensyn til når det gjelder møblering, i motsetning til elektriske panelovner med høye overflatetemperaturer.

3.1.6. Moderne og fremtidsrettet.

Fordi vannbåren varme er fleksibel m.h.t. valg av energikilder, karakteriseres den som fremtidens varmeløsning, både i nybygg og i forbindelse med rehabiliteringsprosjekter. Et vannbasert anlegg av eldre dato kan enkelt tilpasses nye og miljøvennlige energikilder.

3.2. Ulemper med vannbåren varme

Det er noen ulemper forbundet med bruk av vannbåren varme:

3.2.1. Lekkasje fare.

Faren for vannlekkasje i et vannbårent anlegg er minimal. Mindre enn 2 % av forsikringsselskapenes vannskadeutbetalinger skyldes lekkasjer fra vannbårne anlegg. Skulle det oppstå en lekkasje, vil kun små vannmengder lekke ut. Dagens systemer blir automatisk trykkløse, dersom en lekkasje oppstår.

3.2.2. Investering.

Vannbåren varme er dyrere å installere enn elektrisk oppvarming med panelovner. Det samme gjelder ved rehabilitering. Da vannbåren varme kan utnytte ulike energikilder, vil den økonomiske gevinsten skje over tid ved å benytte rimeligste energibærer. Investerer man i et vannbårent anlegg vil trolig verdien på bygget øke, spesielt nå ved nye krav om energimerking.

I et bygg med vannbåren gulvvarme vil det være komplisert og dyrt å endre planløsning og oppvarmingsform på et senere tidspunkt.

3.3. Oversikt over energiresurser/energibærere

En av de store fordelene med et vannbårent system er at anlegget kan utnytte flere energibærere. Vannbåren varme er derfor den mest fremtidsrettede løsningen, fordi den åpner for full energifleksibilitet.

I det etterfølgende skal alle de aktuelle fornybare energiresursene, som er tilgjengelig i det norske markedet, drøftes, spesielt med hensyn til den enkeltes sterke og svake sider. Det er spesielt viktig å merke seg hvilke energiresurser, som egner som grunnlast og hvilke, som bør velges som spisslast.

3.4. Bioenergi (trepellets, flis, ved og bioolje) til oppvarming

Bioenergi egner seg best som grunnlast ca opp til 80 %.

Bioenergi er en felles betegnelse på energikilder basert på biologisk materiale. De mest aktuelle biobrenslene er trepellets, ved og flis. Når trepellets brukes til å varme opp vannet i et vannbårent anlegg, sørger en automatisk mater for at pelletsen føres fra lageret (tank eller silo) til brenneren.

3.4.1. Fordeler:

- Et svært miljøvennlig alternativ, regnes som CO₂-nøytralt. CO₂-utslipp inngår i den naturlige karbonsyklusen. Det pågår imidlertid for tiden en diskusjon om hvorvidt bioenergi egentlig er CO₂-nøytral. Det er således ingen 100 % akseptert sannhet at bioenergi er CO₂-nøytral.
- Lav energipris. 15-25 % lavere enn for elektrisitet, fyringsolje og gass.
- Er en fornybar energikilde, hovedsakelig basert på overskuddsråvarer fra skog- og trevareindustrien.
- Reduserer det totale strømforbruket i bygget. For at byggets totale varmebehov skal reduseres, må det imidlertid iverksettes spesielle energibesparende tiltak.

- De fleste oljekjeler for boliger kan gjøres om til pelletskjeler ved å bytte brenner.
- Ingen problemer knyttet til sikkerhet, frost og nedbryting. Fyringsinnretningen (bl.a. kjelen) og dertil hørende silo må imidlertid være tilbakeslagssikre, slik at uønskede hendelser i silo unngås.
- Ikke helsefarlig, eventuelt spill og søl medfører derfor ikke noe miljøproblem.
- Flere nye store fabrikker er under planlegging og bygging.
- Enkelte steder kan det være en fordel at brensel er "kortreist", for eksempel ved lokalprodusert flis.

3.4.2. Ulemper:

- Relativ høy investering i anlegget (kjel, brenner og tank/silo).
- Lavere virkningsgrad sammenliknet med anlegg basert på fyringsolje og gass/propan/LPG. Vesentlig lavere enn for kondenserende kjeler.
- Trenger hyppigere ettersyn enn anlegg basert på varmpumper, fyringsolje og propan.
- Pr. 2010 er det for få servicefolk på landsbasis med kompetanse innen bioanlegg.
- Bioenergi i form av trepellets er plasskrevende (2-3 ganger fyringsoljevolum), og krever egen tank innendørs eller utendørs. Utendørs tank/silo bør ikke graves ned.
- Trepellets avgir aske ved forbrenning. Asken utgjør ca. 0,5 % av pelletsvolumet. Dette medfører jevnlig askehåndtering.
- Forbrenning av bioprodukter medfører lokal partikkelforurensning og utslipp av sot.
- Det er begrenset produksjon av trepellets i Norge i dag. Pr. 2009 er det 2 store fabrikker (Pemco Trepellets i Brumunddal og Geilo Biobrensel i Kleivi) og 3 mindre fabrikker (Forforedling i Levanger og Vi-Tre på Røros) i tillegg til en viss import. Det vil ta flere år innen et tilstrekkelig logistikksystem er på plass.
- Det er en ulempe at brensel ikke er like tilgjengelig over alt, dette gjelder spesielt for trepellets og flis.

3.5. Varmepumper (vann/vann og luft/vann)

Varmepumper i en varmesentral egner seg normalt som grunnlast.

Varmepumpen henter varmen fra for eksempel berggrunn, vann (sjøvann eller ferskvann) eller jord, og overfører denne varmen til vannet i et vannbårent system.

3.5.1. Fordeler:

- Blir sin egen energiprodusent, som medfører mindre avhengighet av å kjøpe tilleggsenergi.
- Man blir mindre utsatt for eventuelle økninger av energipriser og avgifter på energi.
- Med varmpumpe har man ingen lagringsbehov av brensel, for eksempel tank.
- Forbruket av elektrisitet reduseres vesentlig.
- Varmepumpe er miljøvennlig og CO₂-utslippene reduseres.
- Energien fra en varmpumpe er fornybar.
- Varmepumpe gir også billig og miljøvennlig kjøling i tillegg til billig og miljøvennlig varme.

3.5.2. Ulemper:

- Betydelig investeringer, varmpumpe er den dyreste anskaffelsen av alle varmeløsningene.
- En varmpumpe dekker ikke hele effektbehovet, fra 60 % til maksimalt 80 %.
- En varmpumpe gir ikke tilstrekkelig varme til varmt tappevann.
- Dermed trengs det tilleggsvarme. De vanligste alternativene er elektrisitet i boliger og elektrisitet og/eller gass i større bygg.
- Teknologien er komplisert. Installasjon og vedlikehold krever faglig spisskompetanse.
- Høye vedlikeholdskostnader kan forekomme.
- Enkelte varmpumper er sårbare for lave utetemperaturer.

3.6. Solenergi

Egner seg best som et supplement gjerne i kombinasjon med en annen kilde.

3.6.1. Fordeler:

- Er forurensningsfri, 100 % miljøvennlig og fornybar energi.
- Selve energien koster ingenting.
- Byggherren er sin egen energiprodusent, slik at man er mindre avhengig av å kjøpe tilleggsenergi. Dermed blir man mindre utsatt for eventuelle økninger av energipriser og energiavgifter.
- Solenergi er en fremtidsrettet varmeløsning for boliger.
- Teknologitvillingen gir stadig mer effektive anlegg.
- Lite vedlikehold.

3.6.2. Ulemper:

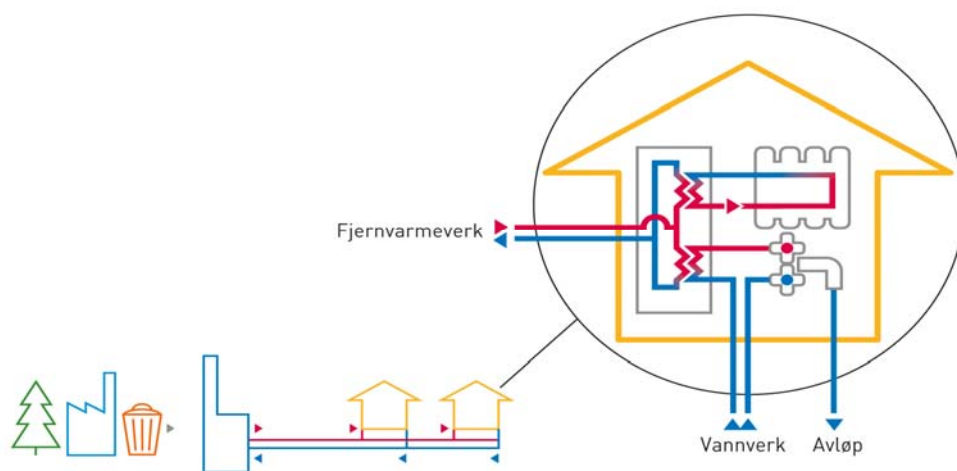
- Hovedproblemet med soloppvarming er at når solen skinner, er vanligvis behovet for oppvarming minst. Derimot fungerer det fint med varmt tappevann i slike situasjoner.
- Med klimaet i Norge vil ikke solenergi kunne dekke hele oppvarmingsbehovet. Tilleggsenergi er derfor påkrevet. De vanligste alternativene er elektrisitet, varmepumpe, trepellets og gass. Dette krever en akkumulatortank. For boliger kan varmtvannsbereder benyttes som akkumulatortank. Akkumulatortanker for yrkesbygg er ikke spesielt plasskrevende.
- En varmesentral med solfangere er en relativt kostbar investering.

3.7. Fjernvarme

Dekker hele oppvarmingsbehovet.

Fjernvarmeanlegg kan levere termisk energi til alle typer vannbårne systemer i bygget. Produktene kan være oppvarming, ventilasjon, varmt tappevann (inkl oppvaskmaskiner og vaskemaskiner), fotballbaner, gate og fortausvarme.

Vannet ledes til boliger og yrkesbygg gjennom isolerte rør. Disse rørene har et gjennomsnittlig varmetap på kun 5-10 %. Byggene, som er knyttet til fjernvarmeanlegget har vannbåren varme med gulvvarme, radiatorer eller ventilasjonsanlegg med vannbasert varmebatteri. Brukerne styrer selv varmen med termostater, og forbruket (varmt vann) registreres med målere, slik vi kjenner det fra bruk av elektrisitet.



Fjernvarme prinsipløsning, vannbåren varme

3.7.1. Fordeler

- Kan levere energi til alle former for vannbårne oppvarmingsystemer i boliger og bygg på lik linje med lokale varmesentraler, ingen temperaturbegrensning.
- Dekker kunden totale effekt- og energibehov.
- Optimal energifleksibilitet. Fjernvarme erstatter raskt eksisterende grunnlast, dersom det er krav om øvrige energikilder.
- Erstatter i stor skala fossil oppvarming i yrkesbygg og industri med fornybar varme. Utprøving med fornybar grunnlast skal etter hvert erstatte fossil spisslast.
- Effektiv energiutnyttelse og lave utslipp av CO₂ og NO_x.
- Høy leveringssikkerhet og forutsigbar økonomi.
- Enkelt å drifte for kunden.
- På grunn av varmeveksler gir ubegrenset med varmt tappevann.
- Løsning med varmeveksler gir lav legionellarisiko og lavere varmetap og lite støy.
- Lite plassbehov hos kunden – ingen behov for silo eller lagerrom.
- Kundesentralen er fjernvarmeselskapets ansvar, ingen kostnad for kunden.
- Gir store samfunnsmessig fordeler: utnytter spill- og avfallsvarme, avlastet el-nettet.

3.7.2. Ulemper

- Høy temperatur og trykk på primærsiden.
- Tilknytningsplikt i konsesjonsområder kan by på utfordringer dersom utbygger ønsker andre løsninger. Ulik praksis i kommunene.
- Fjernvarmeprisen tenderer i dag til å følge prisen på elektrisitet.
- Vanskelig å oppnå lønnsomhet til eneboliger, derfor blir ikke dette prioritert.
- Samfunnsøkonomiske ulemper: Utbygging av fjernvarmenett er kapitalkrevende og krever høy kundetetthet, støtte eller høye strømpriser for å oppnå lønnsomhet.
- Ca 10 % varmetap i rørrettet.
- Vanlige spisslastalternativ ved fjernvarmeproduksjon er i dag fyringsolje, gass og elektrisitet. Prosenten fornybar spisslast er økende.

3.8. Fjernkjøling

Noen få fjernvarmeselskap i Norge har parallelt med fjernvarme også bygd fjernkjøleanlegg. Dette er oftest selskap som har varmepumpe som grunnlast men også byer som ligger tett ved sjøen og bruker kaldt vann (-7-8°C) fra dypt vann til frikjøling.

Selskaper som utnytter både varmepumpe og frikjøling fra sjøvann er bla anlegg i Moss, Lillestrøm og, Stavanger, Sandvika og Fornebu

I Oslo, Bjørvika er Hafslund Fjernvarme i ferd med å bygge et større anlegg for å levere både fjernvarme og fjernkjøling i området rundt Operaen. Anlegget skal kombinere varmepumpe og frikjøling fra sjøvann.

3.8.1. Fordeler:

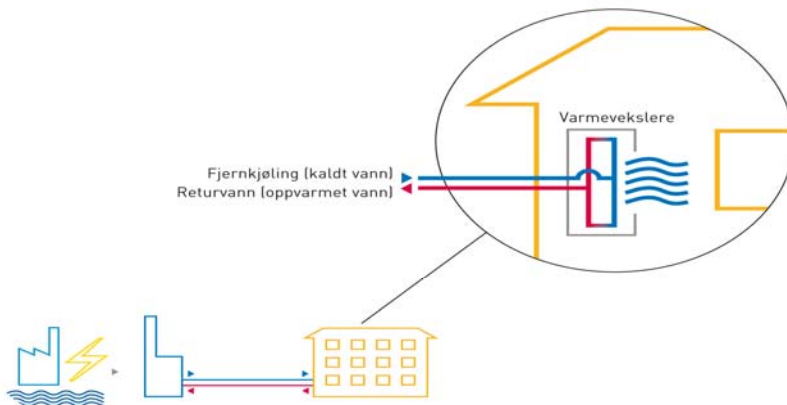
- Reduserer effektbehovet på strømmettet også om sommeren
- (ved bruk av isvannsmaskiner til komfortkjøling)
- "Gratis" energi fra sjøen eller varmepumper kan utnyttes
- Billigere distribusjonsnett (PEH rør)
- Energieffektivt smart å kombinere fjernvarme med fjernkjøling
- Ingen støy.

3.8.2. Ulemper

- Krever ofte store rørdimensjoner (pga liten temperatur differanse)
- Store grøfter (med totalt 4 rør for fjernvarme og fjernkjøling)
- Lite utbygget

Det er også kjent teknologi å bruke fjernvarme til produksjon og leveranse av kjøling. Fjernvarmeanlegg som er tilknyttet avfallsvarmeanlegg og store mengder spillvarme fra industrien vil kunne levere fjernkjøling ved bruk av fjernvarmevann og absorpsjonskjølemaskiner som er plassert lokalt hos kunden. Dette er en spesiell varmepumpe som ved å tilføre 80 – 90 °C vann, kan produsere kjøling til 5-10 °C. Fjernvarmeselskapet er avhengig av gratis spillvarme for at dette skal være lønnsomt økonomisk. I Trondheim er det bygget to pilotanlegg.

Et fjernkjølesystem kan både levere kjøling og varme. Dette kan utføres ved at varmepumper monteres i hvert bygg og tilkoples fjernkjølenettet. Ulempen med denne type anlegg er at man i hvert bygg også må reserve -og spisslastkjel. Valg av kjeltype (el/olje/gass) blir kritisk for anleggets fleksibilitet og økonomi. Det blir også stor usikkerhet omkring drifts- og vedlikeholdskostnader. Investeringskostnaden i hvert bygg blir også høye og plasskrevende. Denne type anlegg er i dag bygget i Nordfjordeid og på Universitetet i Bergen og fungerer tilfredsstillende. De er de eneste i Europa/verden så langt vi kjenner til.



3.9. Bioolje og biogass som erstatning til fossile brensler og el

I varmesentraler skal det benyttes:

- Fornybare energiresurser som hovedlast.
- Fossile brensler og elektrisitet som reserve- og spisslast.

Der det planlegges og prosjekteres varmesentraler med fossile brensler som reserve- og spisslast, skal det prioriteres bruk av Bio-fyringsolje og/eller biogass. I det nedenstående er disse 2 produktene beskrevet med videre henvisninger til ytterligere fordypninger.

3.9.1. Biofyringsolje

Det er totalt pr. mars 2010 ca. 130 000 aktive varmesentraler basert på fyringsolje i Norge, hvorav den største delen, ca. 110 000, er villakjeler. Forbruket av fyringsoljer utgjør ca. 1 milliard liter årlig i Norge, som består av lett fyringsolje (vanlig fyringsolje), spesialdestillat, tungoljer og fyringsparafin. Parafinfyring har ca. 300 000 installasjoner i Norge. Det nevnte forbruket skjer innen:

- Oppvarming av boliger.
- Oppvarming av hytter/fritidsboliger.
- Oppvarming av næringsbygg.
- Fjernvarmeanlegg.
- Industrien.

Informasjon om Bio-fyringsolje

Det er i løpet av de senere år utviklet Bio-fyringsolje som erstatning av fossil fyringsolje i flere land, som eksempelvis Sverige og Italia. I Sverige benyttes bl.a. betydelige mengder Bio-fyringsolje i fjernvarmeverk. I Norge tilbyr Bio8 AS, som er en av de toneangivende leverandørene på det norske markedet, flere typer Bio-fyringsolje (pr. mars tilbyr Bio8 AS 12 forskjellige typer Bio-fyringsolje), hvorav de viktigste hovedtypene er:

B5 fyringsolje inneholder 5 % bioolje. Alle eksisterende oljebrennere er godkjent for bruk av Bio-fyringsolje med innblanding av inntil 5 % bioolje. Videre må oljefilter skiftes. Oljetank må tømmes for fossil fyringsolje og rengjøres før den fylles med B5 fyringsolje.

B30 fyringsolje inneholder 30 % bioolje. Denne oljen kan kun benyttes av dem, som har utført en befaring av varmesentralen. I tillegg bør brenneren skiftes til egen brenner for bioolje. Oljefilter må skiftes og tank rengjøres før oppfylling med B30.

B100 fyringsolje inneholder 100 % bioolje. Denne bioolje-kvaliteten kan benyttes av dem, som har konvertert varmesentralen til en biobrenner. I tillegg må også her oljefilter skiftes og oljetank rengjøres før oppfylling med B100.

Oljeselskapene har foreløpig ikke satset på disse kvalitetene av Bio-fyringsolje. For Bio-fyringsolje skilles det mellom 2 kilder til råstoff, vegetabilsk og animalsk.

Vegetabilsk olje kan være:

RME (Raps Metyl Ester). Dette er soya, palme, solsikke med mer.

Animalsk olje kan være:

TME (Tallow Metyl Ester). Dette er fisk eller andre dyr.

RME har kuldeegenskaper, som er langt bedre enn TME. Dette gjør det mulig å lagre RME på en nedgravd utendørstank, mens TME krever lagring innendørs eller eventuelt i en utendørstank med varme.

Konvertering til biofyringsolje i en varmesentral basert på fossil fyringsolje

Det er noen utfordringer ved å gå over fra fossil fyringsolje til Bio-fyringsolje i en eksisterende varmesentral:

Ved overgang til B5, B30 og B100 fyringsolje må det som nevnt utføres noen justeringer i varmesentralen. Det er imidlertid forskjell på aktuelle fyrkjeler, som er i bruk, så det er vanskelig å si noe generelt. Det bør gjennomføres en befaring av den eksisterende varmesentralen før nødvendige tiltak besluttes.

Ved overgang til B100 basert på olje med "dårlige" kuldeegenskaper, krever oljen forvarming. Ved varmesentraler basert på tungoljer er slik forvarmingsanlegg allerede på plass, da tungolje har høy viskositet. I tillegg må man skifte ut oljebrenneren med en biobrenner.

For større varmesentraler, som benytter lett fyringsolje, er det også mulig å konvertere til B5. Her er det ikke nødvendig med forvarming.

Bio-fyringsolje er et løsemiddel og kan derfor medføre utfordringer ved konvertering av eksisterende varmesentraler. Noen metaller kan korrodere ved kontakt med Bio-fyringsolje. Metaller som kobber, messing, sink, bly og tinn må unngås og erstattes av rustfritt stål. Bio-fyringsolje degraderes noe raskere enn fossil fyringsolje. Dersom Bio-fyringsolje lagres lenge, må det tilsettes antioksidanter, samt utføres periodiske tester for å sikre at produktet tilfredsstillende standardkravene (slike tester finnes foreløpig ikke for Bio-fyringsolje, men for Bio-diesel (EN 14214 og EN 14213)).

Bygging av nye varmesentraler med Bio-fyringsolje

Ved bygging av en ny varmesentral basert på Bio-fyringsolje har man ikke noen begrensninger i.f.m disponibelt areal. Enten man satser på B5, B30 eller B100, kan man dimensjonere og prosjektere en varmesentral ut fra eksisterende effektbehov og varmebehov. Således er det fullt ut mulig å redusere forbruket av fossil fyringsolje rent teknisk, utfordringene ligger i forberedelser til bruk.

3.9.2. Biogass

Biogass er en fornybar gass, som oppstår når organisk materiale nedbrytes uten at det tilføres oksygen (anaerob prosess). Gassen, som oppstår, består i hovedsak av metan (60 – 70 %), CO₂, H₂O (vann), H₂S (hydrogensulfid) og mindre mengder andre stoffer. Biogass kan produseres på grunnlag av husdyrgjødsel, kloakkslam, matavfall, alle typer organisk avfall, restprodukter fra landbruket osv. Det er avdekket et teoretisk potensiale på ca 6 TWh (Østfoldforskning 2008) i Norge, men foreløpig produseres det 200 – 300 GWh basert på 29 anlegg. De nærmeste årene ventes det en stor økning i produksjonen siden det nå foreligger mange planer om bygging av nye anlegg. En kan også produsere biogass ved å gassifisere biomasse, men dette gjøres ikke i dag her i landet.

Bruk av biogass

Biogass er både et energiltak og et klimatiltak siden metan er en klimagass som er 25 ganger sterkere enn CO₂. Særlig innen landbruket, som står for 9 % av klimautslippet i Norge, skal en redusere utslippet av klimagasser ved å utnytte metan som biogass.

En skiller i praksis mellom deponigass og annen biogassproduksjon. Deponigass som produseres på søppelfyllinger har ofte svært mye sporstoffer og svært ujevn produksjon, og brukes derfor som oftest direkte på stedet til varmeproduksjon eller til produksjon av elektrisitet og varme i en motor som utnytter gassen som drivstoff. Biogass kan også distribueres sammen med naturgass. Dette gjøres i stor grad i Sverige der den selges som "fordonsgas". Dette gjøres i Stavanger, der det nå distribueres 5 % biogass på nettet.

Biogass kan oppgraderes ved at en skiller ut CO₂, H₂O (vann) og H₂S (hydrogensulfid). Ved å tilsette propan får biogassen det samme wobbetallet (brennverdi) som annen gass. Biogass kan brukes til samme formål som naturgass og propan, men det er særlig store forventninger til bruk av biogass som drivstoff i biler og andre kjøretøy. Ved å bruke biogass som drivstoff får en redusert bruken av bensin og diesel. Biogass reduserer også de lokale utslippene av NO_x, svovel og partikler. Siden gassen er produsert lokalt, skaper ikke bruken de samme etiske problemstillingene som bruk av bioetanol og biodiesel kan gjøre.

Kompetansekrav

I forhold til anleggene for biogass må en skille mellom håndteringsdelen av råstoffet (avfallet) for biogassproduksjonen, produksjonen av biogass, distribusjonen og anvendelsen av gassen, og til sist håndtering av bioresten som er igjen etter at det er produsert biogass. Både håndteringen av avfallet og bioresten faller inn under eget regelverk fra Mattilsynet og Landbruksmyndighetene. Den delen av anlegget som håndterer gass, faller inn under forskrift av 8. juni 2009 om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen (Forskrift om håndtering av farlig stoff), siden biogass regnes som en brannfarlig gass, sammen med naturgass og propan. Denne forskriften forvaltes av Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB). Prosjektering, installasjon, drift og kontroll av anlegg for biogass faller inn under kompetansekravet i forskriftens paragraf 7. Kompetansekravene utdypes i Temaveiledning om bruk av farlig stoff Del 1: "Forbruksanlegg for flytende og gassformig brensel", utgitt av Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB). DSB vil i senere temaveiledninger gå nærmere inn på krav til gasshåndtering i selve produksjonsanleggene for biogass.

Gassbransjen har etablert en egen opplæringsordning, hjemlet i Norsk Gassnorm, som oppfyller myndighetenes krav. Inntil det eventuelt er utarbeidet egne krav for biogassanlegg, vil disse kompetansekravene også gjelde for biogassanlegg. Det kan leses mer om disse kravene på www.gassnormen.no eller en kan få mer informasjon ved å kontakte TI Norsk Gassenter på tlf 22 86 50 00.

3.10. Varmeinnhold og virningsgrad for de enkelte energibærerne

Ved beregning av prisen omregnet fra øre/liter og øre/kg benyttes følgende formel:

$$\frac{\text{Øre/kg}}{\text{Varmeinnhold} \times \text{Virningsgrad}}$$

Nødvendige nøkkelinformasjoner for de forskjellige energiressursene er:

<u>kg/liter</u>	<u>Varmeinnhold kWh/kg</u>	<u>Virningsgrad</u>	<u>Egenvekt</u>
Fyringsolje	11,9	0,90-1,05	0,845
Fyringsparafin	12,0	0,75	0,803
Gass (propan/naturgass)	12,9	0,90-1,09	0,508
Trepellets (kjel)	4,8	0,85-0,90	0,650
Trepellets (kamin)	4,8	0,90-0,97	0,650
Ved (kjel)	4,0	0,85	0,500

3.11. Priser for energi i privatmarkedet

Pr. august 2010 gjelder følgende priser omgjort til øre/kWh inkl. mva.

Trepellets (kjel)	58,8	øre/kWh
Trepellets (kamin)	65,0	øre/kWh
Gass (propan)	80,7	øre/kWh
Fjernvarme	81,0	øre/kWh
Fyringsolje	83,8	øre/kWh
Elektrisitet	88,6	øre/kWh
Fyringsparafin	119,0	øre/kWh

Prisene relateres til Norsk Varmeteknisk Forening, som jevnlig samler inn slik prisinformasjon.

4. Bygging og rehabilitering av skorsteiner

4.1. Innledning

Det er viktig å ha god innsikt i skorsteinsproblematikken for å kunne utføre rehabiliteringsarbeidet på en korrekt måte. Det anbefales kun å bruke firmaer med påkrevd lokal eller sentral godkjenning/relevant kunnskap på området, når skorsteiner skal bygges, vedlikeholdes eller rehabiliteres. Det er også viktig å være klar over at en varmesentral ofte består av følgende hovedelementer:

- Kjel
- Ildsted
- Varmepumpe
- El. kassett
- Akkumulatortank
- Skorstein
- Lagring av brensel (som for eksempel fyringsolje, gass, pellets)
- Ventilasjon.

Feil ved et av disse hovedelementene vil medføre at varmesentralen ikke fungerer optimalt. Derfor er det viktig å inkludere en rehabilitering av skorstein, når en gammel kjel skal erstattes av en ny.

Varmesentraler med olje- og eller gasskjeler med avgitt effekt på inntil 70 kW med balansert forbrenning, trenger ikke skorstein. Slike kjeler kan monteres med DV avgassrør/dobbeltrør, som kan føres gjennom yttervegg eller tak.

4.2. Formaliteter og lover

I 1987 ble det innført tetthetskrav for skorsteiner i Norge.

Før arbeidet med en ny skorstein eller rehabilitering av en eksisterende skorstein kan starte, må alle formaliteter i forbindelse med eksisterende lovverk være i orden. Dette vil i korte trekk innebære at den, som skal stå for bygging/rehabilitering, må ha sentral eller lokal godkjenning for denne type arbeid. Tilstandsrapport og tiltaksrapport og alle nødvendige søknadsskjemaer, som lovverket krever, må fylles ut. Når dokumentasjonen er godkjent av kommunale myndigheter, kan arbeidet starte. Når arbeidene er ferdig utført, oversendes kontrollskjemaer og eventuelt øvrige skjemaer, som kreves, til kommunen. Først når kommunen har sendt ferdigattest, kan den nye/nyrehabiliterede skorsteinen tas i bruk. Her vil man av erfaring kunne møte på ulike praksiser vedrørende søknadsbehandlingen i den enkelte kommune.

4.3. Monteringsanvisninger

Det er viktig å følge leverandørens monterings- og bruksanvisninger nøye. Materialene i godkjente rehabiliteringssystemer for skorsteiner er:

Lettklinker og pimpsteinsbetong (sementbaserte materialer).

Leca, keramiske materialer (glaserte og uglaserte).

Forskjellige ståltyper og stålqualiteter.

Plastikk/Polypropylen.

Wärmequlit.

Komposittføringer.

Det skal kun benyttes rehabiliteringssystemer, som er CE-godkjent og godkjent ved anerkjente prøvningsinstitusjoner. Monteringsanvisning skal være på nordisk språk. Norge har avtaler med bl.a. de nordiske land og EØS.

I de statlige byggebestemmelsene, Byggenormserien, finnes det oversikt over de fleste rehabiliteringssystemene, som er testet og anbefalt av myndighetene.

Det påpekes at murte peiser og teglskorsteiner er å regne som bygningsmessige konstruksjoner der det ikke finnes monteringsanvisninger slik man finner for typegodkjente produkter. Her vises det til "Håndbok i skorstein og ildsteder", utgitt av Norsk Brannvernforening. Det fremgår for øvrig av byggeforskriftene hvorledes murte peiser og teglskorsteiner skal installeres.

4.4. Isolasjon

Utvendige skorsteiner og skorsteiner, som går gjennom høye og kalde loft, trenger ekstra god isolasjon for å virke bra. Isolasjonen bør være på innersiden mellom skorsteinsforing og skorsteinsvngen. Utvendig isolasjon på en skorstein er lite hensiktsmessig.

4.5. Trekk

Trekk oppstår når inneluft (røykgassene) i skorsteinsløpet får en høyere temperatur enn luften utenfor huset. Røyken inne i skorsteinsløpet blir lettere enn uteluften og vil stige opp i skorsteinen på samme måte som en luftboble stiger opp i vann. Inneluft fra boenheten vil samtidig trekkes gjennom ildstedene og inn i skorsteinen. Jo større temperaturforskjellen mellom luften utenfor huset og røykgassene (luften) i skorsteinen er, desto sterkere blir trekkvirkningen.

I dag finnes det på markedet skorsteiner, som har egen kanal for direkte tilluft til kjelen/ildstedet, som vil eliminere de fleste problemer tilknyttet trekk.

Feil trekk kan skyldes at røykkanalen kan ha for stort tverrsnitt i forhold til innfyrt effekt. Høyden på røykkanalen (skorsteinen) har også en vesentlig innflytelse på trekken. Med en for stor røykkanal kan det oppstå dårlig trekk/feil forbrenning. Dette kompenseres i dag ofte ved å montere en røykgass-suger på skorsteinstopp.

Trekkstyrke er lik den kraft, som driver røyken gjennom skorsteinskanalen. Røykgasshastigheten i skorsteinen er avhengig av trekkstyrken. Skorsteinshøyden og røyktemperaturen er avgjørende for trekkstyrken. Forlenges skorsteinen utover en viss grense, avhengig av skorsteinens art og røykgasstemperatur, vil forlengelsen kunne virke direkte skadelig på trekken.

Tilførsel av utilstrekkelig forbrenningsluft til ildstedet er i dag den vesentligste årsaken til feil trekk. Topografiske forhold eller forhold ved byggets takkonstruksjon påvirker i liten grad trekken, dersom fyringsanlegget er riktig dimensjonert.

Leverandørene av skorsteiner og rehabiliteringsprodukter har dataprogrammer, som beregner riktig høyde og tverrsnitt for den enkelte kjel, slik at man oppnår optimale trekkforhold.

4.6. Grunner til at skorsteiner trenger reovering

Den vanligste årsaken til at skorsteiner blir ødelagt, er slitasje, forvitring og elde. Ved vanlig bruk har en teglskorstein en levetid på ca. 30 år. Etter dette må vedlikehold påregnes. Dersom skorsteinen er galt dimensjonert eller feil montert eller ved feilaktig fyring, kan den brytes ned betydelig raskere. Pipebranner er også en betydelig årsak til at skorsteiner må rehabiliteres.

Erfaring viser at skorsteinstyper, som har røykkanaler med innslag av sement og ubehandlet metall, forvitrer raskest. Dette beror på fyringens art og temperatur på røykgassen.

Gamle skorsteiner er som regel dårlig isolert og har for store tverrsnitt. Moderne ildsteder og kjeler gir mindre avgassmengde, som krever mindre tverrsnitt for røykkanalen. Vi anbefaler at det ved utskiftning av kjel gjøres en nøye vurdering/beregning av om skorstein må fores.

4.7. Rehabilitering /utskiftning av skorsteinstopp

Vanligvis repareres skorsteinstopper ved å rive dem ned til tak eller loft, for deretter å bygge dem opp på nytt. Vi ser også i mange tilfeller at skorsteinstoppene kles inn med beslag av metall. Dette regnes som vedlikehold og må derfor ikke byggemeldes.

Rives derimot skorsteinen helt ned til loftsgulvet, må den bygges opp igjen etter gjeldende forskrifter. Slike arbeider må det søkes byggetillatelse for.

4.8. Spesielle forskrifter for teglskorstein

Teglskorsteiner, som blir bygget opp igjen i tegl, skal i henhold til forskriftene bygges med helsteinsvanger i den kalde delen, det vil si gjennom kaldt loft og over tak. Det finnes i dag rehabiliteringssystemer, som kan benyttes for å utbedre den øverste delen av skorsteinen. Det må benyttes en røykkanal, som er tilnærmet lik resten av røykkanalen. Den nye kanalen skjøtes på toppen med et rehabiliteringssystem, som innehar produkttillatelse for slike arbeider. På denne måten oppnås en godt isolert skorstein i den kalde og mest utsatte delen av skorsteinen. Dermed blir byggeforskriftens krav om likt tverrsnitt i hele skorsteinens lengde oppfylt.

Det er imidlertid ytterst viktig at når det oppdages at øvre del av skorsteinen er i så dårlig forfatning at rehabilitering er påkrevet, er også faren stor for at resten av skorsteinen er i dårlig stand. Dette betyr at slike skorsteiner i de fleste tilfeller bør totalrehabiliteres.

Det er i den senere tid avdekket mange teglskorsteiner, som er installert/bygget på en feil måte, og som derfor er brannfarlige. Feilene er vanligvis at avstanden til brennbart materiale ikke er stor nok i henhold til forskriftene, eller at skorsteinen er oppført før det ble stilt formelle krav til oppstillingsvilkår for teglskorsteiner.

Totalrehabilitering av teglskorsteiner gjøres ved å benytte et system med luftspalter. Når denne metoden utføres nøyaktig, ifølge godkjent monteringsanvisning, avkjøles yttervangene tilstrekkelig til at brennbare materialer kan legges inntil skorsteinen, slik det vises i anvisningen.

Alle godkjente produkter kan benyttes i.f.m rehabilitering av foringer med avstandsstykker. Dette gjelder foringer av stål eller pipestein, som støpes ut med løs Leca.

4.9. Tørre og våte skorsteiner

Når rehabiliteringssystem skal velges, er det viktig å vite forskjellen på tørre og våte skorsteiner. Tørre skorsteiner finner vi der det er ildsteder med høy røykgasstemperatur, som eksempelvis vedfyrte ovner og peiser. Våte skorsteiner er ifm ildsteder der det benyttes flytende brensel eller gass, som eksempelvis kjeler for olje og gass, samt parafinkaminer, med lavere røykgasstemperaturer (under 150°C).

4.10. Totalrehabilitering med isolering

Rehabilitering med isolering er en vanlig måte å totalrehabiliterer teglskorsteiner. Alle skader, som skorsteinen har, må repareres før foring monteres.

En ny røykkanal senkes ned i hele skorsteinens lengde. Deretter isoleres og stabiliseres mellomrommet mellom gammel og ny røykkanal med et isolasjonsstoff, som kan være "Wärmequilit-masse", lecakuler eller lignende. Se for øvrig detaljerte opplysninger i informasjonsbrosjyrer og monteringsanvisninger fra leverandørene.

4.11. Totalrehabilitering med luftspalter

Alle skader på eksisterende skorsteiner må repareres før foring monteres. Det er i denne sammenheng ingen forskjell på om det benyttes isolasjon ved rehabilitering. Varmgang fra et eventuell skadet isolert foringsrør eller en lekkasje fra en isolert foringsrør er like farlig og skadelig som fra en foring uten isolasjon. Se for øvrig detaljerte opplysninger i informasjonsbrosjyrer og monteringsanvisninger fra leverandørene.

Rehabilitering med luftspalter er i dag en meget vanlig rehabiliteringsmetode av flere typer skorsteiner. Metoden går ut på og "tre inn" nye foringsrør i eksisterende skorsteiner med tilknytning av t-stykker mot ildsted og fyrkjel, og som tilfredsstiller dagens tetthetskrav. Den nye kanalen stabiliseres med spesielle avstandsholdere. Det stilles krav til antallet avstandsholdere for å få stabilisert og festet den nye røykkanalen godt nok. Da den nye foringen er rund og som regel monteres med mindre tverrsnitt, samt at metall varmes lettere opp enn stein, oppnåes ofte bedre trekk.

4.12. Totalrehabilitering av skorsteiner i forbindelse med utskiftning av fyrkjel

Nye fyrkjeler, som lavtemperaturkjeler og kjeler med spesielt høye virkningsgrader, (som kjeler med kondenserende forbrenning, med virkningsgrader på inntil 109 % for gasskjel og inntil 105 % for oljekjel), utnytter så mye av varmen i røykgassen, at temperaturen blir svært lav. Dette kan føre til kondensering i røykkanalen. Det er derfor viktig at røykkanalene leveres i materiale, som tåler kondens, som eksempelvis rustfrie/syrefaste stålrør med godkjent stålkvalitet, plast, glass, kompositt eller glaserte, keramiske rør (våte skorsteiner). Her er det viktig at det også monteres kondensdren i bunn av skorstein for å lede/samle opp eventuell syreholdig kondens i en "neutrabox" og får denne renses før vannet føres til et egnet avløp.

5. Biovarme

5.1. Biobrensel

Brensel som produseres fra biologisk materiale kalles biobrensel. Biobrensel regnes som CO₂ nøytralt så lenge forbruket er mindre enn tilveksten av biomasse. CO₂ som slipper ut fra biobrensel bindes i nytt plantemateriale gjennom fotosyntesen. På den måten inngår CO₂ fra biobrensler i et lukket kretsløp uten at det blir noen netto økning av drivhusgassen i atmosfæren.

Biobrensel kan utnyttes i følgende faser:

- Fast – Ved, flis og foredlet biobrensel som for eksempel pellets
- Gass – Biogass som kan benyttes til varme- og kraft-produksjon eller som drivstoff
- Flytende – Biodrivstoff og biologisk fyringsolje

I dette kurset tar vi for oss ulike typer fast biobrensel som kan benyttes til varmeproduksjon i varmesentralen. Faste brensler forekommer i mange varianter med hensyn på størrelse, fuktighetsinnhold og foredlingsgrad. De minst foredlede biobrenslerne er ved og fuktig skogsflis. Eksempler på foredlede biobrensler er briketter, pellets og trepulver. Nedenfor har vi listet opp de viktigste formene for faste biobrensler:

- Ved
- Bark
- Stammevedflis - flis fra rundvirke (tømmerstokken, stammen)
- Heltreflis - flis av hele tre (stamme og grener)
- Flis fra hogstavfall - flis av rester fra hogst, grener og topp (GROT)
- Industriflis – flis fra skogindustrien
- Returvirke – flis fra utsortert treavfall
- Briketter
- Pellets
- Trepulver

Brenseltypene er listet opp med de minst foredlede typene øverst og foredlede brenselstypene nederst. De foredlede brenselstypene skiller seg fra de uforedlede brenslerne ved at de er forbehandlet og har forutsigbare kvaliteter med nøye definert tørrstoffinnhold, form og størrelse. Pellets er et godt eksempel på foredlet biobrensel. Pellets er homogent og har en jevn kvalitet, slik at det gir svært få overraskelser ved brenselhåndteringen/lagring og under forbrenningen.

5.1.1. Ved

Stammeved av de fleste treslag er egnet til vedfyring. Variasjonen i brennverdi henger sammen med oppbyggingen av veden i de forskjellige treslagene og fuktigheten i veden. Tørr brenselved skal ha fuktighet på rundt 20%. Storesekk på pall eller potetkasser gir en rasjonell håndtering under lagring og transport.

5.1.2. Bark

Bark er et biprodukt fra treindustrien og brukes i hovedsak som brensel internt innenfor denne sektoren. Barken er ofte fuktig (50 % eller mer i snitt) og lite homogen. Brenselet har også stort mineralinnhold og generer derfor mer aske enn andre trebaserte brensler.

5.1.3. Energiflis

Energiflis er en bulkvare hvor kvaliteten på flisa, fraksjonstørrelse og fuktighet er av stor betydning. Flisa må tilfredsstille kvalitetskravene til det aktuelle forbrenningsanlegget.

Stammevedflis

Energiflis av stammeved er forholdsvis homogen Energitømmer lagres i ranker og man oppnår på luftige plasser god nok tørk over sommeren til å oppnå fyringstørr flis med en gjennomsnitts fuktighet på 25 - 35 %.

Heltreflis

Flising av heltre er særlig aktuelt i forbindelse med tynning og rydding i skogen. Trærne flises hele med stamme og grener. Heltreflis har ofte høyere fuktighet enn stammevedflis (gjennomsnitt på 35 – 40 %), og må i mange tilfelle tørkes for å tilpasse brenselet til fyringsanleggene.

5.1.4. Hogstavfall

Grener topper (GROT) og kapp fra hogstfelt kan samles opp, tørkes og flises på samme måte som heltreflis. I Sverige og Finland er det svært vanlig å produsere brenselflis fra hogstavfall. Produksjonen har også kommet i gang i Norge, og vil bli mer aktuell i tiden fremover. Flisen er ofte lite homogen og med varierende fuktighet (gjennomsnitt på 45 – 55 %). Brenselet egner seg derfor best til større anlegg.

5.1.5. Industriflis

Industriflis er tradisjonelt betegnelsen på flis som brukes til fiberproduksjon i treforedling-, cellulose- og papirindustrien. I biobrenselsammenheng blir begrepet utvidet til alle fraksjonene av biprodukter fra produksjon i trebearbeidende industri.

Rå industriflis

Er biprodukter fra skurproduksjon ved flising av barket bakhon og reduserfreser i saglinja. Flissponene har en lengde på 20 – 40 mm. Fuktigheten er 50 – 60 %. Rå flis og bark brennes i større anlegg med røkgasskondensering.

Tørr industriflis

Er biprodukter fra trebearbeidende industri, møbel-, innredning- og trevareindustri. Fuktigheten er ofte lav og under 10%. En vesentlig del nyttes i bedriftenes egen varmeproduksjon og til produksjon av pellets og briketter. Kutterspon fra høvling, justering og kapp i trelastindustrien har en fuktighet på 15 – 20%.

5.1.6. Returvirke

Gjenvunnet rivningsvirke og treavfall, emballasje, paller o.l kan benyttes som brensel. Avfallet blir kvernet eller knust til flisfraksjoner i større anlegg hvor metalldeleer trekkes ut med magnet. Rent treavfall kan videreføres til brenselflis, pellets og briketter. Fuktigheten i rivningsvirke og treavfall er normalt 15 – 35 %.

5.1.7. Briketter

Briketter produseres som regel av flis fra treindustrien og fra returvirke. Flisen presses til kubber/ sylindere med en diameter på 20-70 mm. Når flisen blir komprimert på denne måten, økes energimengden pr volumenhet. Briketter er enkelt å håndtere, lagre og forbrenne. Briketter krever enklere og rimeligere produksjonsutstyr enn pellets. Tradisjonelt har briketter blitt benyttet i større kjelanlegg. I de senere årene har det også blitt mer vanlig å bruke briketter i stedet for ved i tradisjonelle vedovner.

5.1.8. Pellets

Pellets er små sylinderformete enheter med en typisk diameter på 6 – 8 mm. Det produseres også pellets med diameter på 12mm. Råstoff til pelletsproduksjonen har tradisjonelt vært tør flis fra trebearbeidende industri. Etter hvert som etterspørselen på pellets har økt har produsentene begynt å bruke skogsflis som råstoff. Flisen tørkes til ca 10% fuktighet og males opp før den presses til pellets. Pellets er et homogent brensel med stabile egenskaper og høyere energitetthet

enn flis. Brenselet kan håndteres og fraktes i lukkede systemer og egner seg spesielt godt til å erstatte fyringsolje til oppvarming.

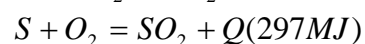
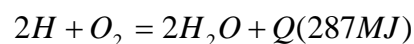
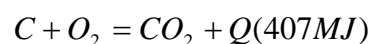
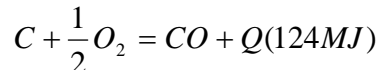
5.1.9. Trepulver

Trepulver er finmalt trevirke, med partikkelstørrelse mindre enn 1 mm. Hoveddelen av pulveret har en partikkelstørrelse som er mindre enn 0,2 mm. De fleste typer trevirke kan brukes som råstoff til trepulver. Trevirket må flises, tørkes og males opp til pulver. Trepulver håndteres og transporteres på lik linje med tilsvarende pulver, som for eks. mel eller sement. Trepulver benyttes i tilpassede pulverbrennere som kan monteres på standard oljekjeler. Dette medfører betydelig lavere investeringskostnader sammenlignet med flisfyrte anlegg. Trepulver gir også langt bedre reguleringsmuligheter sammenlignet med flis. I den senere tid har det blitt utviklet en ny teknologi hvor varmesentraler kjøper inn og lagrer pellets som males opp til trepulver. Pulveret forbrennes i spesialkonstruerte pulverbrennere.

5.2. Forbrenningsteori

Biomasse kan omformes og bearbeides på ulike måter. Den viktigste formen for omforming er forbrenning, der det frigjøres energi i form av varme. Selve forbrenningen er en kjemisk prosess av brensel ved høy temperatur ved reaksjon med oksygenet i luften. Disse reaksjonene frigjør varmeenergi. Det er viktig at en slik forbrenning er fullstendig slik at man oppnår en god utnyttelse av brenselet og reduserer mengden av miljøskadelig utslipp til naturen.

Biobrensel inneholder primært grunnstoffene hydrogen (H) og karbon (C) i organiske forbindelser som gir utslipp av helt ufarlige gasser. I tillegg inneholder biobrensel små bestanddeler av svovel, nitrogen, klor og tungmetaller som gir uønskede utslipp til omgivelsene. Forbrenningen skjer når de brennbare stoffene ved høy temperatur reagerer med oksygen i luften og danner nye forbindelser samt varme. Vi har følgende reaksjoner med varmeproduksjon:



CO ₂	:	Karbondioksid
H ₂ O	:	Vann (damp)
SO ₂	:	Svoveldioksid
Q	:	Varme

Varme (med standardsymbol Q) er etter en streng definisjon termisk energi overført fra et sted med høyere temperatur til et sted med lavere temperatur. I forbrenningsanlegg overføres varmen fra røkgassen til vannet i fyrkjelen.

5.3. Biovarmebasert vannbåren varme

5.3.1. Pelletskjel i bygg

Eksisterende oljekjeler kan enkelt skiftes ut med pelletskjeler. Pellets er et miljøvennlig foredlet biobrensel laget av treflis presset sammen under trykk. Ved konvertering fra olje til pellets blir CO₂-utslippene redusert til 0 og anlegget blir fyrt på miljøvennlig fornybar energi. Pelletskjeler finnes i ulike størrelser, alt fra kjeler tiltenkt villa/hus til større bygg.

Oppvarmet vann distribueres videre i rør (fjernvarmerør) til bygg og boliger i et definert område. Sluttkunden mottar dermed vannbåren miljøvennlig komfortvarme.

5.4. Brenselkvalitet og krav til biobrensel

Det er utviklet en mengde forbrenningsteknologier og anlegg for ulike typer biobrensel. Når ønsket biokjel er valgt og installert, må det benyttes riktig type biobrensel til anlegget. Bruk av brensel med feil egenskaper medfører dårlig forbrenning, lavere virkningsgrad, økte utslipp og hyppigere driftstans. Det er derfor svært viktig at brukeren sørger for at det kjøpes biobrensel med de riktige egenskapene for anlegget.

5.5. Noen egenskaper for enkelte biobrensler

Brensel	Aske % av tørrvekt	Vann, % av totalvekt	Rådensitet [kg / l m ³]	Effektiv brennverdi [MWh/tonn]	Effektiv brennverdi [MWh/ l m ³]
Ved, bjørk	0,8	20	430	4,1	1,49
Ved, gran	1,3	20	340	4,1	1,15
Skogsflis, furu	1,5	55	390	1,9	0,73
Skogsflis, gran	2,0	55	355	1,9	0,69
Industriflis, rå	1,8	55	300	1,9	0,55
Industriflis, tørr	0,3	20	200	4,1	0,78
Høveflis	0,5	15	100	4,6	0,46
Sagflis	0,5	44	230	2,7	0,63
Mark, nåletrær	3,0	50	280	2,3	0,65
Retur virke	15 - 20	20	265	3,8	0,70
Pellets	1,0	8-12	650	4,8	3,10
Briketter	0,7	10-12	600	4,3	2,60
Trepulver	0,5	5	280	4,9	1,20
Bark	2,5-3,0	55	280	2,3	0,60

En fast m³ trevirke tilsvarer ca 2,5 m³ flis
 En fast m³ trevirke tilsvarer ca 1,7 m³ stablet ved
 En fast m³ helt tørr granved veier ca 400 kr
 En fast m³ gran med 30% fuktighet veier ca 600 kg
 En fast m³ gran med 50% fuktighet veier ca 800 kg
 En fast m³ gran med 65% fuktighet veier ca 1000 kg

5.6. Standarder for biobrensler.

Det er utviklet standarder for forskjellige biobrensler. Dette gir en mer enhetlig definisjon og beskrivelse av brenseltypene, slik at produsent, leverandør og forbruker kan kommunisere bedre i forbindelse med brenselomsetning. Standardene er et nyttig verktøy for å sikre at ulike biobrenselanlegg fyres med riktig tilpasset brensel.

5.6.1. Norske standarder

Standard Norge har til nå utviklet følgende norske standarder for biobrensel og flere er under utvikling.

- NS 3165, 1999: Biobrensel. Sylinderformede pellets av rent trevirke. Klasseinndeling og krav

- NS 3166, 1999: Biobrensel. Bestemmelser av mekanisk styrke av pellets
- NS 3167, 1999: Biobrensel: Bestemmelse av fuktinnhold i laboratorieprøver
- NS 3168, 1999: Biobrensel. Brenselbriketter, klasseinndeling og krav.
- NS 4414: Ved til brensel i husholdninger

Standardene kan bestilles fra: Standard Norge, Postboks 242. 1327 Lysaker
www.standard.no

På Standard Norges hjemmeside er det lagt ut hele 44 standarder om biobrensel til salg. Foruten ovennevnte norske standarder selges en rekke CEN-standarder.

Det er foreløpig ikke utarbeidet norske standarder for brenselflis. Markedet benytter derfor i stor grad de svenske standardene. På europeisk nivå arbeides det med felles standarder for biobrensel som skal gis ut av CEN, European Committee for Standardisation (www.cenorm.be). Disse standardene vil trolig også bli gjeldende i det norske markedet.

Tabellen nedenfor viser forskjellen mellom Norsk Standard for pellets og tilsvarende forslag til CEN standard. CEN standarden for pellets vil bli gjort gjeldende i en prøveperiode på 2 år fra og med mars 2010.

	NS 3165	CEN 1. mars 2010
Egenvekt	> 0,60 kg/l	> 0,60
Fuktighet	< 10,0 %	<10 %
Varmeinnhold	> 4,7 kWh/kg	> 4,6
Mekanisk styrke	< 0,8 % 1)	> 97,5 %
Finandeler	Ingen	< 1 %
Askesmeltepunkt	> 1 300 grader	> 1 200 grader
Askeinnhold	< 0,7 %	< 0,7 %

5.7. Biovarme

Biovarme er en felles betegnelse for bruk av biobrensel (pellets, briketter, flis og ved) til fremstilling av varmeenergi. Det er to hovedmuligheter for anvendelse av biovarme:

- Oppvarming av vann i form av vannbåren varme (tank, radiatorer, vannbåren varme i gulv (gjennom rør)
- Luftoppvarming i bygg/oppholdsrom basert på varmeenergi direkte fra en pelletskamin eller vedovn.

Ressursgrunnet for biovarme både i Norge og internasjonalt har et stort vekstpotensiale. Oppvarmingsmarkedet i Norge er på om lag 50 TWh (2010), mens bioenergi i dag dekker i underkant av 15 TWh i dag (2010). I Norge kan biovarme erstatte vesentlige deler av oljeoppvarmingen og bruk av elektrisitet til oppvarming.

5.8. Biovarmebasert punktoppvarming

5.8.1. Pelletskamin

I boliger uten sentralvarmeanlegg kan panelovner og parafinbrenner erstattes med pelletskaminen. Pelletskaminer benytter det samme miljøvennlige brenselet som pelletskjeler.

Pelletskaminer med innebygget brenselager og innmating av trepellets fra "daglager". Kaminen monteres i oppholdsrom og det er ingen særskilt krav til fyrrom. Kaminen må stilles opp i som anvist i monteringsanvisning fra leverandør.

Effekt på kaminer er normalt opp mot 15 kW. Kaminene kan både være i form av punktvarme, eller i med vannkappe for tilkobling til vannbårent varmeanlegg. En pelletskamin driftes og vedlikeholdes av eieren. Feiervesenet foretar feiing og tilsyn med pipe.

Installasjon av pelletskamin med vannkappe er søknadspliktig.

5.8.2. Rentbrennende vedovner

Vedovner har en lang tradisjon som energikilde. Ved er en fornybar ressurs og rentbrennende vedovner er dermed et miljøvennlig energialternativ. Veden består av brennbart materiale (tørrestoff), vann og aske. Jo mindre vann (fuktighet) det er i veden, jo større blir den effektive brennverdien.

5.9. Biovarmebasert sentralvarme, oppstillingsvilkår

I hovedtrekk kan vi skille fyringsanlegg for pellets inn i to kategorier som begge er omtalt i denne modulen. I det følgende forklares oppstillingsvilkår og krav til fyrrom for de forskjellige kategoriene. I praksis er saksgangen og montering ved oppstilling av fyringsanlegg for pellets regulert av flere lover med forskrifter. De viktigste er Plan og bygningsloven med tekniske forskrifter (TEK). Forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesaker (SAK) og brann og eksplosjonsvernloven. I tillegg finnes flere temaveiledere.

5.9.1. Pelletsfyrte fyrkjeler med effekt opp til 60 kW

Fyrkjeler for pellets med effekt opp til 60 kW skal plasseres i et eget fyrrom. Fyrrommet skal utføres som en branncelle, med branncellebegrensede bygningsdeler minimum EI60 bestående av begrenset brennbart materiale eller bedre. Videre er følgende vilkår til oppstilling angitt i "veiledning om montering og drift av fyringsanlegg for brensel av trepellets" Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap DSB (tidligere DBE) og Statens bygningstekniske etat BE 2002.

Det må legges til rette for en enkel betjening, ettersyn og vedlikehold av installasjonen. Dette oppfylles hvis avstanden mellom kjel og vegg og mellom kjeler er 0,7 m. En del større kjeler krever større avstander fra kjeldør til vegg for tilgjengelighet for feiing. Kjeleleverandør må angi mål for tilgjengelighet for vedlikehold. For kjelesider som ikke trenger adgang for vedlikehold, kan disse avstandene reduseres med 50 %. Minste fri avstand mellom vegg og kjelefront bør være 1,5 m. Fri ganghøyde bør være 2,2 m.

Fyrkjeler for pellets skal også tilfredstille gjeldende krav i lavspenningsdirektivet og maskindirektivet. Fyrkjelen må også stilles opp som anvist i monteringsanvisning fra leverandør.

5.9.2. Pelletsfyrte fyrkjeler med effekt over 60 kW

Samme oppstillingsvilkår og krav som for kjeler under 60 kW.

5.10. Kjele og brenner

Utformingen av en pelletsfyr vil variere etter valg av brensel og forventet variasjon i brenselkvaliteten. Følgende generelle prinsipper benyttes:

- Pelletbrenner for montering i kjel/integrert brenner og kjel.
- Stoker med brennerhode for innmontering i kjel.
- Undermaterstoker for pellets eller briketter
- Ovn med fast eller bevegelig rist for pellet eller briketter

For de to første alternativene gjelder at kjelen og brenneren er to fysisk forskjellige enheter, mens for de to siste er forbrenningsenheten og kjelen integrert. Pelletsbrenner og stokerbrenner med

brennehode benyttes primært for anlegg under 60 kW, mens større anlegg som oftest benytter en integrert løsning.

I det påfølgende vil de viktigste forbrenningsanleggene som benyttes for ulike brenselkvaliteter kortfattet bli beskrevet.

5.10.1. Pelletskjele og brenner for anlegg under 60 kW

Pelletsbrenner for innmontering i kjele

Kjel med pelletsbrenner innmontert er en vanlig form for pelletsfyring i vannbårne fyringsanlegg i privatboliger, men benyttes også i noen litt større anlegg. Noen oljekjeler med store brennkammerer er egnet for pelletsbrennere. Kjelen må relativt enkelt kunne feies/rengjøres på grunn av asken som kommer fra pellets.



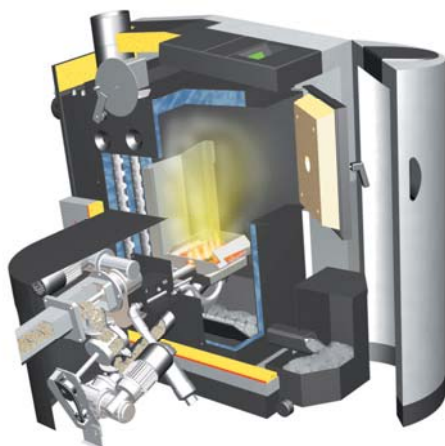
Det som karakteriserer en pelletsbrenner er den skrå mateskruen som lar trepelletsen falle gjennom en smeltbar slange til en fallsjakt og derfra videre til herden (forbrenningsristen). Forbrenningsristen har et begrenset areal og har som regel ingen bevegelige deler, slik større anlegg har. Den smeltbare slangen minimerer risikoen for at ilden skal slå tilbake.

Vedlikeholdet av en trepelletsfyr avhenger av kjele og brenner. I noen situasjoner bør den renses ukentlig, i andre kan det gå en måned mellom hver rensing. Rensingen består i at kjele flatene børstes rene, at forbrenningsristen renses og at fyren tømmes for aske. En ny kjele krever normalt langt mindre rengjøring enn en eldre modell.

Størrelsen på trepelletsmagasinet og det aktuelle varmeforbruket bestemmer hvor ofte du må fylle på trepellets, men normalt har en silo kapasitet til to til fire ukers drift. Rensing og påfylling av trepellets tar en halv til en time, og utføres det ukentlig i fyringssesongen og månedlig om sommeren, er det altså 16–32 timer per år.

Integrert brenner og kjele

I en integrert kjele ligger forbrenningsristen inne i et forbrenningskammer som igjen henger sammen med kjelen (der røkgassen overfører varme til vannet). Pelletsfyrte kjeler av denne typen er konstruert kun med tanke på å brenne pellets, i motsetning til kjele med pelletsbrenner som er utviklet med tanke på å kunne benytte brenneren i flere type kjeler. Dette medfører at fyringsanlegg av denne typen ofte har høyere grad av automatisering.



Fyringsanlegg av denne typen har som regel en form for tilbakesikring i innmatingen i form av celleduse som erstatning for slangen som benyttes for pelletsbrennere. Andre egenskaper som ofte er en del av et slikt fyringsanlegg er:

- Automatisk askeuttak.
- Automatisk rensing av brennkammer.
- Automatisk feiing av varmeveksler.
- Hastighetsregulert røkgassvifte.
- Regulering av luftmengder og brensel.

I tillegg har slike anlegg ofte automatikk som muliggjør styring av varmekurser, lading av VV bereder etc.

5.10.2. Pelletskjele og brenner for anlegg over 60 kW

Stoker med brennerhode for montering i kjel

Stoker med brennerhode tilbys med brennerhode i stål eller i keramisk materiale. Brenselet forbrennes i brennerhodet / skålen som er en forlengelse av skruen eller skruene. Primær- og sekundærluften tilføres i dyser i brennerhodet /skålen. Brennerhodet er helt eller delvis innmontert i en kjele. Stoker med brennerhode benytter som regel alternerende styring.

En stoker med brennerhode har som regel mekanismer for å flytte brenselet fremover i brennerhodet. Prinsippet for forbrenningen blir derfor relativt likt en ovn med ristforbrenning, men forskjellen er at utbrent brensel i brennerhodet dyttes ned i bunn av kjelen.

Kjelen som benyttes kan ha liggende eller stående røykrør og forskjellige løsninger for feiing og askeuttak.

Undermaterstoker for pellet

Underfyrte stokerkjeler er enkle fyringsanlegg med relativt få bevegelige deler. Ovnen egner seg godt til fyring av tørr flis og pellet med en relativt god forbrenning på tross av et "lite raffinert" forbrenningsprinsipp. Ovnen fungerer ved at brenselet transporteres til brennkammeret i bunnen av kjelen med en stokerskrue og forbrennes der ved lufttilsetning fra siden. Ovnen krever et tørt og ensartet brensel og må betraktes som en typisk "pausefyringskjele". Ved lav last kan det være en fare for tilbakebrann. Ovnen tilbys normalt ikke med automatisk askeuttak da dette er praktisk vanskelig å gjennomføre.

Forbrenningsovn med fast eller bevegelig rist

En kjele med bevegelig rist er en mer avansert løsning som er egnet for så vel tørt som fuktig brensel. Imidlertid er det ønskelig med en relativt ensartet brenselkvalitet for å oppnå de beste driftsforhold. En kjele med rist har vanligvis modulerende regulering eller start/stopp regulering. Brenselet mates direkte inn i forbrenningskammeret og fordeles / forbrennes på bevegelige rist(er) inne i brennkammeret. Tilførsel av primær- og sekundærluft føres gjennom dyser fastmontert i brennkammerets vegger (sekundær luft) og gjennom dyser under de bevegelige ristelementene (primær luft).



Enkelte kjeler kommer med kontinuerlig regulering av primær og sekundær lufttilsetning som styres ved hjelp av temperaturen i brennkammer, O_2 i røykgassen og røykgasstemperaturen. Regulering av røykgassvifte skjer som regel ved hjelp av undertrykksmåling. Dette, samt bevegelse av risten(e) i brennkammeret gjør at det oppnås gode forbrenningsforhold og en høy virkningsgrad. Konstruksjonen gir også en bedre fleksibilitet ved brenselvalg. Lang oppholdstid på risten resulterer i en bedre utbrenning av brenselet enn det som oppnås i rimeligere stokerkjeler. Det er viktig å være klar over at disse kjelene som regel har rister med egenskaper som er tilpasset en spesielle typer brensel.

Askeuttaket i kjeler med rist vil normalt være automatisk da asken ramler ned under risten. En kjele med rist må betraktes som en avansert ovn med en rekke bevegelige deler. Dette kan medføre større krav til styring, drift og vedlikehold.

5.11. Siloer og påfylling

Pelletsiloen utformes generelt i støvtett container utført i flere typer materiale.

Felles for alle siloer (unntatt dagtanker og uketanker) er at de er utstyrt for innblåsning og støvutløp enten til filterposer eller direkte til bakkenivå. Siloen skal ha skrånende bunn med forskjellig helning avhengig av høyde på silo, overføringsystem og trykkbelastning på skrue. (Det er anbefalt at siloens kon mot skrue skal ha en høyere vinkel enn 45 grader.) Siloen kan enten plasseres inne, med stusser ut for innblåsning eller ute. Ved plassering ute benyttes gjerne stål- eller glassfibersiloer, da helst kledd på en slik måte at det står i stil til bygningens øvrige estetikk.

Alle siloer for trepellets skal ha evakueringsmulighet for innvendig trykk, og bør dessuten ha mulighet for innvendig inspeksjon. Siloen skal ha nødvendig fundament for å tåle siloens marktrykk. Påfyllingsstusser bør være min 50 cm over terreng og ikke over 150 cm. Returluftsrør som skal gå ut fra siloens høyeste punkt, skal være minst to ganger tverrsnittet til påfyllingsrørets tverrsnitt.

Ettersom pellets ikke degraderes ved lagring kan man velge en pelletssilo tilpasset det påfyllingsintervallet man ønsker. På mellomstore anlegg (150– 500 kW er det imidlertid vanlig å tilpasse siloen til størrelsen på bilene som fyller på pellets for å sikre så lave transportkostnader som mulig. Transport utgjør opp til 20% av energikostnaden på av pellets, mens man ved fylling av hele biler kommer ned i 6-7% av kostnaden.

Ved leveransen bør ikke trepellets blåses inn i siloen med for høyt trykk (helst ikke over 0,5 bar), og en bør også sikre at pellets ikke blåses vinkelrett inn mot en silovegg e.l. da dette vil forårsake mye knusing av pellets og en svært høy støvandel i pelletsen. Det er ikke unormalt å installere dempematter eller sykron for å redusere knusing, samt tilpasse rørføringer slik at en ikke treffer en rett i vegg med pellets. Det er generelt viktig at all transportering av trepellets skjer så skånsomt som mulig for å beholde kvaliteten på brensel.

Pellets for bulk håndtering leveres fra lastebil som blåser pellets inn i silo ved hjelp av en påfyllingslange. Siloen må derfor inneholde ett påfyllingsrør med hurtigkobling og et utluftingsrør. Utluftingsrøret utstyres normalt med en filterpose slik for å samle opp støv.

Det er normalt en grense for hvor langt unna det er praktisk for en lastebil å stå i forhold til siloens plassering. Det er anbefalt at siloen aldri plasseres mer enn 20 meter fra der lastebilen kan parkere. Generelt gjelder at siloen alltid bør ha en "yttervegg" hvor påfyllingsrør monteres slik at fremføringen mellom påfyllingen og siloen blir så enkel og rett som mulig. Dette reduserer knusingsgraden av pellets under påfylling.

5.11.1. Pelletsilo for anlegg under 60 kW

Pelletsilo for små anlegg kan bygges på mange forskjellig måter. I følgende avsnitt forklares de mest benyttede metodene:

Tank i fyrrom



Den enkleste formen for pelletsilo er en liten tank på størrelse 300 - 700 liter som plasseres i fyrrom. Slike tanker kan ha forskjellig form. Beholderen må være bygget av ubrennbare materialer. Beholderen må videre ha tettsluttende lokk med lukkeordning. Dette for å forhindre tilsig av falskluft som forstyrrer forbrenningen og øker risikoen for tilbakebrann. Det kan

oppbevares inntil 8 m³ brensel i fyrrom forutsatt at fyrrommet er utført som ene egen branncelle. Avstanden fra beholderen til kjelen må være minimum 1 m. Beholderen bør uansett ikke være større enn ett års forbruk av brensel.

Skruen som frakter pellets from til brenneren kobles som regel direkte inn i bunnen på siloen. Dersom tanken er plassert på utsiden av fyrrommet skal skruen gjennomføring i vegg ikke svekke veggens branntekniske egenskaper.

Pellets for innendørs tank i fyrrom leveres primært i småsekk på pall (52 sekker a 16 kg), eller storsekk på 1000 kg. Småsekker må håndteres manuelt og tømmes i uketanken. Det kan også være praktisk å kjøpe pellets i storsekk for innendørs tank, men da bør ikke lager for storsekk være for langt unna fyrrom.

Innvendig bulklager

På mellomstore anlegg kan en også benytte løsninger for lager tilpasset bulklevering. Dette kan være i form av konverterte boder/rom til en pelletssilo (se figur). Alternativt kan pellets lagres under bakken i plastsiloer (ikke så vanlig i Norge enda) eller betongsiloer (grøfta brukes også gjerne til å få ut og inn kjelutstyr på plassbygde anlegg). På sistnevnte løsning er det naturligvis viktig å sikre at siloluken/taket er tett.



5.11.2. Pelletsilo for anlegg over 60 kW

For anlegg over 60 kW for pellets anbefales å benytte en høy og smal rundsilo med stengesjeld i bunn, skruetransportør for utmating, eksplosjonsluke, blåserør og returluftfilter. Pellets har "flyt - egenskaper" ved en helningsvinkel større enn 45 % noe man må ta hensyn til ved utformingen. Slike siloer krever støpt fundament.

Utendørs siloer for pellets har som regel kapasitet fra 10 til 80 m³. Påfylling av siloen skjer ved hjelp av en bulkbil som blåser pellets inn i siloen. En bulkbil uten henger frakter ca 22 m³ og en bil med henger ca. 43 m³. En bør tilstrebe å benytte silo som harmonerer med disse størrelsene slik at man ikke trenger å kjøre siloen helt tom før man får påfyll.

Pellets kan også lagres i firkantede siloer, også nedgravd for sidetipp eller bakvertipp. I så fall benyttes som regel bunn med skrå vegger og transportskruer i midten. Det er viktig å sikre utforming av siloen slik at pellets ikke knuses ved innblåsning. Det finnes ulike løsninger for å imøtekomme denne utfordringen; dempematter som tar av mye av kraften fra blåsebil eller å sikre at pelletsen blåses inn langs vegg i en rund silo (og ikke rett mot en vegg).

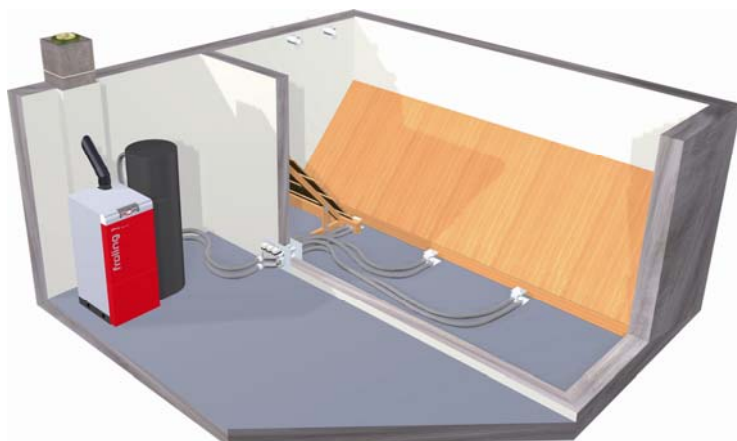
5.12. Overføring fra silo til brenner

Trepellets kan inntransporteres fra silo til kjele primært ved hjelp via pneumatisk transport (for mindre anlegg), eller skruer. Som hovedregel bør det tilstrebes at siloen ligger så nærme siloen som mulig, slik at fremføring av pellets blir enkel og med færrest mulig omlastinger og retningsforandringer.

Generelt er det viktig at det er tilgang til overføringssystemet og gearmotorer for eventuell inspeksjon og feilsøking. Dette gjelder både silo og transportsystem.

5.12.1. Anlegg under 60 kW – pneumatisk fremføring av pellets.

Pneumatiske systemer er basert på et sugesystem som suger pellets fra siloen inn til et mellomforråd i umiddelbar nærhet av kjelen. Løsningen kan tilknyttes bunnen av en silotank direkte, eller suge fra "sugekopper" som legges ut på silogulvet. Opp til 3 slike sugekopper kan benyttes og det er vanlig å ha ca. 1 meter avstand mellom disse sugekoppene. Pneumatiske systemer har en fordel da en har stor fleksibilitet med tanke på selve føringsveien. Det er viktig at systemet er satt opp med et mellomforråd og automatikk som hindrer oppstart på natten (spesielt i bolighus), men som sikrer at mellomforrådet er fullt innen et visst klokkeslett. Per i dag finnes pneumatisk systemer opp til 85 kW, men dette økes stadig. (Se fig)



På mindre anlegg med pellettbrenner er det vanlig å dele innføringen av pellets fra silo i to, slik at brenneren får stabil innmating av brensel via et mellomforråd (mindre brennere er mer følsomme for ujevn innmating enn større brennere/kjeler). Dosering av brensel inn i brenneren skjer nesten utelukkende ved hjelp av skrue.

5.12.2. Anlegg over 60 kW - transportskruer

Den vanligste transportløsningen for pellets er skruer. Disse kan ta utgangspunkt i silobunnen (på stående siloer, eller legges ut som skruer i en rektangulær silo. I sistnevnte tilfelle må siloen utstyres med skråvegger som sikrer at pelletsen faller ned til skruen. Skruen inne i siloen overbygges ofte noe for å hindre at skruen går helt full da dette skaper for mye knusing i den videre transporten. Sammenlignet med andre typer biobrensel setter trepellets mindre krav til skruedimensjon og skruemotorens kraft. Dimensjon og kraft avhenger av anleggets effekt, lengde på inntransportering og forhold som høydeforskjeller etc. Erfaringsmessig dekker skruedimensjoner på 90 mm de fleste anlegg. Generelt må man være nøye i valg og utforming av skrue, inn- og utløp samt overganger.

For pellets og briketter vil mekanisk nedbryting av brenselet og dannelse av finstoff (støv) være en utfordring. Akselløse skruer benyttes, med gode resultater, til transport av pellet. Disse kan, under riktige betingelser, transportere vertikalt.

For signaler til styringssystemet for å regulere nivå i lagre benyttes ofte fotoceller, ultralyd, vektceller eller kapasitiv giver. Regulariteten på anlegget avhenger helt av rutinene for rengjøring av fotocellene for støv fra brenselet. Alternative løsninger er propell eller andre mekaniske løsninger.

5.13. Aktuelle spisslastmuligheter

5.13.1. Anlegg under 60 kW

For anlegg under 60 kW benyttes som regel EL som spisslast og eventuelt backup. Dette på grunn av at det har de laveste kostnadene for installasjon. EL-kolber kan som regel enten monteres direkte i kjelen, eller i en akkumulatortank/bereder.

5.13.2. Anlegg over 60 kW

For anlegg over 60 kW er de mest aktuelle spisslastene EL, bioolje eller gass. En spisslast bør ha egenskapene at den er rimelig i installasjon, den skal raskt kunne koble ut og inn samt at den skal være kunne fungere godt i hele effektområdet. EL, bioolje eller gass tilfredstiller disse kriteriene. Det er også noen anlegg som settes opp for 100 % dimensjonering på pellets, men da er det en stor fordel at det er to kjeler, slik at backupfunksjonen er ivaretatt. Det er i disse tilfellene vanlig å dimensjonere kjelene etter 60/40 prinsipp. Generelt vil man på bioanlegg med spisslast, som regel dimensjonere bioanlegget til å dekke 50-70 % av dimensjonerende effektbehov.

5.14. Miljømessige utslipp – Støyforhold

Trepellets har gode egenskaper når det gjelder miljø. Dette skyldes at trepellets er et standardisert og homogent brensel. Videre så er trepellets produsert av trevirke, en fornybar ressurs som ved spill til omgivelsene ikke representerer noen miljømessig risiko.

Transport av trepellets gjøres i lukkede system. Dette sikrer en håndtering med liten risiko for tilførsel av forurensninger i trepellets eller at trepellets kommer ut i omgivelsene under frakt og lagring. Imidlertid vil det alltid være finandeler til stede i trepellets, som kan komme ut i friluft ved håndtering av brenselet.

Ved forbrenning som ikke er fullstendig, vil en få uønskede komponenter. Så også med trepellets.

Klima- og forurensningsdirektoratet KLIF (tidligere SFT) har ingen faste krav til utslipp under 1 MW. Fylkesmannen kan likevel stille krav til slike anlegg i hvert enkelt tilfelle. Det er derfor en fordel å melde fra til Fylkesmannen også når en ønsker å installere anlegg på under 1 MW.

Produsentene av utstyr har lagt kravene som finnes i andre land til grunn for utslipp. Det er også grunn til å tro at norsk regelverk på dette område etter hvert tilpasser seg EU-direktiv. For å få ned utslippene på et akseptabelt nivå, handler det om å sørge for at det er vilkår for at hydrokarboner kan oksidere fullt ut til karbondioksid og vann. Tilstreber en dette, vil uønskede komponenter reduseres. Generelt er det viktig med:

- Et jevnt og homogent brensel (pellets)
- Stor overflate pr. vektenhet, med stor nok rist til å fordele brenselet på.
- Doseringen av brensel må være nøyaktig inn på forbrenningsrist.
- Tilstrekkelig med tilførsel av luft (ikke for mye) og innblanding av denne slik at temperaturen er tilstrekkelig høy i forbrenningskammeret (men ikke for høy).

Trepellets, og noen typer av fyranlegg, imøtekommer langt på vei disse kravene og gir prestasjoner som er veldig gode til fastbrensel å være. Suppleres anlegg med kontinuerlig måling av O₂ innholdet i røykgassene for styring av brensel/forbrenningsluft, forbedres prestasjonene og virkningsgrad ytterligere. Det er imidlertid viktig å merke seg at det er stor forskjell mellom de ulike anleggene, i hvilken grad de klarer å utnytte brenselet og prinsippene for regulering av anlegg, slik at de gode egenskapene som finnes i trepellets blir utnyttet.

Hvis en sammenligner med vedfyring, har trepellets meget gode prestasjoner når det gjelder lokale utslipp. Sammenlignet med vedfyring og svevestøv fra vegtrafikk, vil utslippene fra en sentral forbrenningsanlegg for trepellets, være på et meget lavt nivå.

Anlegg fra 500 kW og oppover må normalt ha et syklonfilter for støvutskilling for å tilfredsstillere kravene før røykgassen slippes til fri luft gjennom skorsteinen. Et syklonfilter roterer røykgassen, sentrifugalkraften tvinger de største partiklene ut mot filterveggen. Tyngdekraften gjør at disse faller ned og kan mates ut fra filterbunnen. For større anlegg benyttes som regel et multisyklonfilter som er bygd opp av et batteri av flere syklonfilter.

5.15. Askehåndtering

All trepellets inneholder aske. Dette er uorganiske forbindelser som har inngått i treets næringsbalanse (under vekst bindes disse mineralene fra jordsmonnet). Asken inneholder typiske mineraler som finnes i jordsmonnet. Asken tilhører egentlig jordsmonnet der treet har hatt sitt voksested. Det arbeides derfor med muligheter for å kunne tilbakeføre dette til jordsmonnet for større anlegg. For mindre anlegg er deponi eller lokal bruk aktuell som f.eks. til jordforbedring i hage. Ved tilbakeføring av aske til jord er det viktig å ha kunnskap om den biologiske tilgjengeligheten av næringsstoffer og tungmetaller i aske. Tilgjengeligheten vil være avhengig av kjemiske og fysiske egenskaper til asken og til jorda hvor denne tilføres. På grunnlag av dette kreves det således en del analyser og forarbeid før en evt. slik tilbakeføring kan gjøres.

Mengden av aske vil avhenge av type brensel og kvaliteten på forbrenningsprosessen. Mengden vil som regel ligge mellom 0,5 og 3% av tørrvekt. Hoveddelen av asken blir liggende der forbrenningen skjer (bunnaske), men det vil også bli avsatt belegg (flyveaske) på heteflatene i kjelen. Belegget som avsettes på heteflatene må fjernes med jevne mellomrom. Dette kan gjøres manuelt, eller automatisk ved hjelp av mekaniske elementer, lydbølger eller trykkluft.

Et askehåndteringssystem består av et lukket transportsystem (skraper og/eller skrapetransportør) som transporterer asken til en lukket askeboks. På større anlegg stilles krav til separering av flyveaske og bunnaske da flyveaske regnes som spesialavfall.

Ved feiing/rengjøring av kjeler vil en askestøvsuger forenkle vedlikeholdsarbeidet betraktelig.

5.16. Automatikk og styring

5.16.1. Alternierende drift

Dette er et reguleringsprinsipp som også kalles pausefyring. Alternierende drift henviser til at anlegget veksler mellom maksimal- og minimal effekt og fungerer som følger: Når termostaten på kjelen kaller på varme går driftmodus over i maks, der matetid og pausetid for mateskruen, samt mengde luft er innstilt slik at mengde brensel og luft som tilføres forbrenningsprosessen tilsvarer maks effekt for anlegget. Når kjelen når innsilt temperatur på driftstermostat vil driftsformen veksle til fyrholding eller "pausefyring". I denne status er mengde brensel og luft som tilføres forbrenningen kun det minimum som skal til for å opprettholde en forbrenning uten at anlegget slukker. For maks og min last er tilførselen av luft og brensel som regel faste verdier.

Denne styringsformen er meget enkel og medfører som regel et høyere forbruk av brensel enn for eksempel anlegg med automatisk start/stopp eller der anlegget regulerer luftmengder og tilførsel av brensel ved flere input som for eksempel røykgasstemperatur, forbrenningstemperatur og luftoverskudd i røykgassen.

5.16.2. Modulerende drift

Dette er en driftsform som kontinuerlig regulerer effekten mellom minimum og maksimum. Ved effektuttak under minimum går anlegget som regel i "fyrholding", eller stopp. I hele

reguleringsområdet vil tilførsel av brensel og luft som regel styres av røykgasstemperatur, forbrenningstemperatur og luftoverskudd i røykgassen. Dette gjør at forbrenningen kontinuerlig holdes optimal som igjen sikrer økt virkningsgrad og lavere miljøutslipp.

Det er viktig at kjeler med alternerende eller modulerende drift også tilfredstiller krav til utslipp og virkningsgrad ved lav last.

5.16.3. Start/stopp eller overgangsdrift

Disse anleggene starter og stopper automatisk etter behov. Dette er vanlig for mindre anlegg som dimensjoneres for maksimalt effektbehov og normalt ikke har behov for spisslast, for eksempel pelletsbrennere for innmontering i kjel. For at et slikt anlegg skal ha gode driftsbetingelser bør være tilstrekkelig vannvolum i anlegget i forhold til effekt på brenneren. Dette bedrer driftsvilkårene for brenneren betraktelig og for en normal villainstallasjon vil for eksempel en akkumulatortank på 500 liter halvere brennerens antall start og stopp, som igjen gir økt virkningsgrad og lavere utslipp.

5.17. Størrelser, mål og vekt

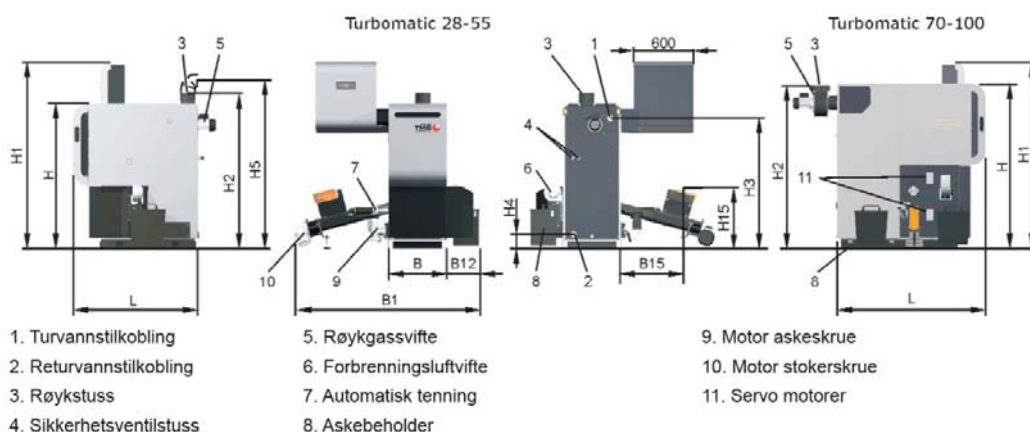
En biokjele er langt større enn tradisjonelle kjeler for EL, olje og gass. Dette skyldes behovet for rist til forbrenning samt røykgassvolumet som er langt større for biobrensel enn for flytende brensel. Denne forskjellen på fysiske mål blir synligere og synligere jo større anlegget er. Til eksempel vil en EL-kjele på 220 kW veie 330 kg og ha fysiske mål 960 x 600 x 1610, mens en tilsvarende kjele for pellets veier 2700 kg og har fysiske mål 1900 x 1500 x 1875 (Eksempler fra SGP Varmeteknikk AS).

Behovet for plass gjør at det kan være utfordrene å benytte eksisterende fyrrom til kjeler for biobrensel. Dette kan eventuelt løses ved å plassere biobrenselenheten i umiddelbar nærhet av teknisk rom, eventuelt i prefabrikkerte enheter på utsiden av eksisterende bygg (gjelder primært større anlegg).

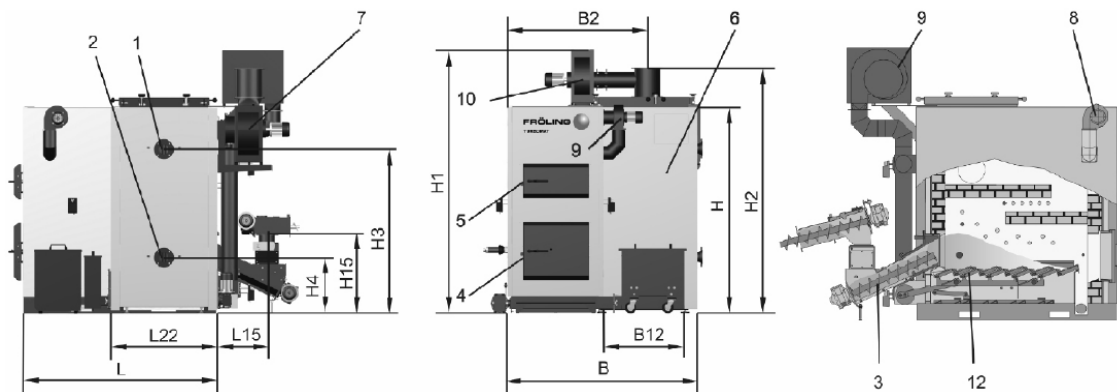
Viser eksempler på vekt og volum til noen typiske anlegg.

Turbomatic		28	35	48	55	85	100
Nominell effekt	kW	28	35	48	55	85	100
Vanninnhold kjel	l	114	114	185	185	300	300
Lengde L	mm	1230	1230	1320	1320	1570	1570
Bredde B	mm	580	580	680	680	820	820
Bredde askeskuff B12	mm	310	310	310	310	330	330
Bredde stokerskure B15	mm	820	820	820	820	950	950
Høyde kjel H	mm	1420	1420	1520	1520	1750	1750
Vekt kjel	kg	420	425	500	505	1000	1000
Diameter røykstuss	mm	150	150	150	150	200	200
Flis-størrelse		G30*	G30*	G30*	G30*	G50	G50

* Kan leveres for G50 flis



Turbomat		150	220	320	320i *	500	500i *
Nominell effekt	kW	150	220	320	320	500	500
Vanninnhold kjel	l	440	570	560	560	750	750
Lengde L	mm	3240	3390	2170	2230	2430	2470
Bredde B	mm	1210	1490	2130	2230	2440	2650
Høyde kjel H	mm	1875	1870	2295	2300	2450	2450
Høyde kjel H1	mm	1875	1870	2930	3000	3070	3240
Vekt kjel	kg	1925	2655	2920	3270	4100	4500
Diameter røykstuss	mm	200	250	300	300	350	350
Anslutning	DN	DN65 / PN6			DN100/PN16		



5.18. Virkningsgrader

Det er prinsipielt normalt tre forskjellige virkningsgrader som benyttes i en energianalyse av et forbrenningsanlegg:

- Forbrenningsvirkningsgrad
- Kjelvirkningsgrad
- Anleggets virkningsgrad

5.18.1. Forbrenningsvirkningsgrad

Forbrenningsvirkningsgraden defineres som tilført energi med brensel fratrukket summen av tap på grunn av uforbrente bestanddeler i fast eller i gassform.

Tap på grunn av gassformige uforbrente bestanddeler i røykgassen består av en lang rekke forbindelser som inneholder hydrogen og karbon (hydrokarbonforbindelser). De fleste av disse forbindelsene opptrer i så små mengder at de blir neglisjert i beregning av forbrenningsvirkningsgraden. Den komponenten som i de fleste forbrenningstilfellene har størst betydning er innhold av CO i røykgassen.

Tapet på grunn av uforbrente bestanddeler skyldes at brenselpartikler transporteres ut av varm forbrenningssone før de er fullstendig utbrent. Denne transporten foregår enten ved meddriving av røykgassen eller ved avtapping av aske fra forbrenningskammer. Ved fastbrenselfyring kan imidlertid dette tapet være det tapet som har størst betydning for forbrenningsanleggets virkningsgrad. Hydrogen har en betraktelig større forbrenningshastighet enn karbon og erfaringsmessig vil uforbrente partikler bestå av karbon (kokspartikler).

5.18.2. Kjelvirkningsgrad

Kjelvirkningsgraden er den mest benyttede virkningsgrad i forbindelse med forbrenningsanlegg. Den oppgis som regel av kjelleverandør og er kundens garanti for at forbrenningsanlegget fungerer

tilfredsstillende. Kjelvirkningsgraden defineres som forholdet mellom produsert og tilført energi. Med tilført energi menes brenselets brennverdi.

$$\eta_{kjel} = \frac{P_N}{P_B}$$

P_N = Kjelens overføre effekt til vann

P_B = Tilført effekt med luft brensel

I praksis skyldes differansen mellom tilført og avgitt effekt tap i forbindelse med forbrenningsvirkningsgrad, tap i røykgassen, varmetap til omgivelsene (herunder også tap på grunn av følbare varme i støv, aske og slagg).

Røykgasstapet skyldes at røykgassen forlater kjelen med en temperatur som er høyere enn omgivelsestemperaturen. Dette tap er primært avhengig av røykgasstemperatur og luftoverskudd. Type brensel og dermed røykgassammensetning har mindre betydning for røykgasstapet.

Varmetap til omgivelsene består av strålings- og ledningsvarme overført fra anlegget til omgivelsene. Dette tapet er først og fremst avhengig av anleggets størrelse, d.v.s. overflate og anleggets isolasjon. Varmetapet er relativt større ved mindre anlegg på grunn av et lite anlegg har større overflate i forhold til produsert effekt enn et stort anlegg. Dette varmetap blir ofte registrert som oppvarming av det lokalet hvor anlegget er plassert og eventuelt som forvarming av forbrenningsluften.

5.18.3. Anleggsvirkningsgrad

Med anleggsvirkningsgrad menes forholdet mellom totalt tilført energi og utnyttet produsert energi. Totalt tilført energi er summen av tilført energi med brensel/luft og hjelpeenergi. Hjelpeenergi eller tilleggsenergi består av tilført elektrisk energi for å drive pumper, vifter etc, og er i størrelsesområdet 0,5 - 2,5 % av tilført energi med brensel. Varmetapet til omgivelsene fra anleggets overflate vil vanligvis helt eller delvis benyttes til oppvarming av fyrrom og er meget vanskelig å beregne. Dette medfører at det er vanskelig å angi mengden av utnyttet produsert energi og dermed tallfeste en anleggsvirkningsgrad.

5.19. Sikkerhetsutstyr

Et vannbårent anlegg skal ha en lettavleslig trykkmåler som plasseres i nærheten av vannpåfyllingen. Kjelen skal være en montert med en sikkerhetstermostat som stopper anlegget normalt ved oppnådd vanntemperatur $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Det må på vannsiden være montert sikkerhetsventiler slik at trykket kan avlastes ved for høy temperatur i kjelen. Konstruksjon, produksjon og kontroll av trykkpåkjente deler i et kjeleanlegg skal bygges i henhold til anerkjente normer. Anlegg med lukket ekspansjonskar skal være utstyrt med sikkerhetsventiler plassert mellom kjele og ekspansjonskar, nærmest mulig kjelen, eventuelt på egen kjelestuss. Ingen avstengning mellom kjele og sikkerhetsventiler. Sikkerhetsventiler og ekspansjonskar skal være dimensjonert i samsvar med anleggets kjelelytelse. Kjele under 100 kW skal ha minst 1 sikkerhetsventil.

Ventilenes åpningstrykk må ikke overstige største tillatte driftstrykk for kjele, bereder, radiator etc. Tverrsnittet på sikkerhetsledningen fram til ventilene skal være lik summen av ventilenes anslutningstverrsnitt. Fra hver ventil legges avløp til sluk i ventilens dimensjon eller større.

5.20. De vanligste farene og sikkerhetstiltakene

5.20.1. Tilbakebrann

Tilbakebrann kan oppstå dersom det begynner å brenne bakover i transportsystemet mellom silo og kjel. Den vanligste sikringen mot dette er sprinkelhoder på brenseltransportør som åpner for vann, skum eller pulver dersom temperaturen på transportøren stiger. Brenselinnmatning skal være slik konstruert at det er 3 hindre for tilbakebrann ved bruk av åpen silo, eller to, hvis det er lukket brenselslager med tettsluttende lokk med lukkeanordning, som stopper anlegget hvis lokket ikke er helt lukket. Hver enkelt barriere skal normalt kunne stanse en brann i brenselinnmatning, eller forhindre at tilbakebrenning oppstår.

Alternativer kan være:

- Fallsjakt fra skrue mot kjele slik at det ikke kan bli kontakt bakover. Eventuelt skal skruen ha spjeld som stenger automatisk ved for høy temperatur.
- Termoelement som bryter strøm på anlegg ved for høy temperatur.
- Termoelement som løser ut separat vanntank til dyse i skrue.
- Tvangsutmatning av brensel fra silo til kjele ved for høy temperatur.
- Slukkeutstyr på transportør:
 - Termisk sikkerhetsventil som åpner for slukking med vann ved innstilt temperatur. Det monteres da en dyse på transportøren. Denne bør kontrolleres jevnlig for tilstopping.
 - En separat vanntank, på minimum 10 liter, som er tilsluttet transportør med en slange fra vannkanna til en bivoks-plugg som smelter ved en temperatur på 70°C. (Hvis det brukes to vannbaserte slokkesystem skal disse plasseres nærmest brenneren)

Videre skal alle motorer ha sikkerhetsbryter/motorvern som bryter alle faser slik at kjelen stopper ved eventuell utløsning. Alle motorer skal også ha sikkerhetsbryter/kontakt for enkel frakobling av el-tilførsel plassert nært motor for bruk ved vedlikehold/service.

5.20.2. Kjelen mister undertrykk.

Dette kan skje dersom det blir tilsatt falskluft et eller flere steder. Dette inntreffer som regel i forbindelse med omlastingspunkter. Det er derfor vanlig å installere enten spjeld eller celleduser i fallsjakt/omlastingspunkt. Dersom undertrykket i kjelen reduseres øker faren for tilbakebrann, med tilhørende fare for brann i silo.

5.20.3. Overoppheting.

Dersom strømmen til er biobrenselanlegg faller ut vil ikke vannet ikke sirkulere over kjelen. Biokjeler har som regel så stor restvarme at det da kan oppstå fare for overoppheting. Det er normalt å installere en såkalt termisk sikring av kjelen som spylende kaldt vann gjennom en spiral i kjelekroppen dersom kjeletemperaturen nærmer seg 100 °C. Anlegg som har lukket ekspansjon er pålagt slik sikring.

5.20.4. Brann i fyrrom.

Dersom brann oppstår skal kjelen være utstyrt med brannbryter utenfor fyrrom. Denne bryteren skal kutte strømmen til kjelen. Det kan også være en fordel å ha mulighet til å stoppe innmatningen i kjelen fra utsiden av fyrrom, såkalt kontrollert stopp av kjelen. Dette gjelder spesielt for større anlegg.

5.21. Driftsforhold og driftsøkonomi

Det er høstet en rekke erfaringer knyttet til god og dårlig drifting av bioenergianlegg. Vi vil her liste opp de drifterfaringer og feilkilder som driftsoperatører oppgir som de vanligste.

- I fyringsanlegg med "pausefyring" har man erfart at kjelen kan slukke (ustabil pauseforbrenning) og kan være vanskelig å styre ved lav belastning. Dette har resultert i økt partikkelmengde og beking av kjelen. I tillegg har man, ved brenning av tørr flis erfart økt fare for tilbakebrann. Den samme erfaringen har man også gjort i anlegg for brenning av pellets. En måte å unngå dette på er å underdimensjonere anlegget noe.
- I kjelanlegg med start / stopp forbrenning dimensjoneres energisentralen for maksimal beregnet effekt. Erfaringen er at anlegg kan få problemer hvis det ikke har vært installert en tilstrekkelig akkumulator - tank som varmebuffer.
- Pellet som blir knust eller "dårlig" pellet gir "finstoff" som skaper problemer i pelletbrenneren. Det samme problemet har man med briketter.

Dårlig drifting av kjelen gir lite effektiv forbrenning og økende miljøutslipp. Et tegn på at kjelen må feies er hvis røykgasstemperaturen stiger og / eller at O₂ verdien i røykgassen stiger (CO₂ synker).

5.22. Pelletskamin med vannsystem

En pelletskaminen er konstruert som et komplett forbrenningsanlegg, med egen brenseltank og automatisk innmating av trepellets. Brenseltanken rommer som regel 60 – 50 liter trepellets. Dette er nok til mellom 10 til 50 timers kontinuerlig drift før tanken må fylles igjen. Fra tanken skrues trepellets opp av en motordrevet skrue. Fra toppen av skruen faller trepellets ned i brennerskålen av egen tyngde, der hvor forbrenningen skjer. Hvis kaminen har elektronisk tenning så sitter denne bak brennerskålen. Innmatingsfrekvensen styres av en "effektbryter". Kaminer, som er utstyrt med termostatstyring, har mulighet for automatisk effektstyring, samt en funksjon slik at kaminen tennes og slokkes etter behov. Kaminen har innebygd røykgassvifte som gir forbrenningen luft, og presser røykgassen gjennom kaminens varmeveksler. Mengde luft må stå i forhold til mengde brensel som mates inn. Vanligvis skjer dette automatisk i kaminen, men med mulighet for justering. De aller fleste kaminer fungerer best på 6 mm trepellets, noen er også godkjente kun for 6 mm trepellets.

Utvendig dimensjoner og design på trepelletskaminen kan sammenlignes med vanlige vedovner. Den avgir også omtrent samme varmemengde. De fleste trepelletskaminer avgir maks. ca 8 kW (2 – 12 kW). Mange kaminer har innebygd en konveksjonsvifte som sprer den varme luften ut i rommet.

Trepelletsfyrte kaminer som varmer vann, kan i tillegg til konveksjon- og strålevarme, overføre størstedelen (40 – 80 %) av avgitt effekt til vannet, avhengig av modell. Det er derfor viktig at vannsystemet er tilpasset kaminens effekt. En slik ovn kan plasseres i et oppholdsrom slik som en ordinær trepelletskamin, og kan kobles til radiatorer, gulvvarme og en tilpasset varmtvannsbereder. Som for pelletanlegg generelt vil også en pelletskamin med vannkappe dra nytte av en akkumulator/bereder for økt vannmengde i systemet.

Når det gjelder installasjon skal det som på andre kjeleanlegg monteres sikkerhetsventil på turvannssiden etter leverandørens spesifikasjoner. Noen kaminer har i tillegg mulighet for å koble til kjølespiral med termisk ventil, men dette er ikke noe krav for automatisk fyrte anlegg. En vedovn med vannkappe vil derimot ha krav til dette, med mindre anlegget er montert med åpen ekspansjon.

Kaminen bør plasseres slik at varmen spres best mulig i huset. Man bør også ta hensyn til avstand fra trepelletslager og eventuelt lydnivå fra kaminer, da kaminer har viftestøy. Alle ildsteder trenger luft til forbrenningen. Selv om trepelletskaminer har innebygget røykgassvifte, er det helt avgjørende for forbrenningen at rommet kaminen står i har tilstrekkelig med lufttilgang. Hvis dette ikke er tilfelle, må man sette inn en ventil på yttervegg. Hvis kaminen har et inntaksrør til forbrenningsluften, kan man montere et rør som går ut, eller til et annet rom med bedre ventilasjon.

Vær oppmerksom på at enkelte kaminer har relativt lav røykgasstemperatur og dette kan medføre at det må gjøres tilpasninger på eksisterende skorstein, eller at man benytter en ny tilpasset skorstein.

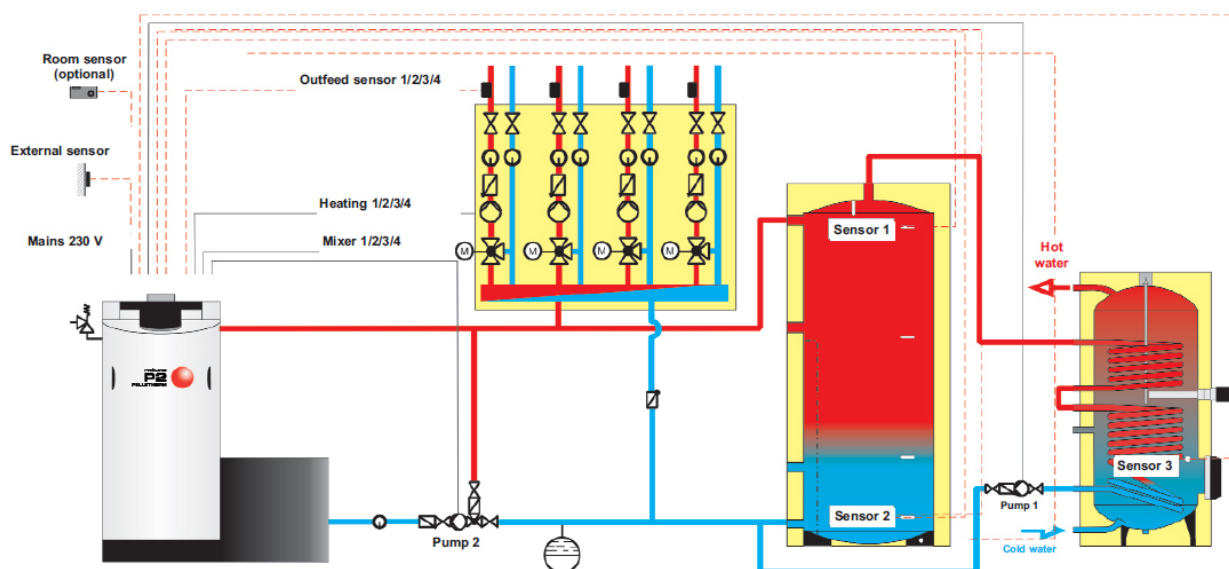
Pelletsfyrte kaminer med vannkappe, overfører størstedelen av avgitt effekt til vannet. Effekten reguleres som regel i forhold til returvanntemperaturen. Returvannet bør ha en minimumstemperatur (55°C). Dette for å forhindre en ufullstendig forbrenning og redusert levetid på kaminen.

5.23. Tilkobling til varmedistribusjon

Biokjeler er nesten utelukkende laget som tradisjonelle "stålplate" kjeler og generelt betinger dette en høy returtemperatur inn på kjelen for å unngå kondensering. Det betyr at de aller fleste biokjeler kobles, enten med en egen kjelekrets, eller med returhevingspumpe. Dette medfører at en biokjel alltid vil levere vann med høy temperatur ut til varmeanlegget og at det derfor er behov for å shunte ned temperaturen varmedistribusjonen.

5.23.1. Anlegg under 60 kW

For fyranlegg under 60 kW er det ofte vanlig at anlegget dimensjoneres til å ta tilnærmet hele lasten i anlegget, også ved DUT. Det medfører at anlegget også må fungere store deler av tiden på redusert/lav last. Ved slik belastning vil et anlegg med mulighet for automatisk tenning ha store fordeler av å benytte en akkumulatortank. Tanken vil redusere antall starter og gi anlegget bedre driftsbetingelser. Typisk innkobling er vist i figuren under.



Akkumulatortanken kan også benyttes som styringsparameter for reguleringen av biobrenselanlegget. Temperaturen i tanken (forutsetter riktig dimensjonering) kan fortelle om behovet i anlegget er på vei ned eller opp, og hjelper biokjelen til å modulere ut ifra dette.

5.23.2. Anlegg over 60 kW

For anlegg over 60 kW vil biokjelens størrelse normalt være dimensjonert til mellom 50-80 % av dimensjonerende effekt ved DUT. Dette medfører at biokjelen får totalt sett færre timer på lav last, men det er som regel likevel anbefalt å benytte en akkumulatortank da dette vil gi anlegget bedre driftsbetingelser. Se for øvrig egen modul rundt benyttelse av kombinasjonsløsninger for koblingsforslag med biokjeler for større anlegg.

5.24. Leverandører av komponenter og brensel

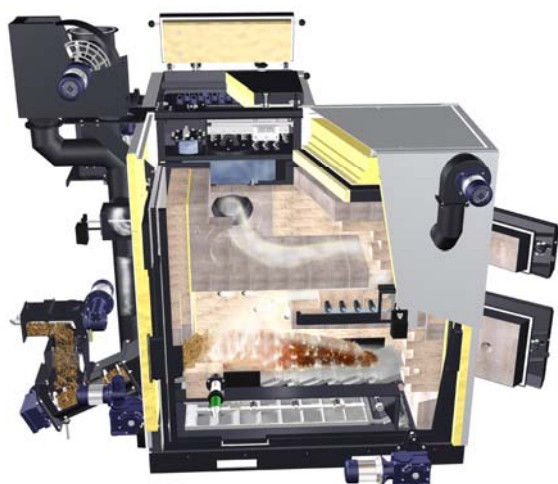
På nettsidene til Norsk Bioenergiforening, www.nobio.no, ligger det et bransjeregister som inneholder kontaktinformasjon til aktørene som selger forbrenningsanlegg for biobrensel, samt brenselleverandører og konsulenter.

5.25. Spesielle tilpasninger for å fyre med flis

Dersom forbrenningsanlegget skal benyttes for å brenne flis fremfor pellets, stilles det først og fremst andre krav til utforming av silo, transportører og utformingen av forbrenningsenheten. Dette skyldes først og fremst flisens beskaffenhet. Flis har som regel ujevn fuktighet og størrelse som stiller andre krav til utstyret. Flis har normalt en brennverdi på mellom 600 – 750 kWh/lm³, i motsetning til pellets som har ca. 2600 - 2800 kWh/lm³. Det kreves med andre ord over 4 ganger så mye flis (volum) som pellets for å generere den samme mengde energi. På grunn av mengden energi pr. volumenhet for flis, er det en forutsetning at brenselet er kortreist.

5.25.1. Kjeler og brenner

Flis er et vanskeligere brensel en pellets, primært på grunn av variasjon i størrelse, fuktighet og andel finstoff. Dette gjør at mindre pelletsbrennere er uegnet for flis. For å brenne flis er man avhengig av et større areal på forbrenningsristen og et større forbrenningskammer. Dersom anlegget er designet for å brenne flis med høy fuktighet er man i tillegg til større areal på risten



også avhengig av adskillig mer murverk i forbrenningskammeret for å opprettholde en stabil høy nok temperatur i forbrenningskammeret. Det er også vanlig at forbrenningsristen lengde må økes ved fuktigere flis da denne krever lengre opphold på risten for å oppnå en fullstendig forbrenning.

For figuren over ser vi en ovn på 500 kW som er spesielt godt egnet for naturtørket flis (25 – 40 % fuktighet). Risten er forholdsvis lang, samt at forbrenningskammeret har mye murverk. Luften tilsettes i tre forskjellige soner.

5.25.2. Lagring av flis – silo

Et brenselagers utforming og størrelse vil avhenge av anleggstørrelse og brensellogistikk. Et brenselager bør dimensjoneres slik at det kan ta i mot en full semitrailer med brensel (100 m³), dersom man skal basere seg på å kjøpe flis fra en stor aktør. Samtidig må man ha tilstrekkelig kapasitet på brensellageret tilpasset den eksterne brensellogistikk med fokus på helger og helligdager. Lagringskapasiteten bør være på minimum 4 - 5 døgns forbruk. Det må avsettes tilstrekkelig plass for bil med henger i forbindelse med et hvert brenselager.

Et lager (en silo) for vått brensel (fukttinnhold 30 – 55 %) må dimensjoneres i en størrelse som er tilpasset anlegget og brensellogistikken.

Man må være oppmerksom på faren knyttet til langtidslagring av vått brensel og varmgang i dette. Varmgangen medfører redusert brennverdi i brenselet men har også et positivt element ved at brenselet ikke fryser og danner klumper. Videre må man være oppmerksom på faren for dannelse av mugg og sopp sporer. Vått brensel over 35 – 40 % benyttes sjelden i anlegg under 1,0 MW

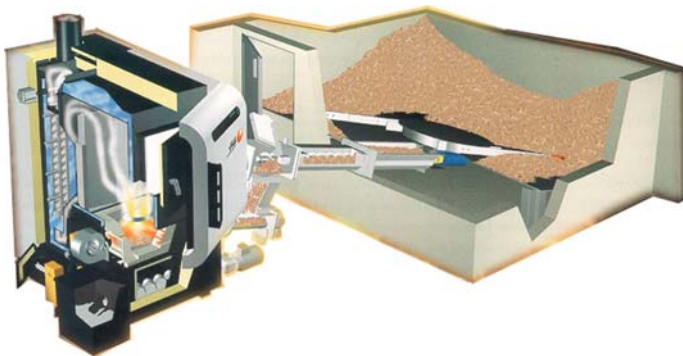
Et brenselager kan bygges på ulike måter for

- innlastning med hjullaster/fontlaster
- bak-, sidetipping fra bil
- innblåsing under lavt trykk (benyttes sjelden i praksis)

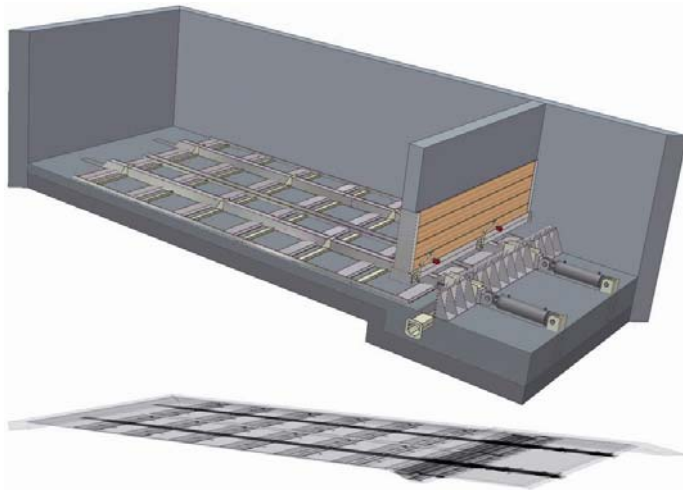
Et brenselager kan bygges i stål, betong eller tre, enten som nedsenket (under bakkenivå), eller ikke nedsenket. Skarpe hjørner må unngås så langt det er praktisk mulig ettersom brensel i skarpe hjørner ofte vil bli liggende svært lenge. Hellende vegger vil bidra til at flisen kan bygge broer (brenselet henger igjen) og bør unngås – selv helning på 60% kan gi denne uønskede effekten. Man vil oppnå dårlig effekt på brenselageret og vanskeliggjøre utmating.

Utmating fra et brenselager gjøres etter to hovedprinsipper.

For mindre anlegg/kjeler kan det benyttes sirkelmater. En sirkelmater bør ha leddete armer slik at armene folder seg inn under midten når siloen er full. Armene beveger seg så utover etter hvert som siloen gradvis tømmes fra midten. En slik silo må med jevne mellomrom tømmes hel slik at ikke flis blir liggende i hjørnene over lengre tid, med påfølgende fare for kompostering.



Alternativt for "større og mindre" lager for flis benyttes en "levende bunn" hvor utforming vil variere for ulike brenselkvaliteter. Hydraulisk drevne stangmaterer er en enkel og driftsikker løsning for flis.



Et flislager (flissilo) bør i form tilpasses det utmatingssystem som skal benyttes. Er siloen firkantet er det å foretrekke at den har en minimumstørrelse slik at man kan ta i mot bil (vogntog) med sidetipp. Eksempelvis 20m x 5m x 5m. Lagerstørrelsen vil selvfølgelig avhenge av en energisentrals størrelse (brenselforbruk) og ekstern brensellogistikk.

5.25.3. Overføring fra lager til brenner

Som regel benyttes ett av tre prinsipper for transport av brensel fra silo til kjelen:

- **Transportskruer**, her må man være nøye i valg og utforming av skruer, stigning, rotasjonshastighet, inn- og utløp samt overganger. Transportskruer for flis må ikke ha stigningsvinkel over 45 grader.
- **Transportbånd**, eller kjeder. Benyttes som regel for grove brensel.
- **Kranløsning**, med direkte innmating i ovns innmatingssystem (kun store anlegg)

For flis vil lange stikker og brobygging være en utfordring i silo og omlastingspunkt. Her kan det installeres bevegeliselement for å forhindre brobygging. Generelt og som en viktig regel gjelder at man må søke:

- færrest mulig omlastinger og retningsforandringer ved transport av brenselet
- kortest mulig vei fra fyrrom til fyrkjel.

5.25.4. Driftsforhold

Lagring og transport av flis gir noen få andre typer av potensielle driftsutfordringer i forhold til pellets. De viktigste er:

- Blokkering på grunn av lange flisfraksjoner (stikker) i flisfyringsanlegg
- Stans i brenselinnmating som skyldes frost i rå flis (klumping etc.)
- Høyt støvinnhold (finstoff) i brensel som kan legge seg på fotoceller etc.

5.25.5. Leverandører av komponenter

På nettsidene til Norsk Bioenergiforening, www.nobio.no, ligger det et bransjeregister som inneholder kontaktinformasjon til aktørene som selger forbrenningsanlegg for biobrensel, samt brenselleverandører og konsulenter.

5.26. Vedanlegg

Vedforbruket utgjør i dag vel 7 TWh. (1 TWh tilsvarer ca 50 000 kubikkmeter tømmer). Den årlige tilveksten i norske skoger er på ca 22 mill. kubikkmeter trevirke. Det er beregnet at det står om lag 700 mill. kubikkmeter virke på rot i norske skoger, mens årlig avvirkning er på ca 8-9 mill. kubikkmeter. Potensialet for bruk av ved er dermed langt større enn dagens bruk, uten at det går utover tilveksten.

5.26.1. Vedhogst

Dersom veden hogges samme år som den skal brukes, bør hogsten være avsluttet innen utgangen av april, før sevja begynner å stige.

Dersom hogsten skjer når bladverket er utsprunget, er det nyttig med det som kalles syrefelling. Det går ut på at trærne felles og skal ligge ukvistet en stund. Da vil en del av vanninnholdet trekkes ut gjennom treets spalteåpninger i bladene. Undersøkelser har vist en reduksjon på 4 - 7 prosentenheter av fuktigheten den første timen etter felling. Etter 6 dager har fuktigheten i nyhogd virke sunket fra 50 % til 35 %. Dette er målinger som er utført i juni - juli.

5.26.2. Kløyving av ved

Veden bør kappes og kløyves med det samme og legges opp på et tørt underlag utendørs med lufting på begge sider av stabelen. Stabelen bør dekkes på toppen. Dersom nettingsekker brukes kan veden tørkes i disse og lagres oppå hverandre og gil like god tørk. Dette forenkler håndteringen og transporten både før og etter tørkingen.

Kløyvingen er enklest å gjøre med det samme. Frosset trevirke er lettere å kløyve enn temperert virke. Videre er rått virke lettere å kløyve enn tørt. Derfor lønner det seg å kløyve veden så snart så mulig etter felling og kapping. Dersom veden allikevel skal lagres i stranger over tid, er det lurt å slinde; det er å skjære spor gjennom barken i stokkens lengderetning med motorsaga eller øksa. Fuktigheten får da mulighet til å fordampe ut av stokken i hele lengden.

5.26.3. Tørking av ved

Det er store mengder fuktighet som skal fjernes før veden er klar til bruk. En favn rå ved kan veie opp mot 2 tonn. Etter tørking veier den samme favnen i underkant av 1 tonn! Volumet reduseres

med ca. 8-10 % ved tørking. Så snart veden er tørr bør den legges inn i et tørt og luftig vedskjul eller lignende.

5.26.4. Om ved – lagring

Ved består av brennbart materiale, vann og aske. Lav fuktighet gir større brennverdi. Dvs. at tørr ved gir mer varme. Vekten av tørrstoffet pr volumenet varierer mellom treslagene (men brennverdien pr kilo ved med samme fuktighet er så å si lik for alle treslag).

Brennverdien pr volumenhet varierer fordi noen treslag er "tettvokste", andre har løsere ved. Som en hovedregel kan vi si at den effektive brennverdien av de treslagene som brukes til fyring i tørr tilstand er 2500 kWh pr fastkubikkmeter. En enebolig med et varmebehov på 15 000 kWh, tilsvarer ca. 6 fm³. En favn ved krever 1,6 fm³ og følgelig vil ved behovet for boligen være ca. 3,75 favner ved, dersom hele varmebehovet skal dekkes av ved.

5.26.5. Oppstillingsvilkår – krav til fyrrom

Fyrkjeler for ved skal plasseres i et eget fyrrom. Installasjon, endring eller større reparasjon av varmeanlegg med vedkjel er søknadspliktige etter plan og bygningsloven. Fyrrommet skal utføres som en branncelle, med branncellebegrensede bygningsdeler minimum EI60 bestående av begrenset brennbart materiale eller bedre.

Videre står det i teknisk forskrift:

"Det skal legges til rette for enkel betjening, ettersyn og vedlikehold av installasjoner. Tekniske rom skal ha tilstrekkelig størrelse og tilgjengelighet. Komponenter som krever tilsyn og vedlikehold skal plasseres lett tilgjengelig, være utskiftbare og monteres slik at arbeidet kan utføres enkelt og sikkert"

Kravene til oppstilling i fyrrom i TEK oppfylles dersom avstanden mellom vegg og kjeler er 0,7 meter. For kjelesider som ikke trenger adgang for vedlikehold, kan disse avstandene reduseres med 50%. Minste fri avstand mellom vegg og kjelens front bør være 1,5 m. Fri ganghøyde bør være 2,2 meter.

Forbrenningsluften skal tas direkte fra fri luft og innføring av forbrenningsluft skal være minimum lik røykløpets tverrsnitt. Alternativt kan følgende formel benyttes: Minst 50 cm² og med tillegg på 6 cm² for hver 1000 kcal/h (1,16 kW) pr innført effekt.

Ved kan lagres i stabel eller bunge/pall med avstand på minst 1 meter fra kjelen, røykrør og røykkanal. Det kan lagres inntil et døgn forbruk av brensel i fyrrommet.

5.26.6. Kjeler - automatikk og styring

Vi skiller generelt mellom manuelt fyrte kjeler og automatisk fyrte kjeler, når det gjelder fyrkjeler for biobrensel. En vedkjel er normalt i kategorien manuelt fyrte. Dvs. at brenselet (vedkubbene) legges i fyrkjelen manuelt. For å få et fornuftig intervall mellom hver gang en trenger å legge i ved, bør fyrkjelen ha et stort nok vedlegg til at et tillegg minimum genererer den mengden energi som kreves i varmeanlegget for 12 timer. Det vil med andre ord si at ved dimensjonerende forbruk i varmeanlegget må en fyre opp i vedkjelen 2 ganger i døgnet. En slik type drift forutsetter bruk av en akkumulatortank (varmemagasin) som blir nærmere beskrevet under kapitlet 5.26.10.

De fleste moderne vedkjeler benytter seg av såkalt omvendt forbrenning. Det vil si at brenselet ligger oppå en forbrenningsrist, men at i motsetning til en flisfyr der forbrenningsluften tilsettes under risten, tilsettes luften for vedkjeler over risten. Det betyr at luften blir ført gjennom brenselet og ned til forbrenningssonen, rett over og under risten. Tilsetting av sekundærluft for å få en fullstendig forbrenning skjer i kjelens sekundærsone, som ligger under risten. For at det skal oppnås en stabil og tilfredsstillende forbrenning og at man skal unngå at all veden forgasser for fort er det nødvendig å benytte en røykgassvifte, som samtidig sikrer et undertrykk i kjelen. Ved bruk av en

slik vifte (som i enkelte tilfeller også er hastighetsregulert) vil man få et relativt jevnt effektuttak og man sikrer også at det kun er veden som ligger nærmest risten som deltar i forbrenningen.

Asken som genereres faller etter vært gjennom risten og havner i anleggets sekundærkammer. Denne asken må fjernes manuelt ved jevne mellomrom. Det har skjedd mye med utviklingen av vedkjeler de siste 10 årene og av egenskaper som er tilgjengelig bør det nevnes:

- Hastighetregulert røykgassvifte
- Regulering av luftmengder i primær og sekundærsoner
- O₂ styring
- Automatisk / semiautomatisk feeing av røykrør i varmeveksler
- Automatisk start (tennpistol/element)

Med en effektiv regulering av forbrenningen og overvåking av oksygen innhold i røykgassene vil man på vedkjeler i snitt få en meget høy forbrenningsteknisk virkningsgrad (85% – 90%).

5.26.7. Aktuelle spisslastmuligheter

Aktuelle spisslast muligheter for vedfyringsanlegg til bolig er som regel EL. Det er vanlig at akkumulatortanker leveres med mulighet for å sette inn strømkolber og dette er den desidert rimeligste og mest benyttede spisslastkilden for vedfyringsanlegg. En EL-kolbe i toppen på akkumulatortanken vil også sikre at det er varmt nok i toppen av tanken til tappespiral for forbruksvann.

Det finnes også gode kombinasjonsløsninger for vedkjeler der vedkjelen er supplementert med et eget forbrenningskammer for olje eller gass brenner, eventuelt pelletbrenner. Det er viktig at et slikt forbrenningskammer er tilpasset den energikilden som skal benyttes og at ikke det er konstruert slik at det er det samme forbrenningskammeret som veden benytter. Slike kombinasjonsløsninger blir som regel ikke veldig godt tilpasset for noen av brenslene.

5.26.8. Støyforhold

En vedkjele har normalt et lavt støynivå da anlegget består av få roterende deler. Det som er av støy kommer fra røykgassviften, men denne er meget beskjeden og når anlegget er plassert i fyrrom er dette ikke til sjenanse.

5.26.9. Størrelser, mål og vekt

Som for alle kjeler for fast brensel er en vedkjele atskillig større enn for eksempel tradisjonelle olje og gasskjeler.

5.26.10. Hydraulisk oppkobling

Biokjeler er nesten utelukkende laget som tradisjonelle "stålplate" kjeler og generelt betinger dette en høy returtemperatur inn på kjelen for å unngå kondensering. Det betyr at de aller fleste biokjeler kobles, enten med en egen kjelekrets, eller med returhevingspumpe. Dette medfører at en biokjel alltid vil levere vann med høy temperatur ut til varmeanlegget og at det derfor er behov for å shunte ned temperaturen til varmedistribusjonen.

En moderne vedkjele med forgassingsforbrenning bør alltid kobles mot akkumulatortank, da det er svært vanskelig å få en fastbrensel manuelt fyrte vedkjele til å modulere godt nok. En akkumulatortank vil sikre en ren forbrenning, samt øke virkningsgraden på kjelen. Dersom kjelen er modulerende skal den ha tilfredsstillende forbrenning av egnet brensel i hele sitt reguleringsområde. Anlegget skal ved normal drift og ved påfylling av brensel være sikret mot utslag av giftige og brennbare gasser.

I umiddelbar nærhet til kjelen skal det være et manometer (trykkmåler) med rød instillingsviser for normalt trykk (bar). Kjelen skal videre være utstyrt med et termometer og dersom ikke kjelen har

røykgasstermometer, bør dette monteres umiddelbart etter kjelens røykstuss. Dette er et nyttig instrument for å kontrollere kjelens drift, samt en indikasjon på behov for feiing.

5.26.11. Sikkerhetskrav i installasjonen

En vedkjel skal ha en termisk anordning som på en tilfredsstillende måte sikrer at vanntemperaturen på kjelen ikke overstiger 100°C. Dette gjøres ved bruk av termisk sikkerhetsventil og spiral i kjelens vannkappe. Utløp fra spiralen føres til sluk. Automatisk termisk sikkerhetsanordning krever et vanntrykk på minst 3 bar og tillates ikke når det er et hydroforanlegg.

Anlegg med hydroforanlegg, skal bygges med åpent ekspansjonskar. Dette forhindrer trykkstigning i kjelen ved koking. Vannsiden skal stå i åpen forbindelse med ekspansjonskaret som er beskyttet mot frost og som har overløpsledning.

Lukket ekspansjonskar tillates bare benyttet når kjelen er sikret med termisk anordning. I tillegg skal kjelen ha en sikkerhetstermostat, samt kjeletermostat som stopper forbrenningen i den grad det er mulig ved innstilt temperatur. Termostater skal være innkoblet på den varmeste delen av kjelens vannmantel, eller på turledningen, umiddelbart etter kjelen. Anlegg med lukket ekspansjonskar skal være utstyrt med sikkerhetsventiler plassert mellom kjele og ekspansjonskar, nærmest mulig kjelen, eventuelt på egen kjelestuss. Ingen avstengning mellom kjele og sikkerhetsventiler. Sikkerhetsventiler og ekspansjonskar skal være dimensjonert i samsvar med anleggets kjeleytelse. Kjele under 100 kW skal ha minst 1 sikkerhetsventil.

5.26.12. Bruk av akkumulatortank

Vedkjeler bør alltid kobles opp mot en akkumulatortank. Med en akkumulator mener vi et varmemagasin for varmt vann. I perioder hvor det produseres mer varme på kjelen enn det forbrukes, varmes vannet i tanken opp. Når kjelen ikke er i drift forbrukes energien i det varme vannet. Akkumulatortanken vil pendle/arbeide i intervallet mellom kjelens driftstemperatur og lavest tillatte temperatur på varmeanlegget. Det er derfor svært avgjørende hvilken temperatur vi kan tillate på tanken, i forhold til å gi oss fleksibilitet på fyringsintervallet. La oss se på et eksempel:

En bolig på 180 m² har en akkumulatortank på 3000 liter. Ved full "ladning" på tanken holder tanken 85°C. Boligen har et varmebehov på 40 W/m². Boligen har et radiatorsystem og krever 70°C på turledningen for å holde temperaturen i huset. Dersom returen på anlegget er 60°C, kan vi tillate at tanken synker med 25°C før du må fyre. V får du følgende regnestykke:

$$t = \frac{3000 \times 25}{0,86 \times 180 \times 40} = 12,1 \text{ timer}$$

Vi må med andre ord fyre etter 12 timer (2 ilegg i døgnet). Dersom vi tillater tanken å synke for eksempel ned til 35°C fordi vi har et lavtemperert system med gulvvarme ser tilsvarende regnestykke slik ut:

$$T = \frac{3000 \times 50}{0,86 \times 180 \times 40} = 24,2 \text{ timer}$$

I dette tilfellet kan vi nøye oss med å fyre en gang i døgnet og vedkjelens vedlegg kan tilpasses ladingen av tanken fra 35°C til 85°C.

Veldig ofte benyttes også akkumulatortanken til forbruksvann i form av en tappespiral eller bereder som plasseres i tankens varmeste punkt (i toppen). Dersom tankens temperatur skal slippes helt ned mot f.eks 35°C vil det ikke være nok tilgjengelig effekt for dusjing etc. I såtilfellet må man enten holde temperaturen i toppen av tanken opp med EL-kolber, eller man kan benytte tanken som forvarming inn til en bereder som spisser med EL. Se for øvrig kapittel om koblingsforslag for å se hvordan dette kan gjøres.

5.27. Leverandører av komponenter

På nettsidene til Norsk Bioenergiforening, www.nobio.no, ligger det et bransjeregister som inneholder kontaktinformasjon til aktørene som selger forbrenningsanlegg for biobrensel, samt brenselleverandører og konsulenter.

6. Varmepumper

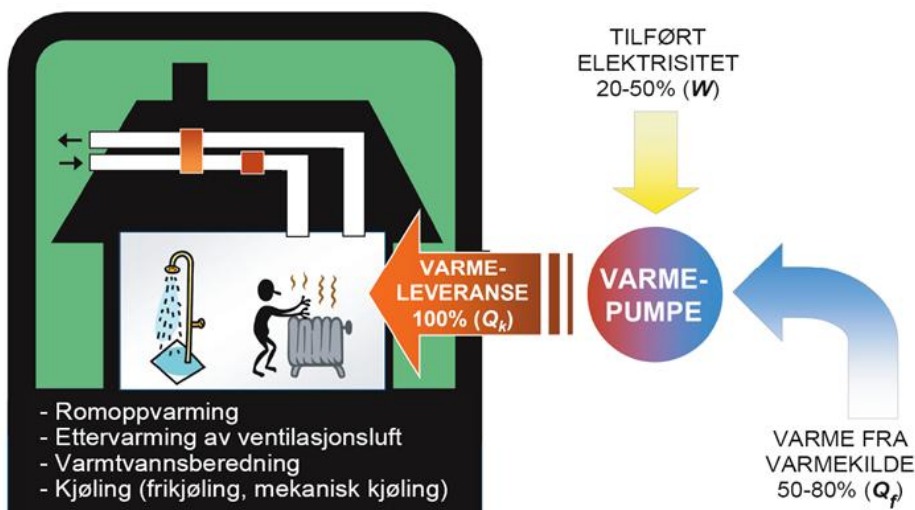
6.1. Innledning

Teknologien som varmpumper er basert på ble utviklet av Lord Kelvin i 1852 og den Franske ingeniøren Sadi Carnot la allerede rundt 1830 det teoretiske grunnlaget. De første produktene var beregnet for kjøling, men teknologien ble modifisert av Robert Webber i 1940-årene for å kunne fungere som varmpumpe. De første varmpumpene ble installert i Norge på 70-tallet, og teknologien har de siste årene fått økt oppmerksomhet på grunn av internasjonale miljøavtaler og høyere energipriser. De varmpumper som er på markedet i dag bygger på kjent og velprøvd teknologi hvor det stadig skjer en utvikling mot mer energieffektive produkter.

Vårt forbruk av energi til diverse oppvarmingsformål er betydelig. I Norge dekker vi slike varmebehov stort sett med ren elektrisk energi til panelovner og elektrokjeler eller med olje og biobrensel i fyringsanlegg. Elektrisk energi og olje representerer såkalte høyverdige energiformer, som mange mener ikke burde anvendes i så stor grad til rene oppvarmingsformål.

Varmepumpen er et alternativ til slike oppvarmingssystem. Der denne kan erstatte elektrisitet og olje, er det mulighet for store energibesparelser. Varmeenergien som varmpumpen avgir er for en stor del opptatt fra omgivelsene (luft, sjø, jord). Resterende del, ofte kun 20-35 %, er tilført i form av elektrisk energi til varmpumpens motorer. Således kan varmpumpen gi besparelser på 65-80 % i energiforbruket til oppvarming. Dette er med på å bidra til god energi- og ressursutnyttelse.

I Norge er forutsetningene for bruk av varmpumper på mange måter meget gode. Store deler av befolkningen er lokalisert langs kysten. Her er sjøvannet de fleste steder en meget god varmekilde for varmpumpen. Kommer man lenger sør er også lufttemperaturen store deler av fyringssesongen med tilfredsstillende høy verdi til at varmpumpe kan benyttes. Vår produksjon av elektrisk energi fra vannkraft er unik. Vi utnytter elektrisiteten enda bedre der vi kan benytte den til drift av varmpumper enn til ren elektrisk oppvarming.



Generell funksjonsbeskrivelse varmpumpe

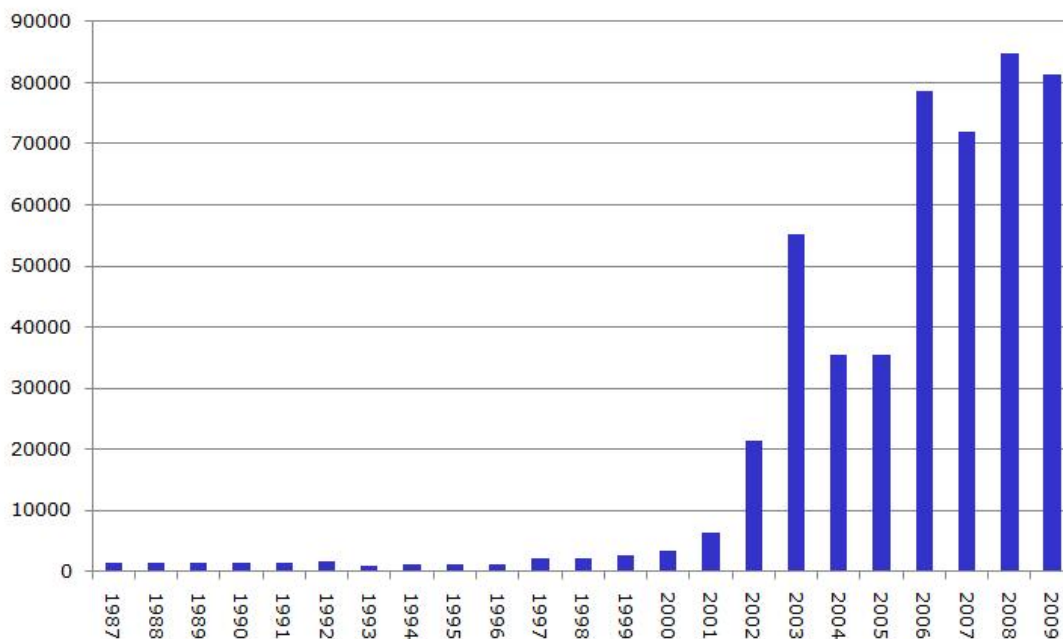
6.1.1. Ulike anvendelsesområder for varmpumpeteknologi

Varmepumper er en teknologi med mange ulike anvendelsesområder. Varmepumper brukes primært til oppvarming av boliger og større bygg, innenfor industrien og ved utbygging av fjernvarme- og nærvarmeanlegg. Varmepumper har tradisjonelt vært brukt til å dekke varmebehov i temperaturområdet opp til 60 – 70 grader. Teknologisk utvikling har gjort at vi i dag har varmpumper som kan levere varme ved langt høyere temperaturer. Disse varmpumpene brukes

mest innenfor industrien og i fjernvarmesystemer, men tilbys også for oppvarming i bygninger som standardagregater hvor det i dag er høytemperatur distribusjonssystemer.

6.1.2. Bruk av varmepumper i Norge og internasjonalt

I Norge er det i 2010 installert mer enn 500 000 varmepumper, og hver tredje enebolig har en varmepumpe installert. Alle installerte varmepumper bidrar hvert år med mer enn 8 TWh energisparing i det norske energisystemet. I Sverige er mer enn halvparten av boligene oppvarmet med varmepumpe, og varmepumper bidrar hvert år med mer enn 15 TWh energisparing i energisystemet. I Japan ble den første CO₂-varmepumpen for oppvarming av tappevann i privatbolig installert i 2001. I 2009 var det mer enn 2 millioner CO₂-varmepumper installert i Japan, og landet har nå et mål om å installere 10 millioner CO₂-varmepumper innen 2020.

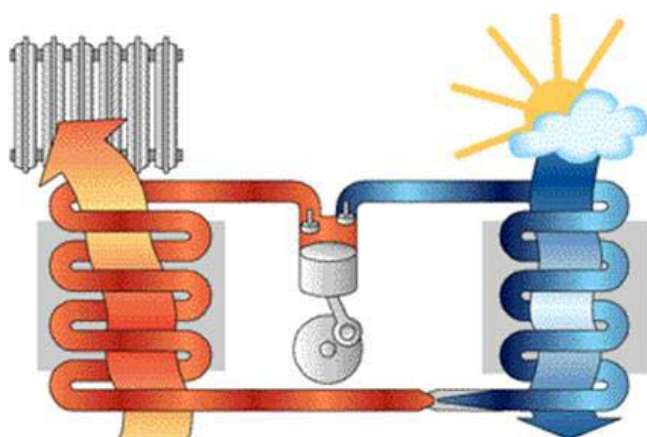


Salgsutvikling varmepumper

6.2. Varmepumper – funksjon og virkemåte

Varmepumper representerer en unik teknologi som kan flytte varme fra et lavere til et høyere temperaturnivå. Dette er svært nyttig i mange sammenhenger fordi varmen kun er nyttig når den er på et høyere nivå enn omgivelsestemperaturen.

For å kunne transportere varme fra et lavere til et høyere temperaturnivå benyttes et arbeidsmedium, som er valgt slik at det fordamper og kondenserer ved ulike temperaturer. I varmepumpekretsen inngår fire hovedkomponenter:



- Fordamper
- Kompressor
- Kondensator
- Strupeventil

Hovedkomponentene i en varmepumpe

6.3. Arbeidsmedier

Viktigste faktorene som avgjør hvilket kuldemedium som bør benyttes i varmepumpen:

- Temperaturområdet for varmepumpen
- Systemløsning for varmepumpen
- Oppstillingssted for varmepumpen
- Tilgjengelighet og pris for varmepumpen
- Miljøkonsekvenser

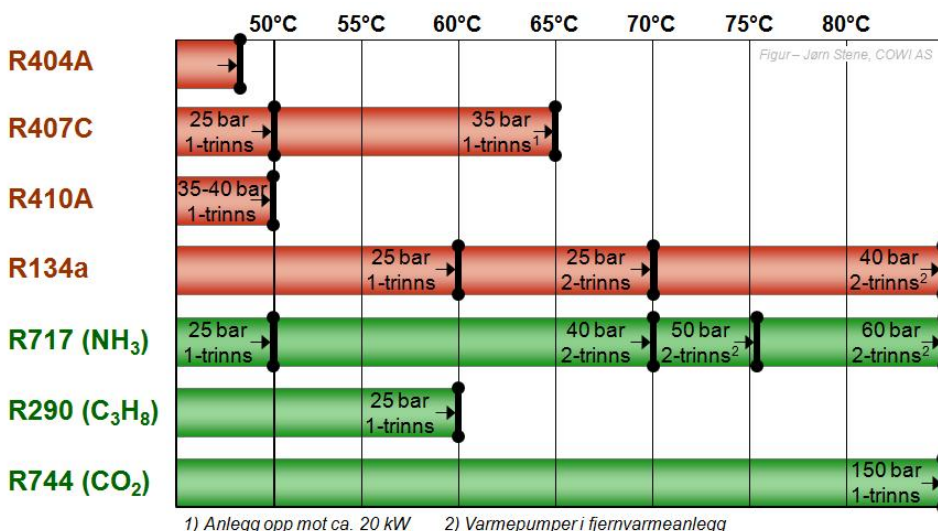
De første kuldeanleggene benyttet naturlige arbeidsmedier som ammoniakk, karbondioksid og hydrokarboner. I 30-årene kom de første kuldeanleggene med syntetiske arbeidsmedier, først klorfluorkarboner (KFK), senere hydroklorfluorkarboner (HKFK). Disse kuldemediene var i motsetning til de naturlige kuldemediene verken brennbare eller giftige.

KFK er i dag forbudt brukt i kulde- og varmepumpeanlegg. HKFK er forbudt i nye anlegg, men frem til 31.12.2015 er det tillatt med påfylling av arbeidsmedium i eksisterende anlegg. Grunnen til at disse arbeidsmediene har blitt forbudt er at de er til alvorlig skade for miljøet(ozonnedbryting, drivhusvirkning).

De arbeidsmediene som i stor grad har erstattet KFK og HKFK er nye hydrofluorkarboner (HFK) arbeidsmedier. Disse har ikke en nedbrytende effekt på ozonlaget, men også disse har en negativ drivhuseffekt ved utslipp. Det er statlig avgift ved innførsel eller produksjon av HFK.

Dette har medført at det igjen er stor interesse for naturlige arbeidsmedier som ammoniakk, karbondioksid og hydrokarboner. Ammoniakk er et godt egnet arbeidsmedium i varmepumper på grunn av høy kritiske temperatur og har vært benyttet i hele perioden med syntetiske arbeidsmedier. Bruksområdet er noe begrenset av mediets giftighet. Karbondioksid har helt spesielle termodynamiske egenskaper som arbeidsmedium for varmepumper. Det arbeider under langt høyere trykk(opptil 150bar) og det skjer ingen kondensering ved varmeavgivelsen (transkritisk prosess). Prosessen er best egnet når også varmebæreren gjennomgår en stor temperaturendring, som ved beredning av varmt tappevann.

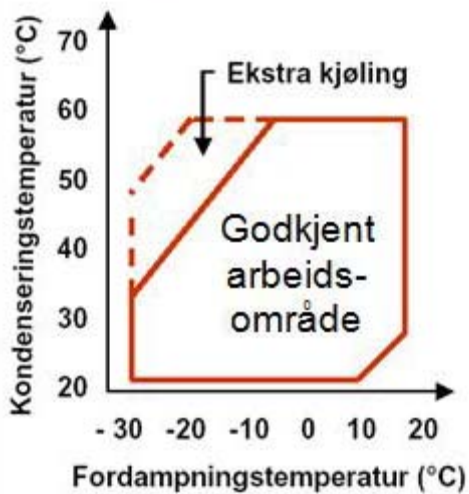
Hydrokarboner kan i stor grad dekke samme bruksområdet som HFK-kuldemediene. Det mest vanlige av hydrokarbonene er propan(R-290). De termodynamiske egenskapene gjør at mediene egner seg godt i varmepumper, men fordi de er brennbare begrenses bruksområdet.



1) Anlegg opp mot ca. 20 kW 2) Varmepumper i fjernvarmeanlegg

Egenskaper for ulike arbeidsmedier

6.4. Kompressorer



Alle kompressorene har et arbeidsområde (temperaturløft) som prosessen må ligge innenfor. Figuren til venstre viser arbeidsområder for ulike arbeidsmedier.

Kompressorene deles inn i:

- Stempelkompressorer
- Skruekompressorer
- Turbokompressorer
- Scrollkompressoren
- Rullestempelkompressoren

6.4.1. Stempelkompressoren

Stempelkompressoren er den eldste kompressortypen. Kapasitets- og bruksområdet er omfattende fra de minste kompressorene på noen watt til større maskiner med flere maskiner og ytelse opptil 1000kW.

I stempelkompressoren skaper stemplets returbevegelse et undertrykk i sylindren i forhold til sugetrykket, slik at sugeventilen åpner og arbeidsmediet strømmer inn i sylindren. Når returbevegelsen stanser lukker sugeventilen og kompresjonen kan begynne. I kompresjonsfasen reduserer stempelet arbeidsmediets volum slik at trykk og temperatur øker. Når så trykket i sylindren overskrider kondenseringstrykket åpner trykkventilen, og den komprimerte gassen presses ut av sylindren. De trykkstyrte ventilene er et karakteristisk trekk for stempelkompressoren og sikrer at maksimaltrykket i sylindren automatisk tilpasses kondensatortrykket.

Ytelsesregulering av stempelkompressorer kan foregå ved:

- by-pass mellom trykk og sugeside
- løfting av sugeventil(fri tilbakestrømning)
- på/av-regulering
- turtallsregulering

6.4.2. Skruekompressoren

Det finnes to typer av skruekompressoren: twin-skruekompressor og mono-skruekompressor. Twin-skruen er den eldste og mest brukte skruekompressoren og består av to tann- eller spiralformede rotor. Bare den ene motoren drives. Inngrepet mellom de spiralformede rotorene danner sammen med kompressorhuset tette, lukkede arbeidsrom mellom de sylindformede veggene og endeveggene. Som følge av profilenes skruespiral, vandrer inngrepsflatene fra den ene siden av kompressorhuset til den andre når motorene roterer, samtidig med at arbeidsrommene før inngrepene blir stadig mindre og arbeidsrommene bak inngrepene blir stadig større. Gjennom porter/åpninger i huset suges arbeidsmedium inn fra den ene siden(sugeport), og presses komprimert ut på den andre siden(trykkport).

Skruekompressoren kan til vanlig reguleres mellom 100% og ca. 10% ytelse. Reguleringen skjer ved at en reguleringsgleide forskyves mot utløpsåpningen og åpner for by-pass tilbake til sugeporten. Økningen i energiforbruk i forhold til en ideell prosess kan bli meget stor.

6.4.3. Turbokompressoren

Turbokompressoren hører til gruppen dynamisk arbeidende kompressorer. I motsetning til stempel- og skruekompressoren skjer det ingen mekanisk fortregning av gassen. Isteden tilføres gassen mekanisk arbeid i løpehjulet, som så omsettes dels i trykk- og dels i hastighetsenergi. Etter løpehjulet omsettes så hastighetsenergien til trykk. Turbokompressoren er først aktuell ved relativt høye ytelser, fra ca. 500kW og oppover.

Turbokompressoren har en del fortrinn fremfor andre kompressorkonstruksjoner, der de viktigste er:

- kompakt konstruksjon med relativt lite plassbehov
- stor driftssikkerhet
- få slitasjedeler og lite vedlikehold
- ingen problemer med oljeretur fra fordampner
- relativt stillegående

Ytelsesregulering kan foregå på flere ulike måter:

- struping på sugesiden
- regulerbare ledeskovler i innløpet
- turtallsregulering
- by-pass fra høy- til lavtrykksside

6.4.4. Scroll-kompressorer

Scrollkompressoren er forholdsvis gammel konstruksjon, og er først og fremst aktuell for mindre ytelser. I de senere år er det blitt lagt ned en betydelig innsats for å forbedre og optimalisere konstruksjonen. De virkende komponentene i en scroll-kompressor er to identiske spiraler eller spiralblader. Spiralplatene er 180 grader faseforskyvet og satt mot hverandre. Den ene scrollen står fast. Den andre kretser med en liten diameter uten å rotere. Ettersom den kretsende spiralen går rundt, beveger kontaktpunktene seg mot sentrum. Gasslommene blir da flyttet innover samtidig som de minsker i volum.

Scroll-kompressoren har en del fortrinn fremfor den konvensjonelle stempelkompressoren. Av disse kan nevnes få bevegelige deler, lite volum, lavt støy- og vibrasjonsnivå og høy toleranse overfor forurensninger og væske i arbeidsmediegassen.

6.4.5. Rullestempel-kompressoren

Rullestempel-kompressoren hører inn under rotasjonsstempel-kompressorene, og er en aktuell kompressorkonstruksjon ved mindre ytelser. Stempelet, som beveger seg på en sylinderakse, ruller langs veggen i et sylindrerformet hus. Oppdelingen av det sigdformede kompresjonsrommet i suge- og trykkside skjer dels ved berøringslinjen mellom stempel og sylinder og dels ved hjelp av bevegelige lameller. Under en omdreining skjer det en kontinuerlig innsuging av gass på den ene siden av stempelet. Samtidig reduseres trykkrommet på motsatt side, og arbeidsmediet komprimeres inntil trykkventilen på høytrykkssiden åpner.

6.5. Varmervekslere

I et varmpumpeanlegg benyttes varmervekslere i første rekke som fordampner og kondensator. For å øke anleggets kapasitet og effektfaktor benyttes tidvis og underkjølings- og overhettingsvarmervekslere. På en del anlegg benyttes også varmervekslere mellom varmpumpen og varmekilden(indirekte systemer). I alle tilfelle er valg av riktig type varmervekslere og korrekt dimensjonering av disse viktig for at varmpumpeanlegget skal bli teknisk og økonomisk vellykket installasjon.



Eksempler på varmevekslere

6.5.1. Fordampere

Fordamperen i et varmepumpeanlegg utføres på forskjellig vis alt avhengig av:

- type varmekilde
- varmekildens tilstand med henhold til forurensninger, korrosivitet etc.
- ønsket fordampertyelse
- varmekildens temperaturforløp over året
- mulig varmeuttak fra varmekilden før eventuell frysing
- avstand mellom varmekilde og fordamper

Avhengig av væsketilførselen kan fordampere klassifiseres i tre hovedgrupper:

- tørrfordampere
- resirkulasjonsfordampere
- fylte fordampere

Tørrfordampere

I en tørrfordamper reguleres væsketilførselen med en termisk strupeventil, slik at arbeidsmediet er i gassfase og har en konstant overhetning ved utløpet av fordamperen. Overhetningen skal sikre at en aldri får væske inn i kompressoren, og normalt vil ca. 10-20% av fordamperflaten gå med til overhetning av arbeidsmediet. Tørrfordampere utnytter derfor de varmeoverførende flater mindre effektivt enn fylte fordampere og resirkulasjonsfordampere.

Resirkulasjonsfordampere

I en resirkulasjonsfordamper er væskesirkulasjonen gjennom fordamperen større enn den fordampede mengden. En oppnår dermed bedre fukting av fordamperflaten og følgelig høyere k-verdi enn ved tørrfordampning. Valg av resirkulasjonsforhold, dvs. forholdet mellom sirkulert og fordampet mengde arbeidsmedium, vil bla. være en avveining mellom bedre varmeovergangsforhold og økte trykktap i fordamperen. Væske-gassblandingen fra fordamperen føres til en væskeutskiller, hvor gass og væske separeres. Gassen suges til kompressoren, mens væsken sirkuleres gjennom fordamperen på nytt.

Fylte fordampere

Ved fylte fordampere er fordamperrørene neddykket i arbeidsmediet og varmebæreren sirkulerer innvendig i rørene. Som for resirkulasjonsfordamperen vil fuktingen av fordamperrørene og dermed varmeovergangsforholdene være bedre enn for "tørrfordamperen". En benytter lavtrykksflottørventil eller tilsvarende elektronisk system for å regulere væsketilførselen til fordamperen.

6.5.2. Kondensatorer

Rørkjelkondensatoren har gode varmeoverføringsegenskaper. Den dekker et meget bredt kapasitetsområde og fås i forskjellige rørkvaliteter og utførelser. Arbeidsmediet kondenserer på utsiden av rørene, mens vannet sirkulerer innvendig.

For mindre anlegg er koaksialkondensatoren et alternativ til rørkjelkondensatoren. Til forskjell fra rørkjelfordamperen har denne normalt bare ett innerrør. Arbeidsmediet kondenserer på utsiden av rørene, mens vannet sirkulerer innvendig.

Platevarmeveksleren egner seg meget godt som kondensator i et varmepumpeanlegg på grunn av sine meget gode varmeoverførende egenskaper og kompakte konstruksjon. Arbeidsmediet og varmebæreren sirkulerer alltid motstrøm.

Ved oppvarming av vannvolumer kan de være aktuelt å plassere kondensatoren neddykket i vann. Det kan for eksempel være hensiktsmessig ved oppvarming av tappevann i mindre anlegg. Kondensatoren utføres som rørspiral, fortrinnsvis med utvidet ytre ytre flate på vannsiden.

Luftkjølte kondensatorer er aktuelle for mindre anlegg. I prinsippet bygges de opp på tilsvarende måte som for luftkjølerne. Rørdimensjonen er som regel noe mindre, og vanlig lameldeling er 3 med mer.

Overhettingsvarmeveksleren plasseres i trykkledningen etter kompressoren, og har som formål å kjøle trykk-gassen ned mot kondenseringstemperatur. Overhettingsvarmen benyttes fortrinnsvis den en har oppvarmingsbehov med høyere temperaturkrav enn kondenseringstemperaturen, for eksempel til oppvarming av tappevann.

Underkjølingsvarmeveksleren plasseres etter kondensatoren og har som formål å underkjøle kondensatet før strupeventilen. Det er flere gode grunner til at en ønsker å installere underkjølingsvarmeveksler i anlegget:

- øker varmepumpens ytelse uten økning i kompressorens el. forbruk
- reduserer strupningstapet på grunn av mindre temperaturredifferanse over ventilen
- sikrer at en kun har væske før strupeventilen

Underkjøling er spesielt gunstig for arbeidsmedier med stort strupningstap som for eksempel R-134a. Underkjølingsvarmen benyttes til oppvarmingsformål der en har lavere temperaturkrav enn kondenseringstemperaturen, for eksempel til forvarming av varmt tappevann.

6.6. Væskereguleringssystemer

Væskereguleringssystemet sin oppgave er å tilpasse tilførsel av arbeidsmedium til fordampersystemet under varierende driftsforhold, samtidig som differansetrykket mellom høytrykks- og lavtrykksiden i anlegget opprettholdes. I varmepumpeanlegg ivaretas reguleringen ved hjelp av:

- termisk strupeventil
- elektronisk strupeventil
- lavtrykks-flottørventil
- høytrykks-flottørventil
- elektronisk-flottørventil



Eksempler på strupeventiler

6.6.1. Termisk strupeventil

Termiske strupeventiler brukes kun på tørrfordampere. Ventilen har en overhetningsføler, og regulerer væsketilførselen slik at arbeidsmediet er i gassfase og holder konstant overhetning ved utløpet av fordampere under alle belastningsvariasjoner. Overhetningen sikrer at en ikke får væske inn kompressoren, og ca. 10-20% av fordamperflaten går med til overhetning av mediet. Strupeventilen bør alltid plasseres nærmest mulig fordamperrinnløpet.

6.6.2. Elektronisk strupeventil

For væsketilførsel i tørrfordampere kan en også benytte elektronisk styrte strupeventiler. Væsketilførselen styres etter signal fra 2 temperaturfølere som registrerer temperaturforskjellen mellom innløpet og utløpet på fordampere. Den registrerte temperaturforskjellen sammenlignes kontinuerlig med en forhåndsinnstilt verdi i en regulator. Regulatoren sender i sin tur elektroniske pulser til en aktuator som åpner/lukker strupeventilen etter behov. Elektronisk styrte strupeventiler koster en del mer enn termiske strupeventiler, men har en del fordeler:

- god utnyttelse av fordampere i hele systemets arbeidsområde fordi overhetningen kan reduseres
- systemet regulerer hurtig og presist selv ved store endringer i belastningen
- systemet kompenserer for endringer i underkjøling foran ventilen

I en lavtrykks-flottørventil befinner flottørkammeret seg på lavtrykksiden. Ventilen regulerer for å holde konstant væsknivå i væskeutskiller eller fordampere under alle belastningsvariasjoner.

I en høytrykks-flottørventil befinner flottørhuset seg på høytrykksiden. Ventilen regulerer væsketilførselen til fordampere på en indirekte måte ved å holde konstant væsknivå i receiveren.

Et elektronisk væskereguleringssystem fungerer i prinsippet på samme måte som et flottørventilsystem, men isteden for å være mekanisk koblet til strupeventilen glir flottøren langs en elektronisk målestav plassert i væskebeholderen. Langs målestaven ligger små følere som registrerer flottørens posisjon og dermed væsknivået i beholderen. Målesignalet sendes til en regulator som åpner/lukker strupeventilen for å opprettholde ønsket væsknivå.

Elektronisk nivåregulering gir mulighet til fritt å legge opp reguleringsstrategi. Systemet har dessuten den fordelen at en enkelt kan justere reguleringsparametrene og derved oppnå stabil regulering. Elektroniske strupeventiler er velegnet på både store og små anlegg med resirkulasjons- eller fylte fordampere.

6.7. Varmepumper – ulike typer

Varmepumpeanlegg klassifiseres normalt etter type varmekilde og system for varmedistribusjon og de vanligste typer i norske boliger er:

- Luft/luft varmpumper
- Luft/vann varmpumper
- Vann/vann varmpumper
- Ventilasjonsluft/luft varmpumper
- Ventilasjonsluft/vann varmpumper

6.7.1. Luft/luft varmpumper

Luft/luft er det vanligste systemet for varmpumper i Norge i dag. Disse varmpumpene henter ut varme fra luften ute helt ned til minus 20 °C og sprer den i boligen ved hjelp av en vifte. Med en luft/luft varmpumpe får du igjen 2 til 3 ganger så mye varme som den strømmen du tilfører, men effekten synker med hvor kaldt det er ute. En generell regel er at jo lengre fyringssesong du har, dess mer gunstig er en slik varmpumpe. Nyere modeller fungerer som regel bedre enn gamle.

Luft/luft varmepumper kan monteres i eneboliger, tomannsboliger, leiligheter og rekkehus, og er mest effektiv i boliger med åpen romløsning. Varmepumpen har en beregnet levetid på 10-15 år.

Fordeler med luft/luft varmepumper:

- De inneholder filtre i den delen som er inne og disse filterne renser luften for støv og partikler. Dermed får du bedre inn klima enn ved fyring med ved eller vanlig elektrisk varme.
- De kan også brukes til kjøling om sommeren.
- Monteringen krever kun små inngrep.
- Investeringskostnadene er moderate siden opptakssystemet for varmen er en integrert del av anlegget.
- Varmekilden, som er luft ute, er tilgjengelig overalt.

Ulemper med luft/luft varmepumper:

- De har lavest effektfaktor og lavest varmeytelse når varmebehovet er størst. Det betyr at du får mindre varme fra pumpen i de periodene du trenger det mest. Selv om nyere varmepumpemodeller virker helt ned mot minus 20 °C er det nødvendig å ha en annen oppvarmingskilde tilgjengelig på kalde dager.
- Ved temperaturer på mindre enn 2 - 5°C avsettes fuktigheten i luften som rim på varmepumpens fordampersplate, og avriming er derfor nødvendig. Ved avriming reduseres anleggets effektfaktor med typisk 10 - 20 % sammenlignet med drift uten avriming.
- Fuktig og saltholdig luft ute kan forkorte levetiden for varmepumpen
- De kan avgi noe lyd både ute og inne. Velg en stillegående modell eller plasser varmepumpedelene med noe avstand til de områdene der du oppholder deg mye.



Bolighus med luft / luft varmepumpe

6.7.2. Luft/vann varmepumper

Luft/vann varmepumper henter energien fra luften ute og avgir varme via vannbåren gulvvarme, radiatorer eller konvektorer. Enkelte modeller kan også dekke deler av behovet for tappevann. Med disse varmepumpene får du igjen 2,5 til 3,5 ganger så mye varme som den strømmen du tilfører. Men jo kaldere temperaturen er ute, desto mindre varme får du igjen. Luft/vann varmepumpene har en levetid på rundt 15 år.

Fordeler med luft/vann varmepumper:

- De har lavere investeringskostnader enn for eksempel vann/vann varmepumper
- Varmekilden, som er luften ute, er alltid tilgjengelig.
- Denne varmepumpeteknikken gir en meget god varmefordeling og jevn temperatur.
- De krever relativt små inngrep dersom det allerede eksisterer et vannbårent distribusjonssystem i boligen som for eksempel oljefyring.

Ulemper med luft/vann varmepumper:

- De har lavest effektfaktor og lavest varmeytelse når varmebehovet er størst. Du får mindre varme fra pumpen i de periodene du trenger det mest. Selv om nyere varmepumpe-modeller virker helt ned mot minus 20 °C er det nødvendig å ha en annen oppvarmingskilde tilgjengelig på kalde dager. Det er nødvendig med full effektdekning fra annen kilde.
- Ved temperaturer på mindre enn 2 - 5°C avsettes fuktigheten i luften som rim på varmepumpens fordampersplate, og avriming er derfor nødvendig. Ved avriming reduseres anleggets effektfaktor med typisk 10 - 20 % sammenlignet med drift uten avriming.
- Fuktig og saltholdig luft ute kan forkorte levetiden for varmepumpen
- De kan avgi noe støy både ute.
- De krever et vannbårent distribusjonssystem.



Bolighus med luft / vann varmepumpe

6.7.3. Vann/vann varmepumpe

Henter varme fra berg, jord eller vann og avgir varme i et vannbårent system i bygningen (vannbåren gulvvarme, radiatorer, konvektorer og eventuelt tappevann). Vann/vann varmepumper er den klart beste teknologien for energisparing, du får igjen 3 til 4 ganger så mye varme som den strømmen du tilfører, men det er også den dyreste varmepumpen i forhold til investeringskostnader. Vann/vann varmepumpene har en levetid på 20-25 år.

De ulike varmekildene denne varmepumpen kan bruke er:

- Bergvarme som hentes fra et borehull på 80-200 meter. Varmeuttaket fra bergvarmepumpe vil variere avhengig av bergart og oppsprekning i fjell.
- Jordvarme som hentes fra nedgravde slanger med frostvæske på 0,6-1,5 meters dyp. Ved jordvarmepumpe kan fuktig grunn gi uttak av større varmemengde pr. volum masse enn tørr grunn.
- Sjøvarme som hentes fra slanger med frostsikker væske som senkes ned i sjøen.

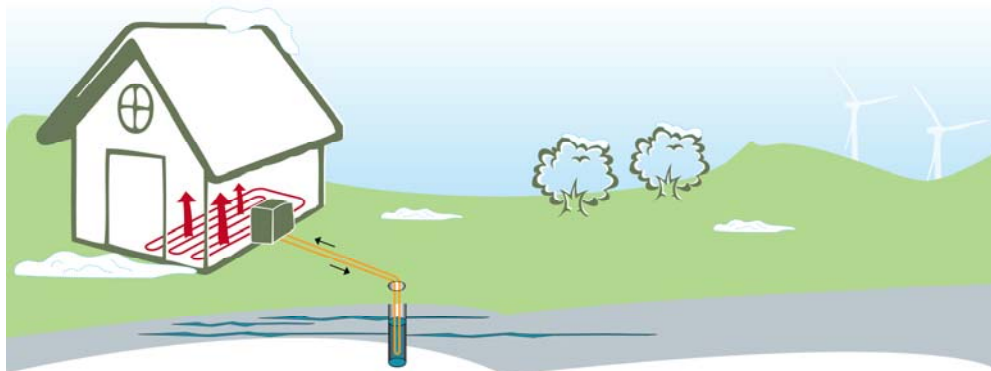
Generelle fordeler med vann/vann varmepumper:

- De gir høyere energisparing enn luft/vannvarmepumpene fordi varmekilden har relativt høy temperatur hele året og varmen fordeles godt i hele huset (vannbåren varme). I tillegg dekker anlegget store deler av boligens varmtvannsbehov.
- Siden det utvendige systemet ligger skjult slik at det ikke er noe utstyr som vises ute.
- Lengre levetid enn for eksempel luft/luft varmepumper.
- De er veldig driftssikre.
- Ingen støybelastning utendørs.

Generelle ulemper med vann/vann varmepumper:

- De er avhengige av et vannbårent distribusjonssystem.
- De har en høy investeringskostnad.

- Det er begrensninger i forhold til varmekilden: Bergvarme forutsetter at det er fast fjell uten å bore for dypt. Jordvarme krever relativt mye areal og begrenser mulighet for å bruke hagen til frukttrær etc. Vann krever nærhet til sjø.



Bolighus med vann / vann varmepumpe

6.7.4. Ventilasjonsvarmepumper og avtrekksvarmepumper

Ventilasjonsluft kan være en god varmekilde for varmepumper da den holder en tilnærmet konstant temperatur gjennom året. Denne type varmepumpe kan brukes for oppvarming av tilluft, oppvarming av tappevann og eventuelt romoppvarming.

Det finnes i hovedsak to ulike varmepumpesystemer som bruker ventilasjonsluft som varmekilde. I boliger med balansert ventilasjon har man separate kanalsystemer for tilførsel av friskluft og fjerning av forurenset inneluft. Den beste løsningen vil da være at luften først gjenvinnes i en varmeveksler og deretter utnyttes i en varmepumpe. For boliger vil det bli for kostbart å investere i begge deler slik at man må velge en av delene. En varmepumpe vil kreve høyere investeringer, men vil gi høyere energisparing gjennom året.

I boliger med avtrekksventilasjon tilføres frisk luft via spalteventiler i vinduene eller separate lufteventiler. Luften suges ut gjennom våtrom/bad/WC eller vifte på kjøkkenet. Luft som suges ut gjennom våtrom kan benyttes til oppvarming av tappevann og eventuelt romoppvarming. Avtrekksluft fra kjøkken egner seg ikke som varmekilde fordi fett vil danne et isolerende lag på varmepumpens fordamper.

Fordeler:

- Ventilasjonsluften holder en jevn høy temperatur på 18 til 25 °C gjennom hele året, og man oppnår en høy årsvarmefaktor for varmepumpen
- Det er relativt moderate investeringskostnader
- Varmepumpen har lang levetid og høy driftssikkerhet på grunn av gunstige driftsbetingelser
- Det er mulig å kombinere ventilasjonsluft med andre varmekilder, og få et varmepumpeanlegg med høy energibesparelse gjennom året

Ulemper:

- Ventilasjonsluft som varmekilde har en begrenset mengde energi som kan avgis i løpet av et år. Dette medfører at disse varmepumpene har en lavere energibesparelse enn mange andre varmepumper gjennom året.
- Varmepumpen er kun i drift når ventilasjonsanlegget er i gang
- Disse varmepumpene bør prosjekteres og installeres når huset bygges eller rehabiliteres

6.8. Varmesystemer med varmepumpe

6.8.1. Grunnregler ved oppbygging av varmesystem med varmepumpe

De fleste hensyn som må tas for å sikre god funksjon og driftsøkonomi i et varmepumpesystem har med temperatur å gjøre. De viktigste punktene kan sammenfattes i følgende grunnregler for oppbygging av varmesystemet:

1) Varmepumpen skal monteres i serie før spisslastenheten, altså på returledningen til eventuell olje-/elkjel. Begrunnelsen er at varmepumpen alltid skal tilføres det kaldeste vannet, av hensyn til kondenseringstemperaturen. Seriekopling sikrer samtidig at varmepumpen tilføres full vannmengde. Dette gir minst mulig temperaturstigning på vannet gjennom kondensatoren og tilhørende lavest mulige kondenseringstemperatur.

2) Varmepumpen skal arbeide ved full kapasitet før spisslastenheten(kjelen) kobles inn og den skal fortsette med full kapasitet så lenge spisslasten er inne. Begrunnelsen for denne regelen er selvsagt og regelen burde vært overflødig. Ikke desto mindre hender det (ikke så sjelden) at tilskuddsvarmen leverer energi som egentlig kunne og skulle blitt produsert av varmepumpen.

Den første delen av kravet etterkommes ved at spisslasten styres av varmepumpens regulator. I dag finnes denne løsningen som regel bygget inn i varmepumpen fra fabrikken. I perioder med behov for tilskudd av spisslast, kan returtemperaturen til varmepumpen bli høy på grunn av upresis regulering eller uheldige tekniske løsninger (for eksempel varmt vann i bypass). Varmepumpen trinner kapasiteten ned, leveransen blir «kunstig» lav og spisslastenheten overtar. Varmeleksasje til romvarmekursen fra elektrisk ettervarming av tappevann kan gi seg tilsvarende utslag.

Denne typen feil kan spesielt lett oppstå i forbindelse med bruk av dobbeltmantlede beredere for spisslast og ettervarming. Feilen kommer til syne ved at elforbruket til varmesentralen er uforholdsmessig høyt i perioder med innkoplet spisslast og/eller ettervarmer for varmt tappevann. Svært enkle tekniske løsninger, varmeteknisk og reguleringsteknisk, og feilkoplinger må ta mye av «skylden».

3) Kondenseringstemperaturen skal søkes holdt så lav som mulig i forhold til varmebehovets temperatur. Begrunnelsen følger direkte av en varmepumpens karakteristiske egenskaper, at energibehovet avtar med fallende temperaturløft. Punktet gir grunnlag for tre underpunkter, som i virkeligheten er flettet inn i hverandre:

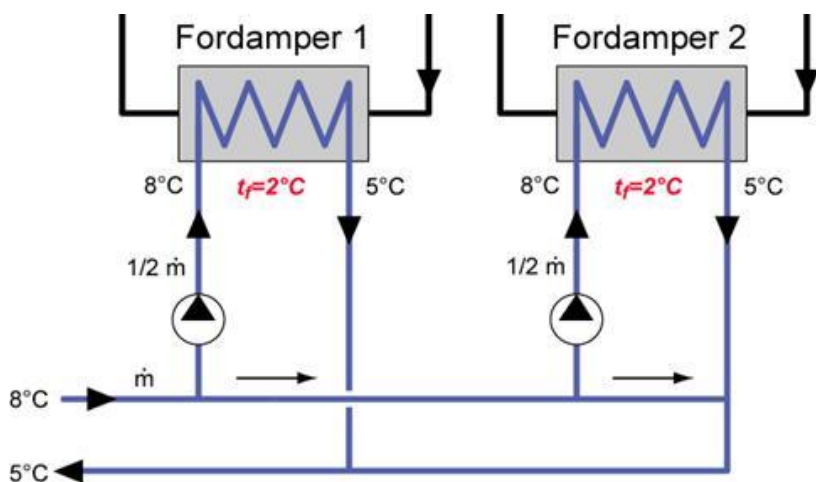
3.1) Det bør i minst mulig grad finnes shuntkoblinger i varmefordelingskretsen som tillater retur av varmt turvann. Regelen er at ved bruk av varmepumpe må alt vannet avgir varme slik at det er så kaldt som mulig når det returneres til kondensatoren. Ved høye vanntemperaturer i forhold til varmepumpens øvre grense, kan selv kortvarige pulser med varmt returvann, for eksempel som følge av grov/ustabil regulering i en shuntventil, føre til at sikkerhetsautomatikken stopper varmepumpen (høytrykkspressostaten). I mindre kritiske tilfeller «begrenses» konsekvensene til redusert energisparing. Kravet legger visse føringer på hvordan kapasitetsreguleringen av varmeelementene skal arrangeres.

3.2) Sirkulert mengde gjennom kondensatoren bør ikke reduseres for mye
Når vi regulerer ned sirkulert vannmengde til kondensatoren, vil temperaturstigningen på vannet øke i takt med at vannsirkulasjonen avtar (halv vannmengde = dobbel Δt). Kondenseringstemperaturen, som alltid vil være høyere enn utgående vanntemperatur vil stige. Dette skyldes ikke bare større Δt , men også at kondensatorens effektivitet avtar. Når sirkulasjonen kommer under et visst nivå, vil varmepumpen stoppe på grunn av høyt kondensatortrykk. Problemer forebygges gjennom løsninger som gir mest mulig konstant vannsirkulasjon, for eksempel å bruke utekompensering og/eller egen kondensatorpumpe. Ved bruk av mengderegulering i systemer med kun en vannpumpe må det påses at kondensatoren alltid vil få en minste vannmengde, og at denne er tilstrekkelig stor til at utilletelige kondensatortrykk oppstår.

Ved gulvvarme kan det være en løsning å la baderomssløyfen være åpen hele tiden og kontrollere at denne vil gi nok vann til kondensatoren selv om alle de andre kursene er stengt.

3.3) Temperaturen ut fra varmpumpen bør til enhver tid holdes på laveste nivå som gir tilfredsstillende varmekomfort.

Når varmebehovet avtar ved stigende utetemperatur, kan vanntemperaturen senkes («utekompenseres»). Kondenseringstemperaturen vil følge vanntemperaturen ned (og opp) og vi får det en kaller «flytende kondensering» (i motsetning til fast kondensering ved konstant settpunkt). Utekompensering løser samtidig (helt eller delvis) problemene knyttet til 3.1 og 3.2 ovenfor. Når vanntemperaturen senkes i henhold til minimum temperaturkrav, vil det ikke være behov for ytterligere kapasitetsregulering av varmeelementene. I teorien faller behovet for tiltakene i 3.1 og 3.2 med andre ord bort. Ved gulvvarme vil utekompensering ofte være ønskelig/nødvendig også av hensyn til temperaturreguleringen i rommene. Normalt vil det være behov for individuell regulering for hvert rom i tillegg til utekompenseringen, bl.a. som følge av varierende mengde tilført varme fra andre kilder. Dette vil imidlertid bare være mindre justeringer, som kan tas ved struping eller shunting uten at dette påvirker varmpumpens drift i nevneverdig grad. Varmepumpen må ikke bare beskyttes mot høye temperaturer på returvannet, den kan også være følsom for plutselige temperaturfall. Dette har å gjøre med at raske fall i kondensatortrykk vil få væsken før strupeventilen til å koke («selvfordampe»). Strupeventilen vil ikke lenger kunne tilføre fordampere nok væske, trykket vil gå ned og kompressoren vil eventuelt stoppe på lavtrykksvakten.



Skisse varmpumpesystem

Av foregående diskusjon fremgår det klart at en god systemløsning også innebærer at varmpumpeanlegget må ha et hensiktsmessig styrings- og reguleringsystem. Systemet vil normalt være bygget inn fra fabrikk. Oppgaven for den som prosjekterer og installerer varmpumpen, er å tilpasse reguleringsbehovene ute i anlegget til systemets innebygde muligheter på en optimal måte.

6.8.2. Prinsipper for oppbygging av varmesystem med varmpumpe

«En-temperaturløsning» - Valg av temperaturnivå

Varmebehovene til romvarme og tappevannsberedning vil normalt være ved ulike temperaturnivåer. I et lavtemperatursystem kan romvarmen dekkes ved temperaturer på $30\text{-}50^\circ\text{C}$, mens varmtvannet av hygieniske årsaker krever (i det minste periodevis) $60\text{-}65^\circ\text{C}$. For lav temperatur på varmtvannet kan føre til oppblomstring av den farlige legionella bakterien.

Det mest vanlige er likevel å produsere varme ved ett temperaturnivå, som imidlertid kan variere over tiden (utekompensering). Varmebehovene vil også være vesentlig forskjellige, med typisk $15000\text{ - }20000\text{ kWh}$ årlig til romoppvarming og $4000\text{-}5000\text{ kWh}$ til varmtvannsberedning for en gjennomsnittlig enebolig.

Med ulike temperaturkrav oppstår spørsmål om hva som er riktig å velge for varmpumpen. Ved å legge temperaturen så høyt som varmpumpen maksimalt kan «tåle» (gjerning ca. 50°C), vil varmpumpen dekke det aller meste av energibehovet. Løsningen innebærer imidlertid at et

relativt lite behov (til tappevann) blir styrende for produksjonstemperaturen for et vesentlig større behov (til romvarme). Det vil ikke være økonomisk optimalt.

Settpunktet for turtemperaturen kan alternativt styres etter romvarmebehovet, samtidig som tappevannet varmes så mye som den aktuelle turtemperaturen tilsier. Ved et lavtemperatursystem som i tillegg har utekompensering, vil varmepumpen bidra med bare en liten del av behovet til tappevannsvarming. Behovet for ettervarming blir stort, som kanskje heller ikke er økonomisk absolutt det beste.

Et talleksempel kan illustrere problemstillingen:

En enebolig har et årlig varmebehov på 16000 kWh til romvarme og 4000 kWh til tappevannsberedning. Tappevannet skal holde 55°C. Friskvannstemperaturen er 10°C. To alternative løsninger vurderes, A og B. (For enkelhets skyld ser vi bort fra spisslastbehovet).

Varmepumpe A drives med maksimal vanntemperatur hele tiden. Den dekker tappevannsbehovet opp til 50°C, som tilsvarer 3556 kWh, i tillegg til hele behovet for romvarme.

Årsvarmefaktoren er 2.0.

Varmepumpe B kjøres utekompensert med i middel 30°C turtemperatur over året, som gir en gjennomsnittlig forvarming av friskvannet fra 10°C til 22°C. Forvarmingen utgjør derved 1067 kWh.

Årsvarmefaktoren er 4.0.

Resultatet illustrerer en generell trend, nemlig at det vil være økonomisk fordelaktig å styre temperaturen primært etter romvarmebehovet. Dette bunner selvsagt i at dette behovet er det dominerende. Dersom tappevannsbehovet hadde dominert, ville det vært riktig å la temperaturbehovet her bestemme valget.

I eksempelet er differansen i sparing ved å benytte den mest avanserte løsningen rundt 3000 kWh, eller 30 %, som antas å være representativt for hva en kan vente også i praksis.

Egentlig burde temperaturen velges som et veid middel i forhold til hvor mye varme som skal leveres til henholdsvis romvarme og varmt tappevann. Således burde ikke turtemperaturen utekompenseres strengt som forutsatt i tilfelle B ovenfor, men legges noe høyere enn det som kreves for romvarmen vår og høst når romvarmebehovet er lite.

Varmepumper som bare varmer tappevann skal selvsagt legges ut for så høy temperatur som kreves, for å dekke hele varmebehovet (så sant varmepumpen kan levere denne temperaturen). Skal vannet i hovedsak brukes til bading, og brukstemperaturen ikke vil overstige 40-45°C, bør dette også være varmepumpens produksjonstemperatur. Samtidig må en sikre seg mot legionella-bakterier ved å varme vannet elektrisk til 60°C en til to ganger per uke.

«To-temperaturløsning» med prioritert varmtvannsberedning

Løsninger som skissert i eksemplene A og B ovenfor, er i bruk med godt resultat, selv om de ikke er helt optimale med hensyn til temperaturstyringen. Ved varmebehov på to (eller flere) temperaturnivåer, vil det prinsipielt «riktige» være å tilpasse varmepumpens produksjonstemperatur til det behovet som dominerer i øyeblikket. Dette oppnås ved en «totemperaturløsning» med prioritering av varmt tappevann.

Treveisventilen TV2 leder turvann fra varmepumpen alternativt til varmtvannsberederen eller til romvarmesystemet, avhengig av temperaturen på tappevannet. Når beredertemperaturen kommer under settpunktet, åpner TV2 for full gjennomstrømning til berederen, som vil pågå inntil berederen igjen er fullt oppladet. Ved lading er settpunktet for vanntemperaturen ut fra varmepumpen satt til aktuelt nivå for varmtvannsberedning, for eksempel 50°C.

Dersom spisslastenheten (her oljekjelen) er i drift i den aktuelle perioden, vil denne automatisk dekke romvarmebehovet mens berederen lades. Når behovet er lite og kjelen er slått av, vil det gjerne være mulig å kople ut romvarmen i kortere perioder (20 – 30 min.) mens berederen lades

på grunn av den termiske tregheten i varmesystemet. Om nødvendig kan lading av berederen overstyres slik at dette unngås i de mest «temperaturfølsomme» periodene.

Når ladingen er ferdig, vil TV2 stenge for berederen og åpne for romvarmekursen, samtidig som styringen av turtemperaturen legges etter utekompensert kurve. Ved behov åpner TV1 for tilførsel av varmt vann fra kjelen. (Merk at treveisventil TV1 må stenge helt tett for kjelen når denne ikke er i drift. Hvis ikke, kan et betydelig skorsteinstap redusere fyringsøkonomien). For å unngå at spisslastenheten legges inn ved bare kortvarig for lav turtemperatur, må det være en rimelig tidsforsinkelse mellom temperatursignalet og aktivering av enheten. Det samme gjelder for kortvarige fall i utetemperatur, som ellers vil medføre at kjelen aktiveres gjennom den tilhørende økningen i turtemperaturens settpunkt. Slike hensyn er det selvsagt særlig viktig å ta ved bruk av (olje)kjel for spisslasten, hvor mange start/stopp kan forkorte kjelens levetid. Med for eksempel elkasett, vil det spille mindre rolle.

En varmepumpe som arbeider etter to-temperaturprinsippet, vil være enda noe mer energieffektiv enn varmepumpen i eksempel B foran (utekompensering, tappevannsforvarming). Ved forhold som angitt i eksempelet, vil den dekke hele romvarmebehovet (16000 kWh) med en årsvarmefaktor på 4.0 og 3556 kWh av tappevannsberedningen med en årsvarmefaktor på 2.0.

Resultatet blir en total energisparing på 13778 kWh, som er 1000 kWh bedre enn den beste varmepumpen med en-temperaturløsning (varmepumpe B). Forskjellen mellom beste og «dårligste» løsning (eksempel A) blir derved 4000 kWh/år.

«Sjekkpunkter» ved drift utenom dimensjoneringspunktet

Problemer knyttet til varm side oppstår gjerne ved drift utenom varmepumpens dimensjoneringspunkt, både ved spesielt lave utetemperaturer og når varmebehovet er lite. Det er derfor viktig at en tenker gjennom på forhånd hvordan behov, ytelser, temperaturer og sirkulerte mengder vil variere i ytterpunktene for driften, på bakgrunn av valgt systemløsning og reguleringsautomatikk.

Vi har allerede vært inne på flere av de forholdene en må «sjekke ut». Her gis en oppsummering:

a) Sirkulert vannmengde til kondensatoren

Har kondensatoren egen pumpe som holder konstant gjennomstrømning? Hvis ikke, hvordan er det sikret at kondensatoren får nok vann når varmebehovet går mot null.

b) Returtemperaturen 1

Er det fare for at returtemperaturen kan komme opp mot maksimalt tillatt nivå ved normal drift eller påregnelige feil (for eksempel ikke ideell temperaturregulering)? Hvis ja, hvordan er det sikret mot at varmepumpen ikke stopper på høytrykksvakten?

Er tidsforsinkelsen ved inn/utkopling av spisslast tilstrekkelig til å sikre stabil regulering?

c) Returtemperaturen 2

Hvordan vil spisslastelement og ettervarmer for varmt tappevann kunne påvirke returtemperaturen ved bruk av dobbeltmantlet bereder? Kan varme fra disse «smitte» utilsiktet over til returvannet?

d) Returtemperaturen 3

Er det sikret at vannet får avgi varme før det returneres til varmepumpen, uansett driftsforhold?

e) Returtemperaturen 4

Er det sørget for at returtemperaturen ikke vil falle for raskt eller bli for lav, for eksempel i forbindelse med ved styrtapping av varmtvannsbereder? Er temperatursvingninger som skyldes varmtvannsberedningen vurdert?

f) Kondensatortrykket ved ren varmtvannsberedning

Er forholdene for kondensatoren ved ren varmtvannsberedning vurdert? Ligger maks/ min-trykkene innenfor akseptable verdier? Husk at tilgjengelig kapasitet for overføring av varme til beredervannet er mange ganger så stor for en utladet som for en nær fulladet bereder.

NB. Når uteluft/vann-varmepumper nå blir mer vanlig, vær obs på at varmepumpen har svært mye større ytelse om sommeren enn i designpunktet (om ikke kompressoren er turtallsregulert). Kondensatoren/varmeveksleren i berederen må være dimensjonert ut fra sommerforhold.

g) Plassering av temperaturgivere

Er det sikret god kontakt mellom følerne og objektene de skal måle temperaturen på?

Er temperaturlommene dype nok? Er det sikret at temperaturmålingene ikke vil påvirkes av utenforliggende forhold?

6.9. Varmepumper for lavenergi- og passivhus

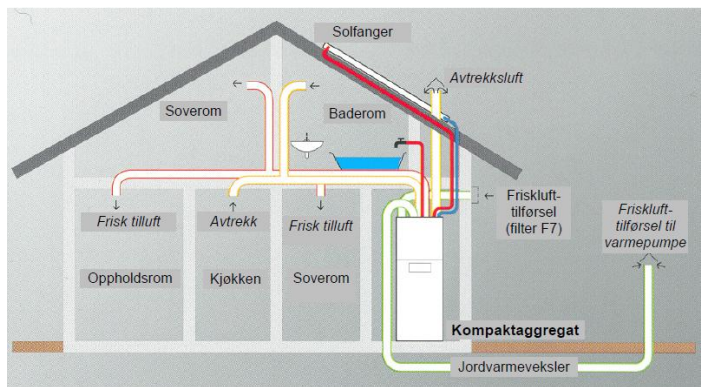
For lavenergiboliger og passivhus er det utviklet kompakte integrerte enheter (kompaktaggregater) for kombinert frisklufttilførsel (balansert ventilasjon), romoppvarming og varmtvannsberedning. Anleggene, som har fått betegnelsen Compact Ventilation and Heating Devices with Integrated Exhaust Air Heat Pump (CVHD), består av følgende hovedkomponenter:

- Jordvarmeveksler/jordkollektor for forvarming av ventilasjonsluft (for eneboliger, ikke boligblokker)
- Tillufts- og avtrekksvifte, finfiltre på inntaks- og avtrekkssiden samt høyeffektiv motstrøms varmeveksler for varmegjenvinning fra avtrekksluften ($\eta_{temp} > 75\%$)
- Luft/luft-vann-varmepumpe for varmtvannsberedning og oppvarming av tilluft
- Solfanger (normalt brukt, men kan utelates)
- Varmtvannstank – dobbeltmantlet type eller bruk av innvendig rørvarmeveksler for oppvarming av vannet – ettervarming med elektrisk varmekolbe (topplast, reservelast)
- Elektrisk ettervarmer (topplast, reservelast) for romoppvarmingssystemet

Høy energieffektivitet og konkurransedyktig pris har ført til at kompaktaggregater med varmepumpe og solfanger allerede har tatt 40–50% av markedet for oppvarmings- og ventilasjonssystemer i passivhus i Tyskland.

Den friske uteluften som tilføres huset kan forvarmes i en jord/luft-varmeveksler før den tilføres varme fra avtrekksluften i en høyeffektiv varmegjenvinner og eventuelt ettervarmes med varmepumpens kondensator. Som varmekilde for varmepumpen brukes avtrekksluften etter varmegjenvinneren (anlegg for passivhus), eventuelt i kombinasjon med forvarmet uteluft via jord/luft-varmeveksleren (anlegg for passivhus og lavenergiboliger). Jord/luft-varmeveksleren er enten en betongkulvert eller et stort plastrør som legges i bakken rundt huset. Varmeveksleren eliminerer i stor grad behovet for forvarming av ventilasjonsluften, som normalt er nødvendig for å unngå frostdannelse i varmegjenvinneren ved lavere uteluft-temperaturer. I tillegg bidrar forvarmingen til å redusere ventilasjonstapet, og varmepumpeanleggets varmeytelse øker ettersom den kan foreta en større nedkjøling av avtrekksluften uten å få rimdannelse på fordampere.

Varmepumpens varmeytelse er typisk i størrelsesorden 1,0-2,5 kW. Avhengig av varmebehovet i boligen benyttes varmen fra varmepumpens kondensator til oppvarming av ventilasjonsluften og/eller varmt tappevann i en varmtvannsbereder (lagertank). Systemet kan enten ha en direkte løsning hvor det er plassert én kondensator i varmtvannstanken og en kondensator i ventilasjonssystemets tilluftskanal (Figur 3.53), eller en indirekte løsning hvor én kondensator er tilkoblet en egen vannkrets som leverer varme til varmtvann og ventilasjonsluft etter behov. Maksimal innblåsningstemperatur på tilluften i ventilasjonsanlegget er ca. 50°C. For begge systemene er det vanlig å benytte en solfanger som vår, sommer og høst leverer varme til vannet i varmtvannstanken og eventuelt tilluften i ventilasjonsanlegget. Ved eventuelt behov for ettervarming av vann og luft i systemet benyttes en elektrisk varmekolbe/ettervarmer.



I sentral-Europa, for eksempel Tyskland, vil solfangeren dimensjoneres for å dekke hele varmtvannsbehovet sommerstid, og vil dermed typisk dekke 40–50% av årlig varmtvannsbehov. I Norge, hvor vi har mindre solinnfall over året, vil denne andelen være lavere. Jord/luft-varmeveksleren bidrar forøvrig til å redusere oppvarmingsbehovet for ventilasjonsluften og gir høyere effektfaktor (COP) for varmepumpen i de tilfeller hvor en bruker både

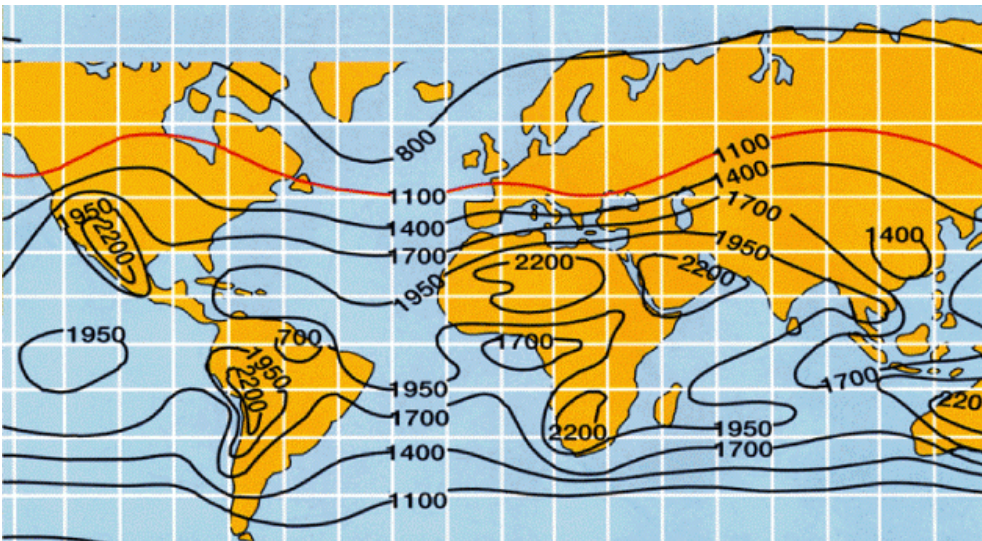
ventilasjons- og uteluft som varmekilde. For en del kompaktaggregater kan varmepumpen reverseres, slik at den kan levere klimakjøling ved behov.

7. Solenergi

7.1. Introduksjon til solenergi

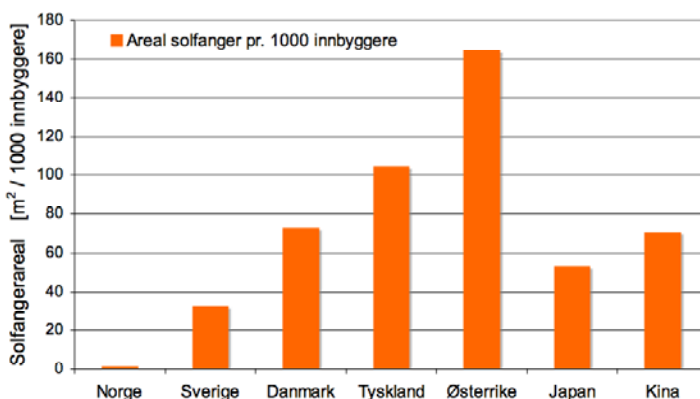
7.1.1. Solenergiens potensial i verden

Solens innstrålte energi på jorden er mange tusen ganger større enn det menneskelige energiforbruk, og solen er en uendelig stor fornybar energikilde. Avhengig av hvor på jordkloden en befinner seg så gir solen en energimengde per år per m^2 fra under 800 kWh til over 2200 kWh, med en maksimal effekt på om lag en $1 \text{ kW}/m^2$. En gjennomsnittlig fotballbane vil derfor motta en årlig energimengde på mellom 5 GWh og 14 GWh.



Figur 1. Isolinjer (kWh/m^2) for årlig innstrålt solenergi pr. m^2 på en horisontal flate på jordoverflaten.

Internasjonalt øker bruk av solenergi først og fremst gjennom produksjon av varme ved hjelp av solfangere og produksjon av elektrisitet ved hjelp av solceller. Det er viktig å skille disse to svært ulike teknologiene. Selv om solceller er den teknologien som folk flest er kjent med, så er det på verdensbasis solfangere som gir det klart største energibidraget. Norge er faktisk en stor produsent av solceller, men det aller meste av dette installeres i utlandet. Figur 2 viser solfangerareal per 1000 innbygger i ulike land. Norges plass i dette bildet er veldig beskjeden, også i forhold til våre naboland Sverige og Danmark.



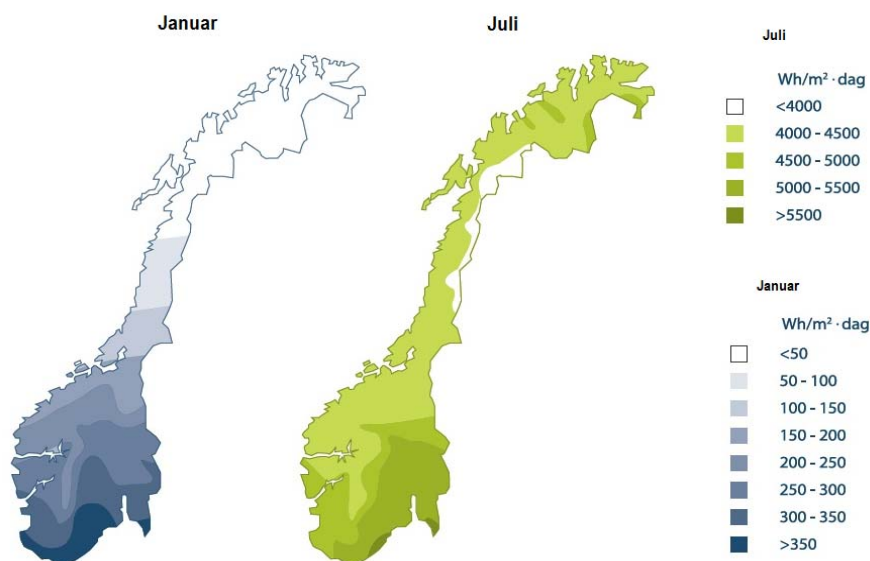
Figur 2. Installert solfangerareal i ulike land i m^2 pr. 1000 innbyggere.

7.1.2. Solenergi i Norge

Solinnstrålingen i Norge varierer naturligvis betydelig. I det sentrale østlandsområdet er innstrålingen mot en horisontal flate ca. 1000 kWh/(m² år), vestlandet har typisk 800 kWh/(m² år), mens innstråling lengst nord faller ned mot 600 kWh/(m² år). De lokalklimatiske variasjoner er imidlertid store både når det gjelder temperatur, stråling og nedbør.

Skrånende sydvendte flater vil på den nordlige halvkule motta mer energi enn en horisontal. Spesielt er denne forskjellen stor når solen står lavt, det vil si i perioder da varmebehovet er størst. En sydvendt flate med heldningsvinkel på 45° vil i Norge motta 15-20 % mer energi årlig enn en horisontal flate. Intensiteten i solstrålingen er avhengig av solhøyden. Står sola lavt (vinter) må strålingen passere en lenger vei gjennom atmosfæren og vil svekkes mer enn når sola står høyt på himmelen (sommer). Figur 3 sammenlikner gjennomsnittlig innstrålt solenergi i Wh/m² per dag på en horisontal flate for januar og juni i Norge. Tabell 1 viser omtrentlige verdier for midlere solinnstråling per år for ulike steder i Norge. Omfattende strålingsdata for Norge finnes f.eks. i Strålingshandbok - Klima, nr. 7 av B. Aune fra 1985 og The solar radiation climate of Norway, fra Solar Energy 37(6), 423-428 (1986) av Olseth, J.A. og Skartveit, A.

Det innenlandske energiforbruket i Norge i dag er om lag 250 TWh/år. Anslagsvis 1/3 av dette brukes i boliger og energiforbruket i en gjennomsnittshusholdning er på ca. 22 000 kWh/år. Dersom hver husholdning i Sør- og Øst-Norge disponerte en takflate på 22 m², ville altså innfallet av solenergi dekke det totale årsforbruket av energi. En villa med 150 m² grunnflate vil altså motta om lag 6 ganger totalt energiforbruk i form av solenergi i løpet av et år. Utfordringen er å samle, konvertere og lagre solenergien slik at den kan brukes til å dekke våre behov.



Figur 3. Innstrålt solenergi i Wh/(m² dag) på et horisontal flate for januar og juni i Norge

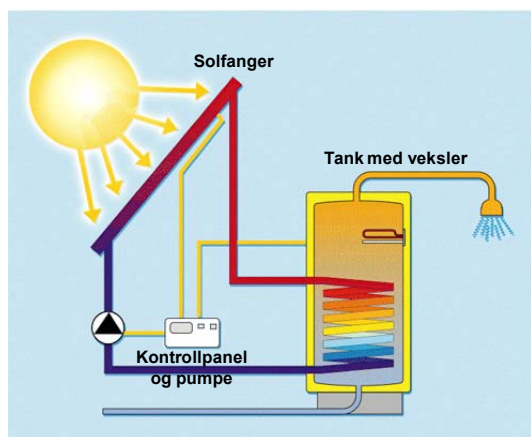
Tabell 1: Gjennomsnittlig årlig innstråling på en normal flate og ved optimal helningsvinkel (35-45 grader) ulike steder i Norge. Kilde PVGIS <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe>

By	Årlig innstråling normalplan [kWh/m ²]	Årlig innstråling ved optimal helningsvinkel [kWh/m ²]
Oslo	845	1005
Bergen	820	940
Trondheim	825	1025
Kristiansand	895	1045
Tromsø	670	845

7.1.3. Utnyttelse av solenergi

Det finnes i dag en rekke teknologier for å nyttiggjøre seg av solenergi. Dette kompendiet behandler utelukkende anvendelse av termisk solenergi i lavtempererte anlegg. Termisk solvarme omhandler konvertering av solinnstråling til varme. Lavtemperaturanlegg kan gi et betydelig bidrag i Norge og denne veilederen vil gå gjennom de ulike delene av et solvarmesystem – enten energien benyttes til oppvarming av tappevann eller til romoppvarming.

Figur 4 viser et typisk solvarmeanlegg som i hovedsak består av en solfanger som gjør om solstrålingen til varme, en akkumulatortank for å lagre energien og et styringssystem som sørger for riktig drift av systemet. Vann, gjerne tilsatt frostvæske, sørger for å frakte varmen fra solfangeren til akkumulatortanken. De enkelte komponentene i solvarmesystemet vil beskrives i nærmere detalj i de følgende kapitlene.



Figur 4. Komponentene i et solvarmeanlegg. Et typisk solvarmeanlegg for tappevannsoppvarming består av solfangere, varmelager, styring og rørføring.

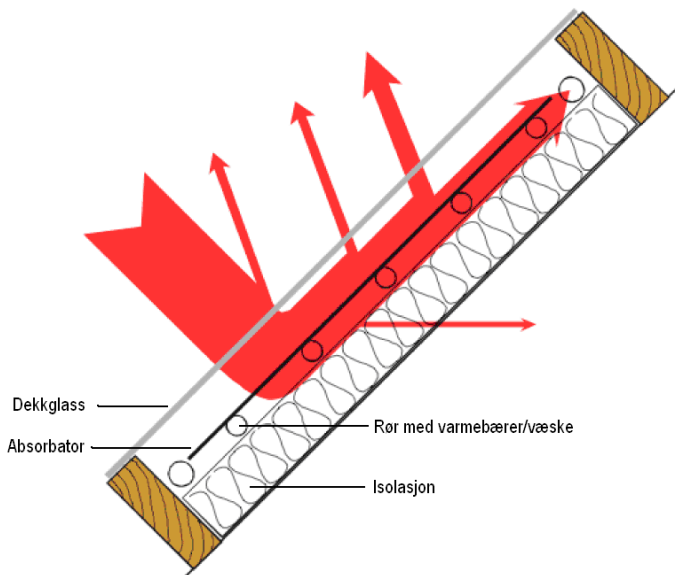
7.2. Komponentene i et solvarmeanlegg: Solfangere

7.2.1. Prinsipp

Solfangeren er den viktigste enkeltkomponenten i et solvarmeanlegg. En standard flatplatesolfanger som vist i Figur 5 består av en absorbatør med mulighet for å frakte bort varmen, transparent dekkglass for å slippe gjennom sollys, og isolasjon for å unngå varmetap til omgivelsene. Litt forenklet kan man se på solfangeren som et komprimert og meget effektivt drivhus.

Absorbatores overflate er gjerne behandlet slik at mest mulig av den kortbølgede solinnstråling skal absorberes (svart; solarlakk; selektiv, svart coating). Absorbatoeren konverterer solinnstråling til varme og overfører varmen til et varmebærende medium (vanligvis vann eller en blanding av vann og glykol). Bak og på sidene av solfangeren er det isolasjon for å redusere uønsket varmetap til omgivelsene.

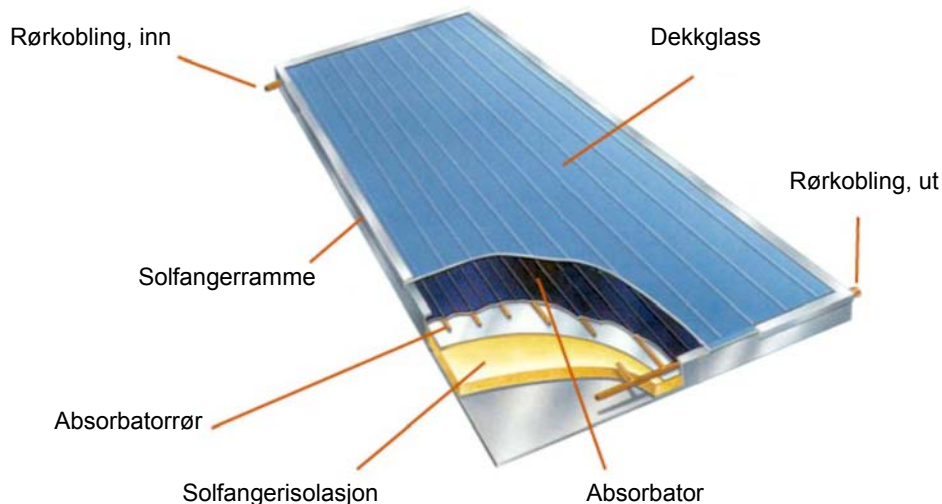
De røde pilene i Figur 5 viser energistrømmene i solfangeren. Noe av sollyset vil reflekteres fra dekkglasset eller absorbatoeren, noe vil tapes som varme gjennom dekkglasset eller isolasjonen, mens resten vil overføres til varmebæreren og kan transporteres til akkumulatortanken. Effektiviteten til en solfanger er forholdet mellom innkommende energi (sollys), og energien som overføres til det varmebærende mediet.



Figur 5. Eksempel på en flat solfanger med dekkglass. De røde pilene viser energistrømmene i solfangeren. Kilde: Purkarthofer, G. 1998, Marktübersicht thermische Solaranlagen

7.2.2. Flate trykksatte solfangere

Flate trykksatte solfangere er den mest utbredte solfangertypen i Europa per i dag (Solar Heat Worldwide 2009). Tverrsnitt av en standard trykksatt flatplate solfanger er vist i Figur 6. Absorbatorplaten er i aluminium eller kobber og som oftest er utstyrt med selektivt belegg, som reduserer varmetap og dermed øker solfangernes effektivitet. Absorbatoren er kapslet inn i en aluminiumsramme med isolasjon bak og dekkglass i front. Dekkglasset (enkelt eller dobbelt) er vanligvis sikkerhetsglass, såkalt solarglass, som er herdet glass med høy transmisjon og lite refleksjon. Glasset skal kunne tåle store påkjenninger som for eksempel kan oppstå ved tung snølast. Rørene som er festet til absorbatorplaten har typisk en avstand på 6-10 cm og er i god termisk kontakt med absorbatorplaten (laser sveising).



Figur 6. Tverrsnitt av en standard flat, trykksatt solfanger. Kilde: <http://www.greenspec.co.uk/html/energy/solarcollectors.html>

Varmevæsken i absorbatorrørene er en blanding av vann og glykol for å unngå at vannet fryser. Solfangerkretsen for slike solfangere er trykksatt med ca 2-3 bar. De fleste trykksatte, flate solfangere opererer med "low flow", dvs. en volumstrøm på ca. 0,3 liter varmegjætt per m² solfangerareal per minutt. Lav volumstrøm gir høyere temperatur på vannet ut av solfangeren, men reduserer effektiviteten noe.

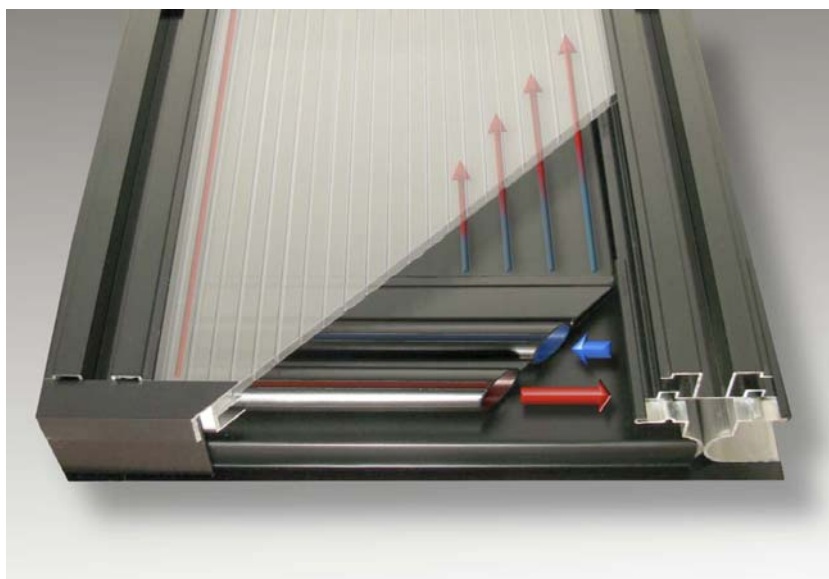
Noen flate solfangere er utstyrt med små utluftingsspalter for å sikre en viss utskifting av luft i solfangeren. Dette reduserer problemet med kondensdannelse på innsiden av dekkglasset, som kan opptre ved sterke temperatursvinginger mellom dag og natt. Utluftingsspaltene forhindrer dermed at isolasjon i solfangeren blir fuktig over tid.

Et solvarmesystem med trykksatte paneler har typiske driftstemperaturer mellom 40 og 80 grader, men vil kunne oppnå svært høye temperaturer om sommeren hvis varmebehovet er lavt og produksjonen høy. Solvarmeløsningen må derfor designes for å tåle temperaturer helt opp til 140 grader. Dette gjelder alle komponenter i anlegget som vil være i kontakt med den varmeberende væsken, samt for valg av loddemetoder (kun hardlodning er tillatt, samt pressfittings med høy nok temperaturprofil).

7.2.3. Flate trykkløse solfangere

Flate trykkløse solfangere er mindre vanlig enn trykksatte solfangere, men antall bedrifter som tilbyr slike systemer øker (se Berner, J. i. Sun&Wind Energy 1/2010, 54-61). Felles for trykkløse solfangere er at væsken automatisk kan dreneres ut av solfangerkretsen dersom temperaturen blir for lav (frost) eller for høy (damp). Når solvarmeanlegget ikke i drift, er absorbatoren fylt med luft. Absorbator materialet i trykkløse solfangere kan være kobber, aluminium, plast, etc., men rørføringen må være slik at alt vannet vil kunne dreneres ved hjelp av tyngdekraften. Disse solfangerne blir ikke utsatt for trykk i særlig grad.

Fordelen med trykkløse paneler er at rent vann kan brukes som overføringsmedium og at man ikke har samme fare for overoppheting som ved trykksatte paneler (og vakuumsolfangere). Vann som overføringsmedium gir et noe høyere energiuttak enn dersom man benytter vann/glykol blanding på grunn av vannets noe bedre varmeoverføringsevne og varmekapasitet. Eksempel på en trykkløs solfanger i polymermateriale er vist i Figur 7.



Figur 7. Trykkløs solfanger i polymermateriale. Kilde: (Aventa AS)

7.2.4. Vakuumsolfangere

Vakuumsolfangere er bygget opp av en serie vakuumsolrør i glass med innvendige absorbatorer (se Figur 8). Absorbatoren kan være et kobberrør med tvunget sirkulasjon av en frostsikker væske, eller sirkulasjon kan være termisk drevet. På toppen av hvert panel sitter det en samlestock eller en varmeveksler, som sørger for videre transport av varmen til akkumulatortanken. Merk at et vakuumsolrør med termisk sirkulasjon alltid må være plassert med kollektor/samlestock øverst for å fungere tilfredsstillende.

Vakuumbør regnes ofte som det mest avanserte panelet, og det er også disse som årlig kan hente ut mest energi fra solvarmen på grunn av sin høye innstrålingsfaktor over døgnet samt høye isolasjonsevne. Vakuumbørens gode isolasjonsevne gjør dem imidlertid mer sårbare for overoppheting om sommeren, og dermed vanskeligere å dimensjonere. De er også stort sett mer kostbare enn flate solfangere.



Figur 8. Serie med vakuumbørsolfangere på stativ. Kilde: [DeDietrich Thermique]

7.2.5. Solfangere for bassengoppvarming

Typiske solfangere for oppvarming av utendørs svømmebasseng består bare av absorbatoren uten dekkglass og isolasjon. Vanligvis sirkulerer bassengvannet direkte i absorbatoren, som har en typisk driftstemperatur fra 15-30 °C. Ønsket bassengtemperatur ligger rundt 26-28 °C. Ønsket temperatur er relativt lav, og varmetapet til omgivelsen i driftsperioden fra midt vår til midt høst er små og isolasjon har dermed mindre betydning. Materialkravene til bassengsolfangere er pga. av lav driftstemperatur moderat, og derfor er bassengsolfangere vanligvis laget i prisgunstige plasttyper. Et eksempel på solfangere til bassengoppvarming er vist i Figur 9.



Figur 9. Eksempel på solfangere for oppvarming av utendørs svømmebasseng. Disse solfangerne har lav effektivitet fordi vannet som skal leveres ikke trenger særlig høye temperaturer.

Noen bassengsolfangere kan tåle at vann fryser i absorbatorrørene uten å få frostskafer. Andre bassenganlegg har temperaturstyrere, som sørger for at solfangerkretsen tømmes automatisk for vann når det er fare for frost. Solfangere for utendørs svømmebassengoppvarming har stor utbredelse, spesielt i USA og Australia.

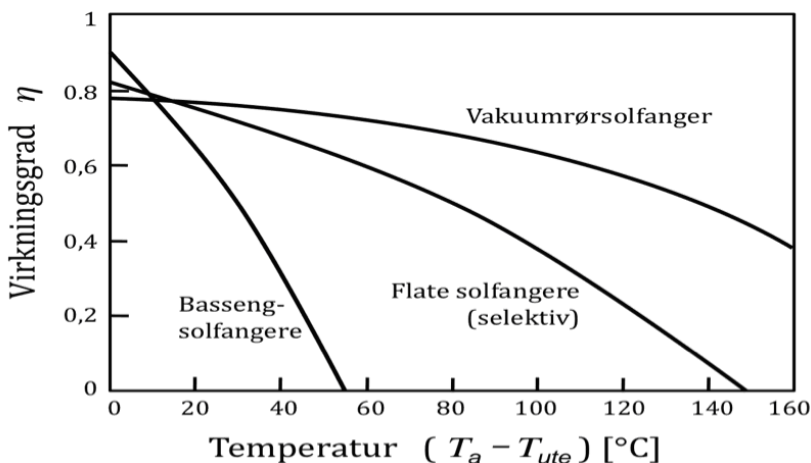
7.2.6. Virkningsgrad

Evnen til å omdanne strålingsenergi til nyttig varme uttrykkes ved solfangerens virkningsgrad (effektivitet). Effektiviteten angir hvor stor andel av den totale energistrømmen fra solen på solfangeren, som blir overført til vannet i solfangeren. Effektiviteten varierer med solinnstråling og med temperaturforskjell mellom vannet i absorbatoren og omgivelsene på følgende måte:

$$\text{Solfangervirkningsgrad } \eta = \eta_0 - k_1 \frac{(\bar{T}_{abs} - T_{omg})}{I_g} - k_2 \frac{(\bar{T}_{abs} - T_{omg})^2}{I_g}$$

- η Solfangervirkningsgrad
- η_0 Maks. virkningsgrad for $\bar{T}_{abs} = T_{omg}$
- k_1 Varmetapskoeffisient (tap gjennom ledning) i $W/(m^2 K)$
- k_2 Varmetapskoeffisient (tap gjennom stråling) i $W/(m K)^2$
- \bar{T}_{abs} Midlere temperatur av væsken i absorbatør
- T_{omg} Omgivelsestemperatur for solfangeren
- I_g Global solinnstråling

Typiske effektivitetskurver for ulike solfangere er vist i Figur 10. Enheten på x-aksen er ($grad\ m^2/W$), og angir temperaturforskjellen mellom væsken i solfangeren og omgivelsene, dividert på energien til solstrålingen som treffer solfangeren. Er denne $1000\ W/m^2$, svarer verdien 0.10 til en temperaturforskjell på 100 grader. Som vi ser av figuren kan alle typer av solfangere ha høy virkningsgrad så lenge temperaturen bare økes noen få grader i forhold til omgivelsestemperaturen. Lavtempererte systemer vil dermed generelt oppnå en høyere virkningsgrad enn systemer med behov for høyere temperaturer.










Figur 10. Solfangervirkningsgrad for ulike solfangertyper. Lavtemperatursystemer gir høyest virkningsgrad. Ved behov for særlig høye temperaturer vil vakuumsolfangerne være de mest effektive.

7.2.7. Sertifiseringsmerker for solfangere

Solfangere kan komme i varierende kvalitet, og for å være sikker på at de holder den standard de lover, samt tåle belastninger over lengre tid bør solfangeren være sertifisert av en akkreditert testinstitusjon. I de fleste Europeiske land kreves sertifisering som forutsetning for å kunne søke om offentlig støtte for solvarmeanlegg. Sertifiseringsmerker varierer fra land til land, men de er basert på europeiske standard NS-EN 12975 (solfangere) og NS-EN 12976 (fabrikkfremstilte systemer). Denne standarden spesifiserer hvordan et produkt/solfanger skal testes for holdbarhet, sikkerhet og ytelse. Tabell 2 viser eksempler på sertifiseringsmerker.

For å harmonisere sertifisering i Europa ble sertifiseringsmerket Solar Keymark (<http://www.estif.org/solarkeymark/>) introdusert. Denne sertifiseringen er akseptert av de fleste nasjonale støtteorganer i Europa. Mens sertifisering etter EN-standarden bekrefter at en enhet (solfanger) oppfyller standarden, kvalitetssikrer Solar Keymark i tillegg at produktrekken i markedet oppfyller standarden (inspeksjon av produksjonsstedet, etc.).

Tabell 2. Utvalg av sertifiseringsmerker for solfangere

	Solar Keymark sertifiseringsmerke http://www.estif.org/solarkeymark/
	Solar Keymark tildeles alltid sammen med et nasjonalt sertifiseringsmerke;
	Sertifiseringsmerke fra tysk TÜV TÜV SÜD, TÜV Rheinland
	Kvalitetsmerke av SPF (Institut für Solartechnik, Rapperswil) for solfangere tildelt til fremragende produkter; http://www.solarenergy.ch/
	Austria Solars kvalitetsmerke for solvarmeanlegg, som inkluderer at produktene er sertifisert, har høy kvalitet og er produsert av miljøvennlige materialer. http://www.austriasolar.at http://www.solarwaerme.at/EFH/Guetesiegel/
	P-merking fra Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås http://www.sp.se
	Stiftung Warentest: Ikke et sertifiseringsmerke, men en uavhengig, tysk stiftelse, som tester varer for sluttbrukere (tilsv. norske Forbrukerrådet). Tester alle 2-3 år et stort utvalg av tappevanns- og kombianlegg. http://www.test.de

7.3. Trykksatte solvarmeanlegg, Komponenter

7.3.1. Generelle hensyn

Akkumulatortanken er energilageret i solvarmesystemet og sørger for at varmen som produseres når solen skinner også skal kunne nyttiggjøres i perioder uten solskinn. Isolasjon, størrelse på tank og varmeforbruket avgjør hvor lenge solenergien vil kunne lagres.

Ettersom innstråling fra solen ikke kan styres i samme grad som for andre energikilder, er dimensjonering av akkumulatortanken spesielt viktig i et solvarmeanlegg. Dimensjonering vil bli gjennomgått i nærmere detalj seinere i kompendiet.

Som vist i Figur 10 så er virkningsgraden til solfangeren høyere når arbeidstemperaturen til solfangeren holdes lav. Det er derfor viktig å sikre så kaldt vann som mulig til solpanelene. Dette kan gjøres ved å utnytte den naturlige sjikningen som oppstår i en akkumulatortank Et par grunnprinsipper bør derfor alltid følges:

- Trekk ut energi til tappevann fra bunnen av tanken som forvarming av tappevann, eller benytt varmevekslere som sikrer en så kald returmulighet som mulig og legg det kalde vannet inn nederst i tanken.
- Unngå sirkulasjonskretser til og fra akkumulatortanken. Slike kretser vil blande temperaturene på tanken og sørge for at hele tanken blir "lunken" i stedet for å kunne ha varmt vann på toppen og kaldt i bunnen.

Solvarme krever ofte store akkumulatortanker (bare forbigått av biovarme), og det er derfor viktig med akkumulatortank med god isolasjon.

7.3.2. Trykksatte akkumulatortanker

I trykksatte akkumulatortanker vil vannet i solfangerne alltid være en egen lukket krets for å unngå å få glykol i selve akkumulatortanken. Varmeveksling fra solvarmekretsen til akkumulatortanken kan foregå ved hjelp av en vekslespiral eller en plateveksler. I begge tilfellene er det viktig at turvannet fra akkumulatortanken til solfangeren tas ut så lavt som mulig (der temperaturen er lavest), og at returen på sløyfen er så høyt som mulig. Det eksisterer også varmevekslere som sørger for at varmen blir tilført den mest gunstige høyden.

Trykksatte akkumulatortanker må dimensjoneres i forhold til de trykkbehov resten av varmeanlegget stiller akkumulatortanken som regel er en del av dette systemet. Man må imidlertid være klar over at tanker med høyere trykklasser er mer kostbare enn tanker med lavere trykklasser og varmeanlegg sjelden har behov for å være dimensjonert utover 3 bars trykk.

7.3.3. Styring

Styresystemet i et solvarmeanlegg sørger for at anlegget kun er i drift når solfangerne tilfører tilstrekkelig energi til at det er lønnsomt å drive pumpene. I tillegg sørger det for å beskytte mot overoppheting og for trykkløse anlegg beskytter automatikken også mot frost. Normalt er styresystemet satt opp til å hente ut minimum temperaturforskjell ΔT på 10 grader i forhold til nederste punkt i akkumulatortanken og den varmeste delen av solfangeren.

Det er ønskelig med en modulerende pumpe for å kontinuerlig hente ut den mest egnede temperaturdifferansen fra solfangerne. Som tillegg kan man benytte en soneventil som plasserer energien på det gunstigste stedet i tanken basert på temperaturen til returvannet fra solfangerne. Dette er viktigst på små anlegg med variabelt forbruk, slik at man unngår å legge lunkent vann inn i toppen av tanken, eller varmt vann i bunnen av tanken.

Styresystem for trykksatte systemer

Overopphetingsvernet for trykksatte systemer fungerer ved at man setter en ønsket maksimaltemperatur i bunnen av akkumulatortanken. Når denne temperaturen nås vil sirkulasjonspumpen stanse. Dette igjen fører til at temperaturen på panelene stiger hurtigere (med redusert virkningsgrad som følge) inntil man når en viss "krisetemperatur" i solfangeren. Pumpen vil da løpe i 2-3 minutter for å kjøle ned panelet og deretter stanse igjen. Dette sikrer at temperaturhevingen i akkumulatortanken blir mindre effektiv og man unngår overoppheting.

Skulle man imidlertid likevel få en overoppheting av akkumulatortanken vil sirkulasjonspumpen til slutt stanse og glykolen i panelene vil koke. Akkumulatortanken vil imidlertid aldri koke. Koking er uheldig da det endrer glykolens egenskaper og setter systemet ut av spill. Koking kan unngås ved riktig dimensjonering eller ved bruk av alternative nødfunksjoner som termiske sikkerhetsventiler som automatisk tapper vann (og dermed energi) ut fra akkumulatortanken ved behov.

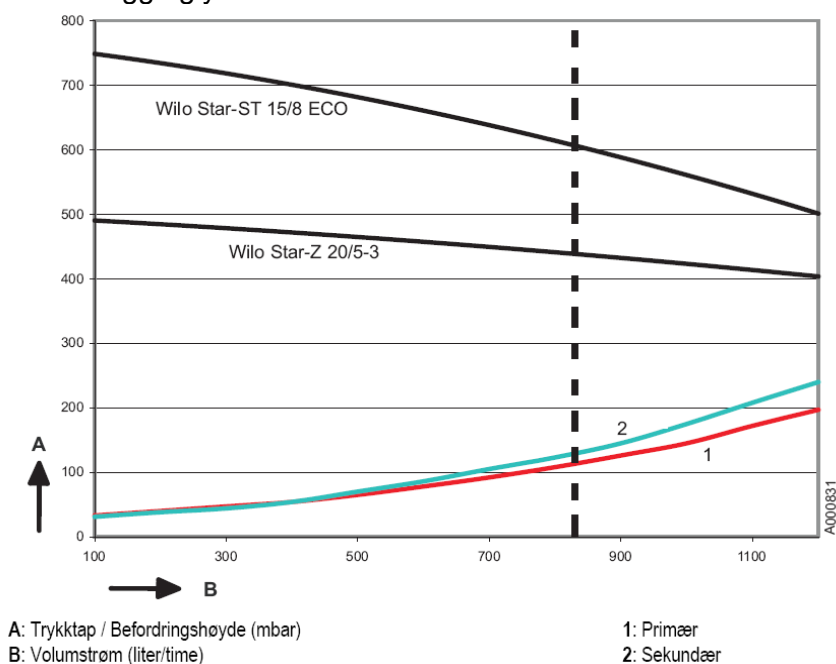
7.3.4. Varmeveksler

Trykksatte solfangere er gjerne fylt med glykol, og en må derfor veksle varmen fra solfangerne over til akkumulatortanken. Dette gjøres enklest ved hjelp av vekslespiraler i bunnen av tanken ettersom en da slipper ekstra pumper på sekundærsiden av veksleren. På noe større anlegg kan det imidlertid være fornuftig å benytte en plateveksler for å overføre energien. I begge tilfeller må en hensyn til en maksimal effekt fra panelene (ca. 800 W/m^2) og en ΔT på ca. 30°C ved uttak av spiralene.

7.3.5. Pumper

Pumpen sørger for sirkulasjon av væske gjennom solfangerne og til akkumulatortanken. Det anbefales å benytte modulerende pumper som styres av automatikken. Pumpekapasiteten skal

være ca. 15 liter per time per m² installert solvarmepanel. På større anlegg bør man vurdere om man skal benytte doble pumper, da en pumpestans raskt vil medføre koking av anlegget, hvilket kan ødelegge glykolen.



Figur 11: Skjema som viser krav til pumper for et anlegg med 9-50 m² paneler.

7.3.6. Ekspansjonskar

Ekspansjonskar benyttes kun for trykksatte anlegg som sikkerhetsventil i tilfelle koking. Ekspansjonskar tas ut på vanlig måte, men de må tåle høye trykk på minimum 10 bar da man ofte har et statisk trykk fra høydeforskjeller samtidig som man har et betydelig overtrykk på panelene (2,5 – 3 bar).

7.3.7. Sikkerhetsventiler, manometer, påfyllingsarrangement

Utstyr til et solvarmeanlegg er i stor grad det samme som benyttes på "vanlige" varmeanlegg. Ett unntak er at utstyret ofte dimensjoneres for 140 °C.

7.3.8. Rørføring fra paneler til tank

Rørføringene fra panelene ned til tanken bør være så korte som mulig for å unngå unødig varmetap. Rørføringene dimensjoneres i henhold til vanlige dimensjoneringsregler for at ikke trykktapet skal bli for stort. Det er også viktig at rørene og loddinger er dimensjonert for å tåle temperaturer opp til 140 grader.

På større anlegg setter man opp solfangerne i grupper på mellom 5 og 10 paneler avhengig av panelstørrelse. Dersom man benytter mer enn 5 paneler må man ofte også ta hensyn til termisk ekspansjon mellom panelene og legge inn ekspansjonssløyfer. Videre må hver gruppe av paneler sikres hydraulisk likevekt slik at vannmengden gjennom hver panelgruppe er lik. Dette sikres ved hjelp av strupeventiler eller ved å legge opp en omvendt retur. Omvendt retur gir noe mer utvendig rørføring, mens strupeventiler gir et ekstra reguleringspunkt og bør legges innvendig.

Sammen med rørføringen er det nødvendig å legge opp en følerkabel som føler temperaturen på et av panelene i gruppen. Dette er som oftest en PT-1000 føler, og for mindre anlegg får man ferdig isolerte rør med integrert følerkabel (tur/retur i en strømpe med isolasjon).

Dimensjon av rørføring i panelet - Denne type rør har trykksatte kobberør som ligger i slynger på varmemottakerflaten. Etersom panelet normalt står med en helning vil man inne i panelet få slynger der luft kan samle seg inne i panelet, hvilket vil kunne stanse sirkulasjonen i

panelet. Ettersom mange luftepotter ikke holder tett over lang tid (og det er upraktisk å måtte gå opp på taket for å tette/bytte disse) opererer man ofte med et relativt høyt overtrykk på panelene (2-3 bar på høyeste punkt) for å holde luftbobler så små som mulig. Mange paneler har også rørføringer på Ø12 mm eller mindre og man vil da ikke få den samme opphoping av luft i solpanelet, men luftboblene vil dras gjennom panelet igjen. Ulempen med Ø12 mm rørføring er at man normalt ikke kan koble sammen mer enn 5 og 5 paneler i en serie på grunn av trykktapet.

7.3.9. Frostvæske

I trykksatte solsystemer fylles solfangerene med frostvæske for å hindre frostdannelse på vinteren. Her benyttes en blanding av vann og propylenglykol med et blandingsforhold opp til 50 %. Blandingsforholdet er avhengig av dimensjonerende temperaturer på det aktuelle stedet. Solvæsken (frostvæsken) bør videre kunne håndtere opp til 140°C uten å koke for å unngå koking i perioder uten effektuttak. De fleste leverandører av trykksatte anlegg kan tilby egnet frostvæske/solvæske.

7.4. Ikke trykksatte solvarmeanlegg

Betegnelsen ikke trykksatt angir at solvarmeanlegget har en åpning mot omgivelsene slik at systemtrykket på stedet for denne åpningen alltid er lik atmosfæretrykket. Trykkforholdene på de ulike steder i anlegget er derved bestemt av det statiske trykket av vann på grunn av høydeforskjeller, og av dynamiske trykk som forårsakes av sirkulasjonspumper i systemet.

7.4.1. Akkumulatortanken

Ikke trykksatte anlegg kan gjøres vesentlig enklere enn i trykksatte anlegg. Konstant trykk innebærer at akkumulatortanken bare trenger mekanisk styrke til å tåle vanntrykket som skyldes høyden av akkumulatortanken. Det er ikke påkrevet med sikkerhetsventil, og ekspansjonstank kan elimineres.

Overføring av varme til tappevann kan besørges med varmevekslerspiral. Mest brukt er imidlertid tank i tank systemet der en trykksatt ståltank med vann fra ledningsnett er plassert inne i selve akkumulatortanken.

Det ikke trykksatte systemet er spesielt egnet i anlegg der romoppvarmingen skjer ved vannbåren gulvvarme. Gulvvarmeanlegget kan da koples direkte til akkumulatortanken uten bruk av varmeveksler.

Siden solvarme bare kan dekke en del av varmebehovet, må akkumulatortanken også sørge for effektiv utnyttelse av energi fra annen energikilde. Dette kan være en brenner, en varmepumpe eller et elektrisk varmeelement. Akkumulatortanken er gjerne utstyrt med et elektrisk varmeelement tilpasset maksimalt effektbehov. En ekstern brenner eller varmepumpe med vannbåren sekundærkrets kan levere varmen direkte til akkumulatoren, eller via en varmeveksler. Valg av tilknytning avgjøres av egenskapene til brenneren eller varmepumpen.

7.4.2. Dreneringssystemet

For trykkløse systemer fungerer sikkerhetssystemet ved at sirkulasjonspumpen stanses ved for høy eller for lav temperatur. Solfangerne dreneres da for vann og med tomme solfangerer er det ingen fare for koking eller eventuelt frostskafer. Derved kan det benyttes vann uten glykol som varmemedium, og solfangerkretsen kan koples direkte på akkumulatortanken uten bruk av varmeveksler. Prinsippet er vist i Figur 12

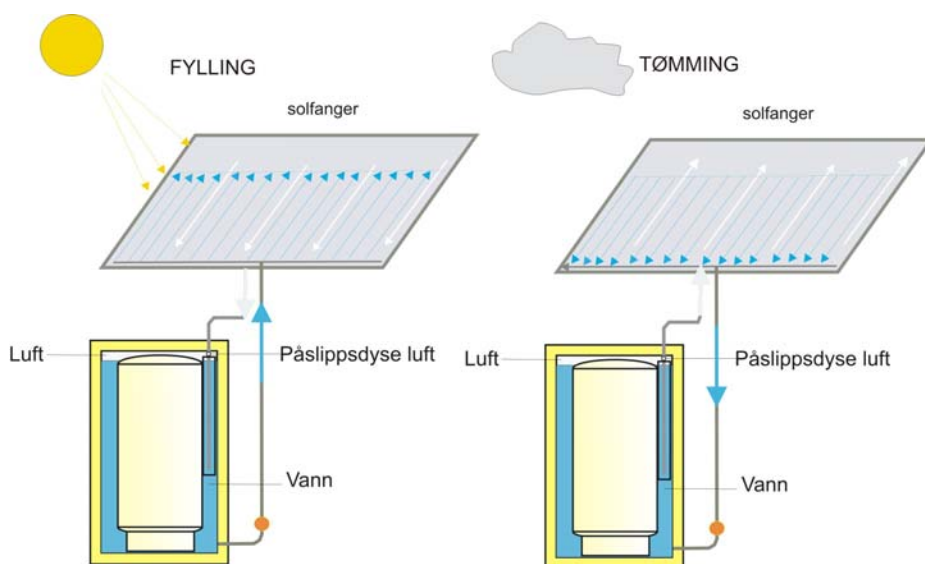
Når solfangerne er tomme for væske vil temperaturen i solfangerne raskt stige til stagnasjonstemperatur. Det er selvsagt viktig at solfangerne er bygget for å tåle slike temperaturpåkjenninger over tid.

I dreneringsanlegg må rørføringen mellom solfanger og varmelager planlegges slik at drenering av solfangeren ikke hindres. Krav til rørenes varmebestandighet reduseres også til 100 grader da anlegget automatisk vil dreneres før det når vannets kokepunkt.

7.4.3. Styresystem for trykløse solvarmeanlegg

Styringssystemet sørger for at sirkulasjonen av vann gjennom solfangeren starter så snart temperaturen i solfangeren er ca. 5K høyere enn i bunnen av akkumulatortanken. Sirkulasjonen stanses når vannet ikke varmes opp lenger ved å passere solfangeren. Når pumpen stanser, renner vannet i solfanger og tilførselsrør tilbake til akkumulatortanken.

Siden de ikke trykksatte anlegg gjerne betegnes som lavtemperatur-systemer, er en overordnet styring av hele systemet viktig for å oppnå høy solenergidekning. Ved siden av operasjonen av solfangerpumpen besørger styresystemet at energi fra annen energikilde tilføres ved behov, men slik at det ikke kommer i konkurranse med solenergitilførselen. Behovet styres ved hjelp av termostat som beregner nødvendig temperatur til oppvarmingssystemet på grunnlag av utetemperaturen. Også romtemperaturen i hele bygget kan styres med det samme styringssystemet.



Figur 12: Prinsippet for tømning av en ikke trykksatt solfanger.

7.5. Dimensjonering av solvarmeanlegg

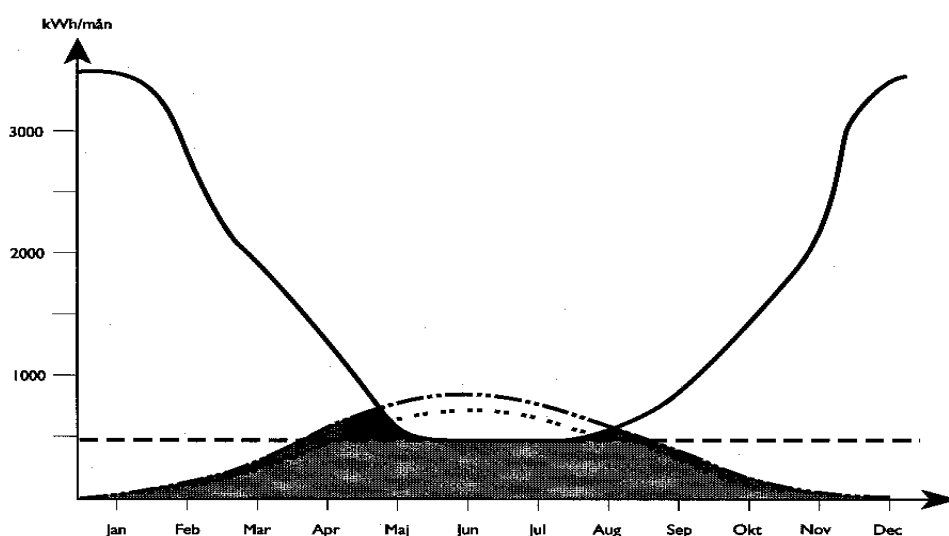
Riktig dimensjonering av et solvarmeanlegg er essensielt for å unngå overskuddsvarme om sommeren. Dette er spesielt kritisk for trykksatte anlegg. Både for trykksatte og ikke trykksatte anlegg er det et mål å få en best mulig økonomi i anlegget, men også andre momenter vil ha betydning, for eksempel hvordan solfangeren rent estetisk passer til bygget.

Vi vil i dette kompendiet gå inn på to nivåer av dimensjoneringsverktøy.

- Det første nivået innebærer tommelfingerregler og sterkt forenklede diagrammer formler og simuleringverktøy. Dette gir et grovt estimat på energiutbytte av et solvarmeanlegget og er bra for å anslå størrelse og energiutbytte fra enkle tappevannsanlegg eller for større anlegg i en tidlig fase.
- Det andre nivået er avanserte simuleringverktøy som krever god kunnskap om programvaren og detaljerte opplysninger om fysiske forhold ved anlegget og for behovsprofilen for varme. Disse gir en meget god oversikt over anleggets ytelse i løpet av året, men omhandles ikke i denne veilederen annet enn at det refereres til ulike programvarer.

7.5.1. Soldekningsgrad

Et viktig begrep når det gjelder dimensjonering av et solvarmeanlegg er soldekningsgraden. Denne angir hvor stor andel av det totale årlig energibehovet (dette kan gjelde enten tappevann, romoppvarming eller begge deler) som dekkes av solenergi. Soldekningsgraden bestemmes av utformingen av det varmesystemet som solfangeren betjener, størrelsen på energibehovet, temperaturforhold og tidsmessig sammenfall mellom tilgang på solenergi og energibehov. En typisk behovsprofil er vist i *Figur 13*. Ettersom tappevannsbehovet er forholdsvis jevnt fordelt over året så vil man kunne få en høy soldekningsgrad i slike anlegg. Ønsker man å øke soldekningsgraden ved å installere flere solfangere så vil samtidig overskuddet om sommeren bli større, og selv om totalt energiutbytte vil øke, så vil utbytte per solfanger reduseres fordi man ikke får nyttiggjort seg av all varmen. Det er vanlig å dimensjonere tappevannsanlegg for 50-70 % soldekningsgrad, mens kombinerte tappevanns og varmeanlegg dimensjoneres typisk for en soldekningsgrad på ca 50 % for tappevannet og opp til 20 % for romoppvarmingen. På grunn av at de ikke trykksatte solfangerne gjerne er rimeligere, og gjerne er laget for å integreres i bygget, kan det ofte være gunstig med et større solfangerareal og følgelig en høyere soldekningsgrad. For å beregne soldekningsgraden nøyaktig trengs avansert simuleringsverktøy.



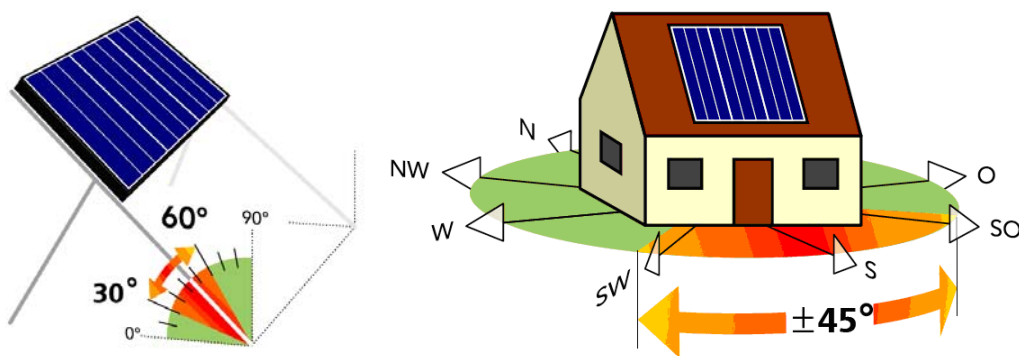
Figur 13: Eksempel på behovsprofil for oppvarming og tappevann. Den heltrukne linjen viser oppvarmingsbehovet, og den stiplede linjen viser varmtvannsbehovet for et år i en vanlig husholdning. De strekprikkede linjene viser tilgangen av solvarme fra to solfangere på hhv 10 og 15 m². Kilde: "Solvarmesystem för småhus"(1998)

7.5.2. Planlegging av et anlegg/bygningsrelaterte forhold

Energiutbyttet fra et solvarmeanlegg avhenger i tillegg til solfangerens virkningsgrad (avsnitt 7.2.6) og anleggets beliggenhet (avsnitt 7.1.2) av en rekke andre faktorer.

Helnings- og asimutvinkel

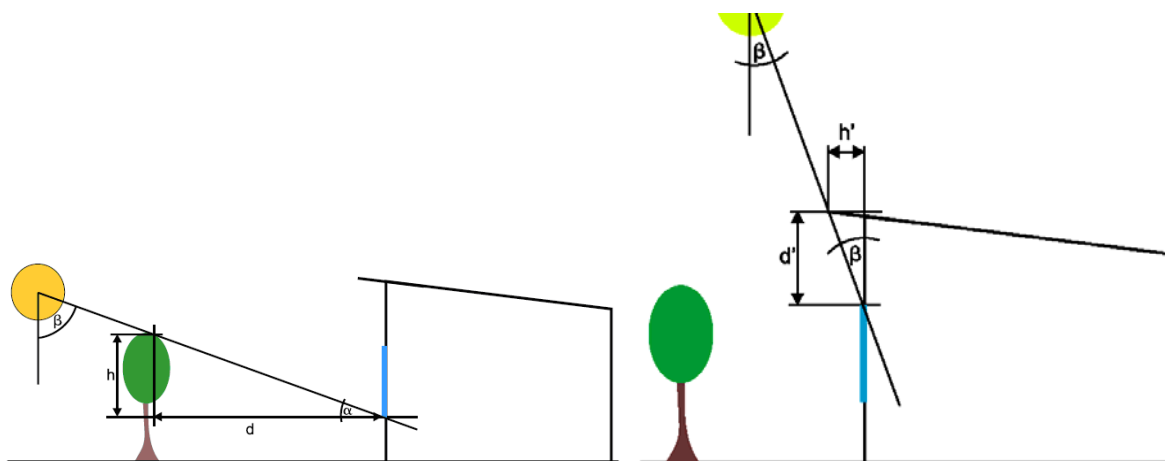
Solfangerens orientering (hellingsvinkel og asimutvinkel – vist i *Figur 14*) bestemmer hvor mye energi som treffer solfangeren. Solfangerens hellingsvinkel måles mellom normalen til horisontalplanet og normalen til solfangeren (*Figur 14 a*); for horisontal plassering av solfangere er hellingsvinkel = 0° og for vertikal plassering (fasadeintegrasjon) er hellingsvinkel = 90°. Asimutvinkelen angir avvik av solfangerorientering fra syd (*Figur 14 b*). Asimutvinkel = 0° tilsvarer orientering direkte mot syd. Optimal asimutvinkel er alltid null, mens optimal hellingsvinkel varierer med breddegrad og behovsprofil.



Figur 14. Helningsvinkel (venstre) og avvik fra syd (asimutvinkel, høyre).

Skygge fra bygninger og terreng

Solfangerfeltet plasseres slik at det ikke utsettes for uønsket skygge fra vegetasjon, bebyggelse eller terreng ved lav solhøyde om vinteren (Figur 15 a) eller fra utstikkende tak (Figur 15 b) om sommeren. Skygge fra terreng, vegetasjon eller bygninger vil redusere innstrålingen, mens refleksjon fra mark og vann vil øke innstrålingen.



Figur 15. (a) Skygge fra objekter (tre, bebyggelse, terreng) på byggets fasade med solfangere eller (b) fra utstikkende tak. Kilde: <http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projektId=43&lang=en>.

På våre nordlige breddegrader kan det være en løsning å øke vinkelen på solfangerne til 90 grader (eks fasadeintegrasjon). Selv om slike anlegg ikke har en optimal vinkel i forhold til totalt årlig energiutbytte, vil man få et større bidrag på vår og høst, noe som matsjer bedre med varmebehovet (se Figur 13). Fordelen ved dette er at en kan legge til flere paneler og dermed øke varmeproduksjon på vår/høst, og samtidig unngå fare for overoppheting som sommeren når solen står høyt. For en solfanger plassert på fasade vil man unngå problem med tildekking av snø om vinteren, samtidig som man vil kunne få et ekstra energibidrag fra solstråler reflektert i snøen.

Selv om solfangere på fasade gir et lavere energiutbytte per kvadratmeter kan det likevel lønne seg økonomisk gjennom å øke soldekningsgraden. En stor andel av kostnadene ved et solvarmeanlegg er knyttet til akkumulatortank, rørføring og styringssystem. Når solfangerarealet økes, er det kostnadene til selve solfangeren som må sammenliknes med den økning i energiutbytte fra sola som oppnås for hver ny solfangermodul.

Anbefalinger, orientering av solfangerfeltet

- Beliggenheten må gi gode strålingsbetingelser. Vurder om terreng, bebyggelse eller vegetasjon skygger for innstrålingen, spesielt i den delen av året da sola står lavt på himmelen.

- Byggets orientering eller utforming må gi plass for solfangere som vender i en gunstig retning, dvs. som ikke bør avvike fra syd med mer enn 45° (asimutvinkel).
- Et kombinert rom- og tappevannsanlegg bør utnytte solinnstrålingen også i fyringssesongen. Legges solfangere på tak må helningsvinkelen ikke være mindre enn 45°. For slike anlegg kan solfangerne gjerne være fasademontert på en sydvendt vegg. For rene tappevannsanlegg vil helningsvinkler mindre enn 45° også gi et godt utbytte.
- Bygningskroppen må ikke ha utbygg som skygger for solfangeren deler av dagen. I noen tilfelle kan likevel skygge på solfangerfeltet i sommerperioden være ønsket da dette redusert eventuelle problem med overoppheting om sommeren.
- Energi til romoppvarming må kunne tilføres gjennom et lavtemperert distribusjonssystem. Slike systemer er vannbåren gulv-, vegg-, eller takvarme, eller det kan være oppvarming av ventilasjonsluft med effektive vann-luft varmevekslere.
- Dersom det antatte forbruket av varmtvann er meget beskjedent, vil utbytte fra et kombinert rom- og tappevannsanlegg som regel bli lite og neppe regningsssvarende. Andre behov for varme i sommerhalvåret, for eksempel svømmebasseng, vil forbedre økonomien til anlegget.

7.5.3. Enkle beregningsmåter, tommelfingerregler

Tommelfingerregler uten beregning

For å kunne angi solenergiutbyttet med rimelig presisjon må det utføres simuleringer. Generelt kan en imidlertid slå fast at solvarmeanlegg med små soldekningsgrader (f.eks. 20 % eller mindre) og der varmebehovet er tilnærmet konstant over året, kan man i store deler av Sørøst-Norge forvente et utbytte per m² solfanger på mer enn 400 kWh/år. Ved anvendelser der forbruket er sesongpreget, f.eks. i hoteller, idrettsanlegg, svømmebasseng, kan utbyttet per m² ved samme soldekningsgrad bli enda større.

I kombinerte anlegg der solvarmen benyttes både til romoppvarming og tappevann blir utbytte per m² mindre ettersom flere solfangere blir benyttet og overskuddet om sommeren gjerne blir større (se *Figur 13*). Typisk utbytte fra slike anlegg kan ligge fra 200 til 350 kWh/(m² år) avhengig av soldekningsgraden. I slike prosjekter synes det optimale nivå å ligge rundt en dekningsgrad på 30-35% av varmebehovet. For å oppnå høyere soldekningsgrader må solfangerens helningsvinkel være stor slik at en effektivt utnytter lave solhøyder vinterstid. Solfangere plassert på sydvendt fasade kan gi en høy soldekningsgrad til en fornuftig pris.

Solenergiutbytte, enkel beregningsmåte

Et grovt estimat på det årlige energiuutbyttet fra et solvarmesystem kan beregnes ved følgende formel:

$$P_s = E \times \eta \times f_i \times f_o$$

der

P_s = Årlig solenergiutbytte

E = Årlig solinnstråling ved optimal vinkel

η = virkningsgrad for et solvarmeanlegg. Virkningsgraden kan anslås gjennom følgende empiriske formler eller fra *Figur 16*:

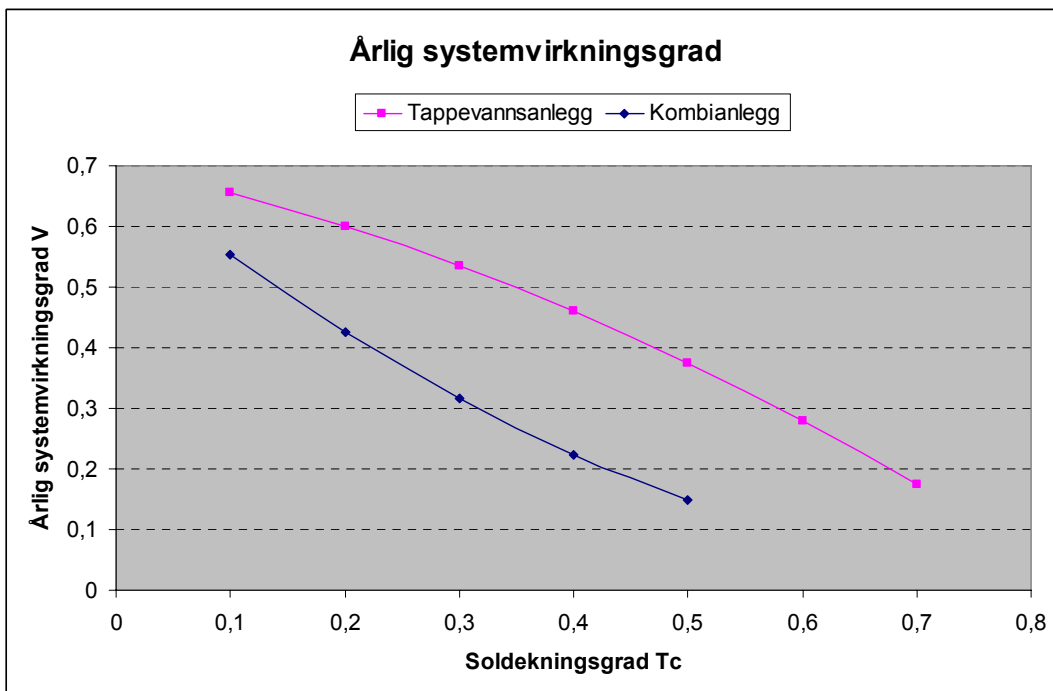
- For tappevannsanlegget: $\eta = 0,7 - 0,4 \times T_c - 0,5 \times T_c^2$
- For kombianlegget: $\eta = 0,7 - 1,55 \times T_c + 0,9 \times T_c^2$

der T_c er soldekningsgraden.

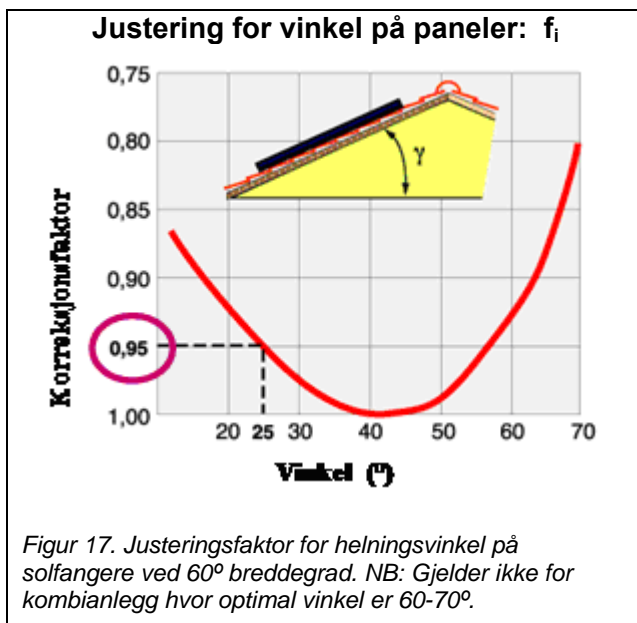
f_i = Justeringsfaktor for vinkel på paneler (se *Figur 17*). Denne gjelder ikke for kombianlegg hvor optimal vinkel er 60-70°.

f_o = Justeringsfaktor for orientering av paneler (Nord, Sør, Øst, Vest) (se *Figur 18*)

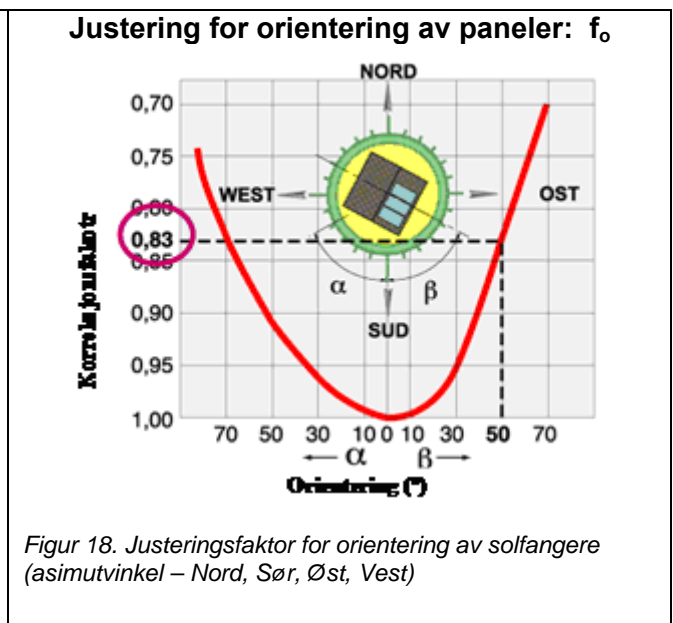
Dette kan gi over 400 kWh/m² per år for solvarmeanlegget, men for mer nøyaktige beregninger bør dette alltid beregnes for det konkrete prosjektet for å avstemme forventninger for byggherren.



Figur 16: Figuren viser hvordan den årlige virkningsgraden til solvarmesystemet (V) i et solvarmeanlegg forventes å reduseres med økende soldekningsgrad (T_c). Soldekningsgraden for tappevannsanlegget er andelen av det totale tappevannsbehovet som dekkes med solvarme, mens soldekningsgraden for kombianlegget er andelen av det totale rom og tappevannsbehovet som dekkes med solvarme. Figuren er beregnet på grunnlag av standard flatplatekollektorer. Solfangere med andre virkningsgrader vil endre disse kurvene noe. [Kilde: John Rekstad, Universitetet i Oslo]



Figur 17. Justeringsfaktor for helningsvinkel på solfangere ved 60° breddegrad. NB: Gjelder ikke for kombianlegg hvor optimal vinkel er 60-70°.



Figur 18. Justeringsfaktor for orientering av solfangere (asimutvinkel – Nord, Sør, Øst, Vest)

Regneeksempel:

En familie på 4 vurderer å installere solvarme i sin bolig i Oslo. Huset er lokalisert med taket mot sør-øst (50 °) og med en takvinkel på 25 °.

Vi ser da at korreksjonsfaktor for helningsvinkel vil være 0,95, og korreksjonsfaktor for asimutvinkel vil være 0,83.

For å beregne forventet solenergi per m² trenger man følgende:

E (for Oslo – se Tabell 1): 1005 kWh/m²

Familien ønsker å dekke 50% av tappevannsoppvarmingen med solenergi. Dette gir en systemvirkningsgrad på 0,375 (fra *Figur 16*).
Forventet energiutbytte per m² = 1005 * 0,375 * 0,95 * 0,83 = 300 kWh/m².

Solfangerareal

Det er normalt å søke å dekke 50-70% av det årlige tappevannsbehovet og opp til 20 % av varmebehovet ved hjelp av solvarme (se seksjon 7.5.1). Solfangerarealet som trengs for å gi denne soldekningsgraden vi da være:

$$A = \frac{P_f \times T_c}{P_s}$$

der

A = solfangerareal i m²

P_f = Energiforbruk

T_c = Andel energi ønskes dekket av solvarme – soldekningsgrad

P_s = Årlig solenergiutbytte per m²

Regneeksempel

Familien fra Oslo ønsker seg en ren tappevannsløsning for solvarme. Familien er glad i å dusje, og bruker om lag 5000 kWh per år til tappevannsoppvarming (dette tilsvarer ca. 350 liter 40 graders vann per dag gjennom hele året).

Familien ønsker å dekke ca. 50% av tappevannsbehovet sitt via solvarme.

$$S = \frac{5000 \text{ kWh} \times 50\%}{300 \text{ kWh} / \text{m}^2} = 8,3 \text{ m}^2$$

Familien bør med andre ord installere om lag 8 m² solfangere.

Dette er å regne som et utgangspunkt for videre simulering. Spesielt ved kombinerte varme- og tappevannsanlegg vil man kunne få mange paneler ved denne kalkulasjonen (fordi en svært stor del av energiforbruket benyttes på vinteren – da tilgangen på solvarme er svært begrenset), og en bør gjøre simulering for å sikre at en ikke får overoppheting på akkumulatortanken om sommeren.

Dimensjonering av akkumulatortank

Akkumulatortanken må være tilstrekkelig stor til at man både kan dekke opp for dårlige soldager, men også for å sikre at man ikke får for rask overoppheting av anlegget på sommeren. På kombinerte tappevann/varmeanlegg anbefales det å gjennomføre simuleringer av akkumulatortank da antall solfangere ofte er større enn det faktiske behovet på sommertid.

Tommelfingerregel - Som en tommelfingerregel skal man dimensjonere et tappevannsanlegg til ca. 1,5 ganger daglig tappevannsbehov (liter vann ved brukstemperatur). På større tappevannsanlegg kan man redusere dette ned til 1,2 ganger daglig forbruk

7.5.4. Programvare for dimensjonering av solvarmeanlegg

Normalt vil leverandør av solvarmeløsninger kunne gi en god simulering av hvor mye energi et solvarmeanlegg kan gi per år (solenergiutbytte). Et utvalg av programvarer for slike beregninger er vist i

Tabell 3. De første er laget for plane solfangere og er mye brukt. Programvaren baserer seg på såkalt "transient simulering" og kan beregne rene varmtvannsanlegg og kombianlegg med tidsintervaller ned til 2-10 minutter. Mulige systemvarianter er begrenset og varierer for de ulike programvarene. Alle har databaser for prosjekttypen og komponenter.

Tabell 3. Utvalg av programvarer for dimensjonering av solvarmeanlegg

<p>POLYSUN er et kommersielt program som inkluderer en stor database med solfangere, testresultater og værdata for flere steder i Europa. Alle komponenter og behovsprofiler kan velges i detalj. Programmet presenterer resultatene i tabellform. Programvaren som er utviklet siden 1992 på SPF (Solartechnik, Prüfung und Forschung) i Rapperswil, Sveits, finnes på tysk, engelsk og fransk. http://www.velasolaris.com/</p>
<p>T*SOL er en programvare som kan simulere rene tappevannsløsninger og kombinerte løsninger for både små og store anlegg. Programmet kan også ta hensyn til ulike tappevannsprofiler, vær/soldata samt orientering på solfangerne. Programvaren finnes på tysk, engelsk, spansk og fransk. http://www.tsol.de http://www.tsol.de/index_en_page=tsol_pro</p>
<p>TecSol er et gratis verktøy og er et enkelt startpunkt for å beregne tappevannsanlegg. http://www.tecsol.fr/CalcSolo/calcEcs.asp?lg=2</p>
<p>SolDat er et avansert simuleringsprogram som beregner varmebehov for en bygning og solenergiutbytte time for time (eventuelt kortere tidsintervaller) gjennom året. Det inneholder en syntetisk værgenerator som gjør det enkelt å foreta simuleringer hvor som helst på kloden med bare beskjedne informasjons om strålings og temperaturforhold. Bruk forutsetter noe forkunnskap, nærmere informasjon kan fås hos Aventa AS http://www.aventa.no</p>
<p>TRNSYS er en avansert programvare, som krever god kunnskap om programvaren og detaljerte opplysninger om fysiske forhold av anlegget som skal dimensjoneres. Programvaren er egent for eksperter, som ønsker å utføre veldig detaljert utviklingsarbeid eller forskning. http://www.trnsys.com/ http://www.tess-inc.com/trnsys http://www.transsolar.com/software/docs/trnsys/trnsys_uebersicht_en.htm http://sel.me.wisc.edu/trnsys/</p>

Datakilder for værdata:

EU har et senter som innhenter sol og værdata fra hele Europa - PVGIS Solar Irradiation Data. Dette er en god kilde for soldata for hele Norge og kan gi innstrålt solenergi per år og per måned ved ulike vinkler på solpaneler – samt identifisere ”optimal” vinkel for solfangere. Senteret ble i utgangspunktet utviklet for solceller.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe>

Andre programvarer:

F-CHART, <http://www.fchart.com/>

Dymola: <http://www.dynasim.se/>

IDA: <http://www.equa.se>

PSD-MI: <http://evl.cstb.fr/soft/present.asp?context=PSD&langue=us&imprimer=&m=lpr>

SHW-WIN: <http://www.iwt.tugraz.at>

Smile: <http://www.first.gmd.de/smile/>, <http://www.smilenet.de/>

7.6. Prosjekteksempler, trykksatte anlegg

7.6.1. Solvarme i enebolig - tappevannsanlegg

Solvarmeanlegg for en familie på 4 i Oslo. Anlegget er designet utelukkende for tappevann og benytter en ekstern kilde (gass) som backup for tappevann via en spiral plassert høyt i beredertanken.

Huset er plassert slik at solfangerne har en sør-sørvestlig orientering (225° absolutt og 35° vest). Dette gir en korreksjonsfaktor på 0,95 for himmelretning.

Taket er relativt flatt (28°) hvilket gir en korreksjonsfaktor på 0,97.

Familien bruker ca. 4.000 kWh per år til tappevann og ønsker å få dekket 60 % av sitt energiforbruk med solvarme. Vi finner årlig systemvirkningsgrad på 0,28 fra Figur 16

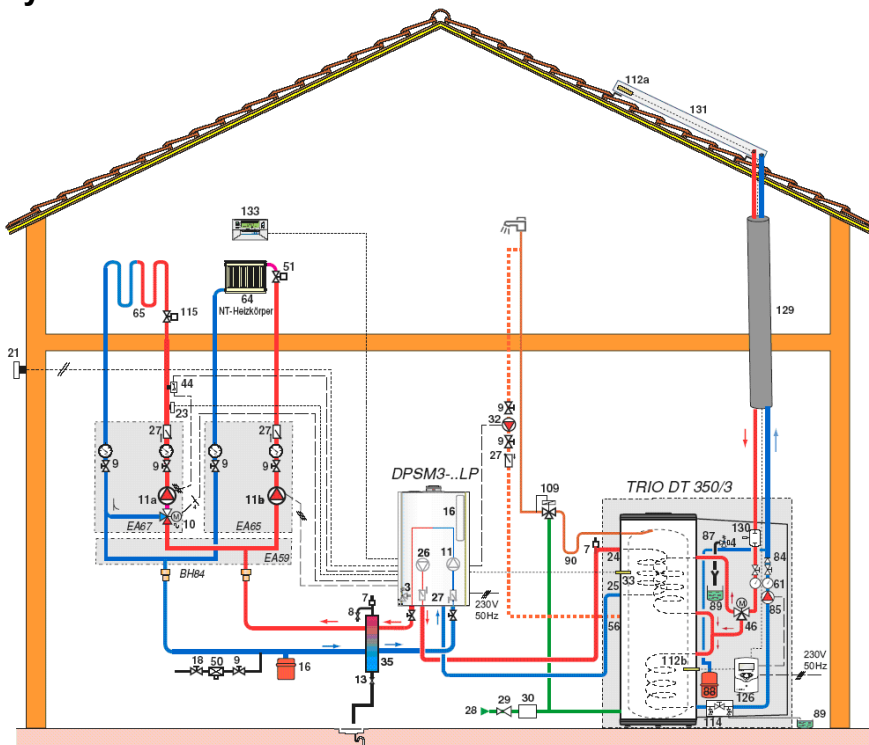
Forventet solenergiutbytte per m² = 1005 (Oslo) * 0,28 * 0,95 * 0,97 = 268 kWh/m².

$$\text{Solfangerareal } S = \frac{4000 \text{ kWh} \times 60\%}{268 \text{ kWh/m}^2} = 9 \text{ m}^2$$

Ved å redusere soldekningsgraden fra 60 % til 50 % vil årlig utbytte fra solvarmeanlegget reduseres fra 2400 kWh til 2000 kWh. Imidlertid vil energiutbytte per kvadratmeter øke til fra 268 kWh/m² til 347 kWh/m², og arealbehovet reduseres fra 9 m² til 5,8 m².

For å få en mer presis undersøkelse av varmeutbytte og systemtemperaturer gjøres en beregning med T*Sol:

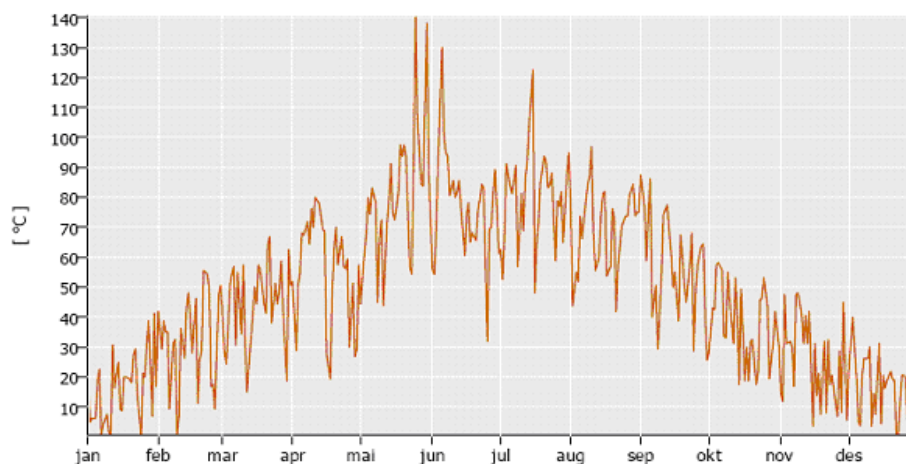
Systemskisse:



Antagesschema 2.1

Figur 19: Systemskisse over et solvarmeanlegg for tappevannsproduksjon og bruk av gasskjele som spisslast

Ved en simulering med 350 liter bereder får man følgende daglige temperaturer (T*Sol programvare benyttet):



Figur 20: Maksimum daglige kolektortemperaturer over året beregnet med T*Sol.

Simuleringen viser enkelte dager med for høye temperaturer. Simuleringen i T*Sol tar imidlertid ikke høyde for sikringssystemene som er tilstede i solautomatikken med nattsenkning, slik at slike "små" topper ikke er en reell bekymring for overoppheting av anlegget. Programmet arbeider med statistiske avvik både på tappevannforbruk og solmengde, noe som også bidrar til høye topper enkelte dager. Som temperaturene viser vil man fra mars til oktober/november kunne få soloppvarmet tappevann.

7.6.2. Solvarme i enebolig - kombinert tappevann/varmesystem

Boligen er relativt liten på 140 m² og har 2 voksne og 2 barn. Boligen bruker ca. (140 *80 = 11.200 kWh til oppvarming og ca. 4.500 kWh til tappevann. I et kombinert tappevann/varmesystem er det vanlig å ta utgangspunkt i at solvarme kan dekke ca. 20% av varmebehovet i huset og ca. 60% av tappevannsbehovet. Et utgangspunkt vil derfor være å dekke inn ca. 4.920 kWh ved hjelp av solvarme (2.220 varme + 2.700 tappevann), noe som svarer til en total soldekningsgrad på $4920/(11200+4500)=31\%$.

Huset ligger i Bergen og mottar årlig 940 kWh/m² solfangere (se Tabell 1). Taket vender direkte mot sør og man har derfor ingen korreksjonsfaktor for himmelretning. Helningen på taket er 35° hvilket gir en korreksjonsfaktor på 0,98.

Helningen på taket er 35° hvilket vil gi en korreksjonsfaktor på 0,98 for tappevannsnett. Som en første approksimasjon velger vi likevel å bruke denne korrigeringsfaktoren også for dette kombianlegget.

Fra figur 16 finner vi en årlig systemvirkningsgrad på ca 31 % for en soldekningsgrad på 31 % (at disse tallene er like er en ren tilfeldighet).

Per m² får man derfor:

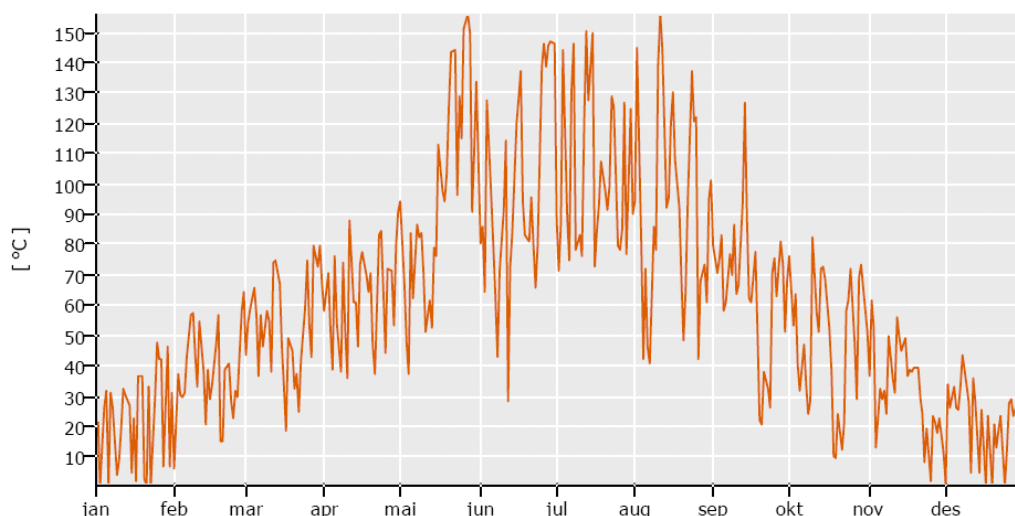
$$\text{Forventet solinntak per m}^2 = 940 \text{ (Bergen)} * 0,31 * 1,0 * 0,98 = 285 \text{ kWh/m}^2$$

Som utgangspunkt for simulering bruker man formel for solfangerareal S:

$$S = \frac{15700 \text{ kWh} \times 31\%}{285 \text{ kWh/m}^2} = 17 \text{ m}^2$$

På grunn av plasshensyn er man begrenset til en 500 liter tank.

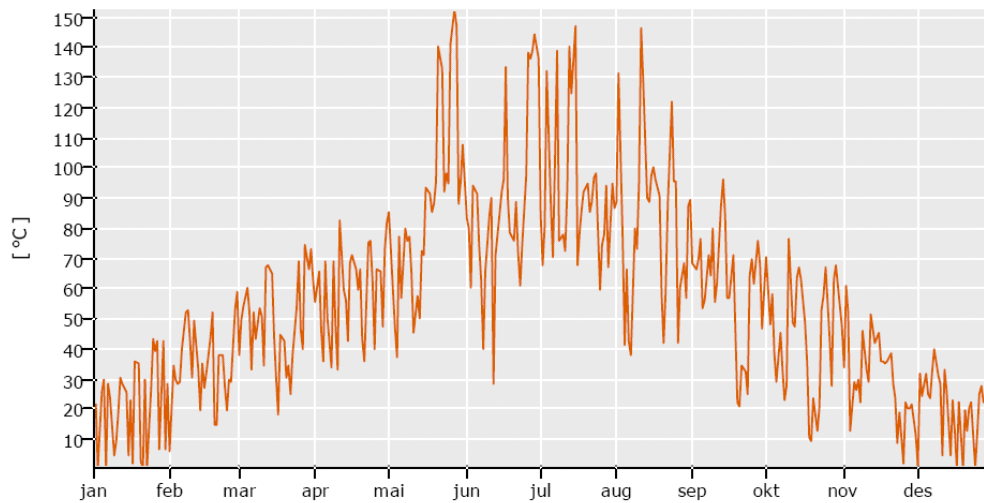
Daily Maximum Collector Temperature



Figur 21: Daglig maksimum temperatur i solfanger med 17 m² solfangere

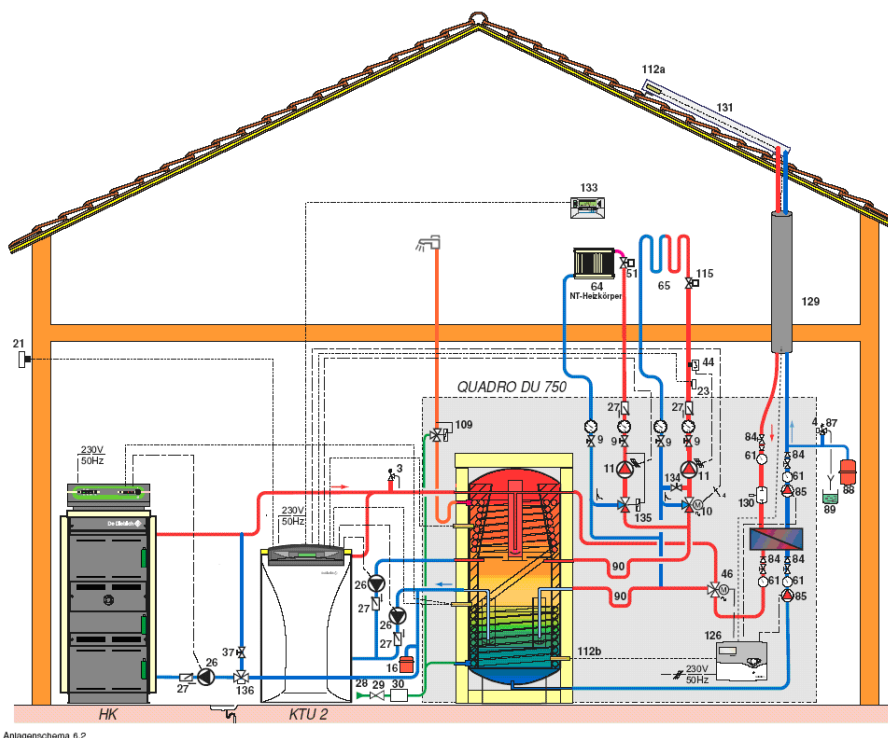
Temperaturprofilen indikerer at man bør redusere antall paneler noe (eller øke tanken). Ved å gå ned til 13 m² paneler får man følgende temperaturprofil:

Daily Maximum Collector Temperature



Figur 22: Daglig maksimum temperatur i solfanger med 13 m² solfangere.

Fremdeles er temperaturen noe høy, og dette viser en av hovedutfordringene med en varme- og tappevannskombinasjon – de krever gode, store akkumulatortanker. En del av disse toppene vil kunne unngås gjennom styring av overoppheting via solstasjonens automatikk.



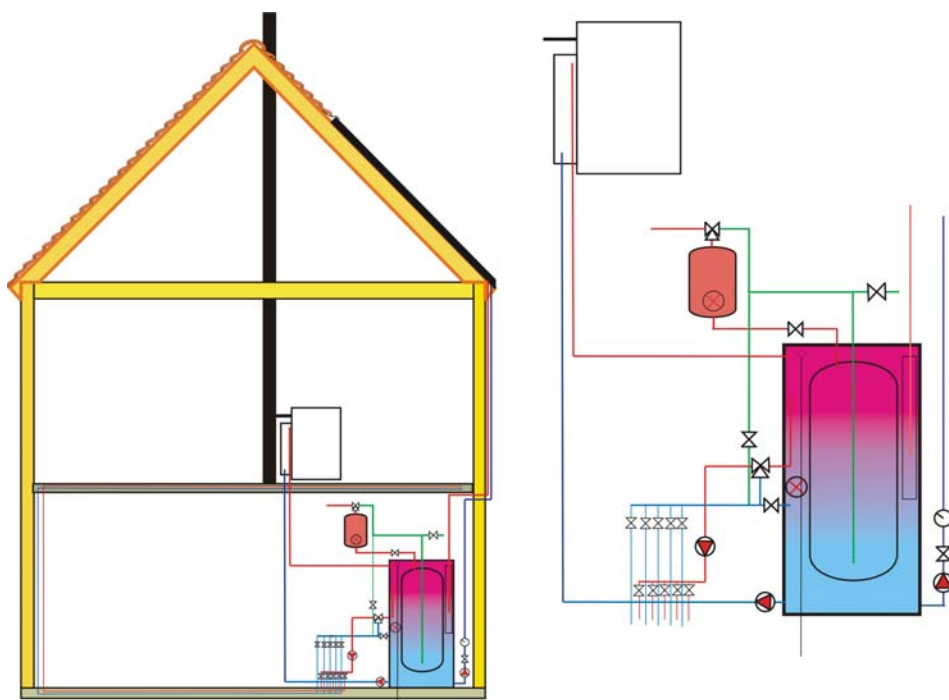
Anlagenschema 6.2

Figur 23: Systemskisse over kombinert tappevann og varmeanlegg basert på solvarme, oljefyring og vedfyring gjennom en felles integrert akkumulatortank

7.7. Prosjekteksampler, ikke trykksatte anlegg

Figur 24 viser et typisk ikke trykksatt kombianlegg. Solfangeren er integrert i takkonstruksjonen, og rørtilknytningen mellom solfanger og akkumulatortank føres fortrinnsvis utvendig, noe som gir enkel montering og trygghet for at det er godt fall. Solfangeren legges fortrinnsvis helt ned til raftet av taket for at solfangeren skal holde seg fri for snø gjennom vinteren.

Det er vist to tilleggskilder for energi, en elektrisk varmekolbe i akkumulatortanken, og en ekstern brenner med varmeveksler. Merk at siden systemet er trykkløst, kan også varmeveksleren dreneres når det ikke skal hentes varme fra brenneren. Romvarmen leveres via et vannbårent gulvvarmeanlegg som er koplet direkte til akkumulatortanken. En shuntventil sørger for at satt maksimumstemperatur ut i gulvet ikke overskrides. For å sikre tilstrekkelig tilførsel av varmt bruksvann installeres det en liten ettervarmer som også sørger for at vannet varmes opp tilstrekkelig for å unngå legionella-smitte.

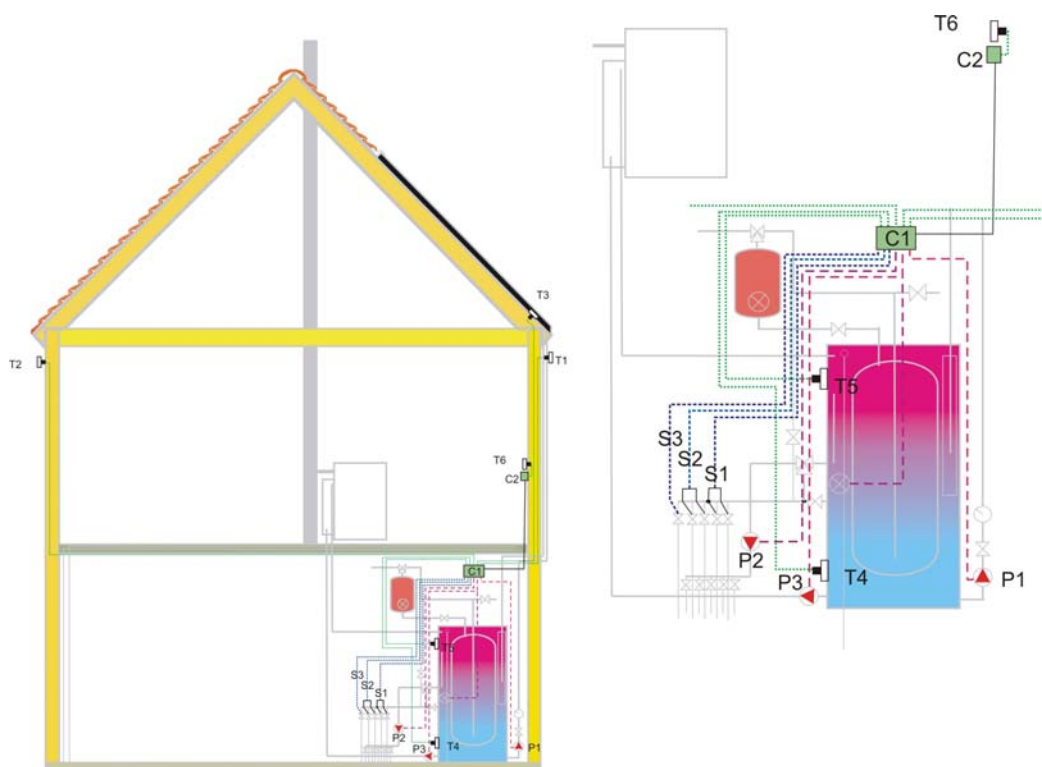


Figur 24: Kombinert romvarme og varmtvannsanlegg. Ikke trykksatt solfanger er integrert i taket, og romvarmen fordeles i bygningen ved hjelp av et vannbårent gulvvarmesystem. Akkumulatoren inneholder et elektrisk varmelement, i tillegg er tegnet inne en brenner med varmeveksler som kan koples direkte til akkumulatortanken. For å sikre tilstrekkelig med varmtvann til enhver tid, er det lagt inn en liten elektrisk etterbereder (ca. 50 liter).

Figur 25 viser styringssystemet til dette anlegget. Styringen av alle funksjoner besørages av en regulator. Funksjonene er

- sirkulasjon av vann i solfangeren,
- termostatstyrt styring av tilleggsvarme, der termostattemperaturen varierer med utetemperaturen,

driften av gulvvarmeanlegget er basert på intermittert sirkulasjon i de ulike kurser som besørages av regulatorstyrte termoventiler på fordelerstokken. Bygget inndeles i inntil 4 uavhengige temperatursoner avhengig av solinnfall gjennom vinduer og arealbruk. Reguleringen av romvarme skjer på grunnlag av to utvendige temperaturfølere som registrerer lufttemperatur og styrken av solinnstrålingen gjennom vinduene. Innstillingen gjøres av beboer ved hjelp av en fjernkontroll-enhet til regulatoren som også inneholder en romtemperaturføler.



Figur 25: Styringssystem til ikke-trykksatt solvarmeanlegg vist i Figur 24. Reguleringen av anlegget er basert på to utetemperaturer (plassert nord (T2) og sydøst (T1) på bygget), temperatur i solfangeren (T3) og to temperaturer (T4 og T5) i akkumulatortanken. Regulatoren C1 og fjernkontroll C2 styrer solfangerpumpen, sirkulasjonen i de ulike soner i gulvvarmeanlegget og tilførsel av varme fra ekstern varmekilde eller elektrisk varmekolbe i akkumulatortanken. Innnetemperaturen T6 benyttes til innstilling av varmetilførselen gjennom gulvvarmeanlegget.

7.8. Huskelister

7.8.1. Kjøpsveileder

- 1.) Velg en "solvarmetilpasset" varmtvannstank med en gang. Dersom du bygger hus med vannbåren varme og ønsker å ha muligheten til å etterinstallere solvarme, varmepumpe eller annen lavtemperatur varmekilde i framtiden, så kjøp en "solvarmetilpasset" varmtvannstank med en gang. Ellers risikerer du å måtte skifte ut en kostbar dobbelmantlet bereder eller lignende lenge før levetiden er utløpt, eller ta til takke med dårlig utnyttelse av solvarmen. Grunnen til dette er at f.eks en vanlig dobbelmantlet el-bereder har for lite vannvolum i ytermantelen, og som i tillegg opereres ved for høy temperatur til at man effektivt får tilført varme fra solfangerne.
- 2.) Solvarmetanken må være tilstrekkelig stor som buffer for noen gråværsdager. Utgangspunktet er at man får lagret solvarme fra solrike dager som kan dekke varmtvannsbehovet i to til tre dager med overskyet vær i sommerhalvåret. For småhus vil totalt tankvolum vanligvis ligge mellom 300 og 1000 liter. Skal berederen også kunne lagre varme fra bioenergi i vinterhalvåret, så må tanken være større – mellom 1500 og 2000 liter for en enebolig.
- 3.) Solvarmetanken må være tilstrekkelig stor i forhold til solfangerarealet. Det er også viktig at volumet av solvarmetanken er tilstrekkelig i forhold til normal effekt fra solfangerne. En tommelfingerregel tilsier at solvarmetanken bør ha et volum på minimum 50 liter per kvadratmeter solfangerareal. Tankvolumet kan være større, men ikke mindre enn dette.
- 4.) Solvarme tilføres nederste del av solvarmetanken, mens tilførsel av høytemperatur varme skal skje i øvre del av tanken. El-kolbe benyttes ofte som reserve og til å heve temperaturen til ca 60 grader ved behov av hygieniske grunner. Det er svært viktig at el-kolben plasseres i solvarmetankens aller øverste del, også ovenfor tilførselsområdet for varme f.eks fra olje, gass, pellets eller ved.

- 5.) Solvarme vil kun dekke en viss andel av varmebehovet over året, vanligvis fra 20% til 30%, og resten må dekkes av en eller flere andre varmekilder. Både olje- og biokjeler har nytte av å være tilkopleet en stor solvarmetank. De får lengre driftstid det vil si færre start/stopp, noe som gir høyere kjel-virkningsgrad og mindre utslipp. Også varmepumper vil oppnå bedre driftsbetingelser og høyere virkningsgrader når de leverer varmen til en solvarmetank.
- 6.) Isolér rør og tanker nøye. Bruk isolasjon som tåler minst 140°C. Utomhus må isolasjonen tåle årelang værpåvirkning og UV-stråling og forbli tørr.
- 7.) Plassèr og isolér givene til reguleringsautomatikken nøye. Påse at tankgiveren sitter så nært kaldeste del i bunnen av tanken som mulig. Solfangergiveren bør sitte inne i den varmeste del av solfangerabsorbatoren. Når flere solfangere er koplet i serie skal givene plasseres ved utløpet av den siste (altså den varmeste) solfangeren i solvarmekretsen. Alle deler som benyttes må tåle minst 140°C i trykksatte systemer. Bruk varmeledende pasta ved montering av givene og isolér nøye.
- 8.) Bruk riktige materialkvaliteter og komponenter. Høye stagnasjonstemperaturer oppstår i systemet på varme sommerdager og maksimumstemperatur i tanken. Ikke bruk PEX-rør sammen med høyeffektive solfangere (som gir mer enn 300 kWh/m² per år ved 50 °C middeltemperatur) da PEX-rør ikke tåler så høy temperatur. På godt isolerte solfangerkonstruksjoner må man forvente ca 140°C på solfangerens rørkoplinger i trykksatte anlegg.
- 9.) Unngå skygge på solfangeren. Sørg for at skygge unngås fra trær, takoverheng, piper, antenner, strøm- og telefonledninger, flaggstenger og lignende. (Fuglemøkk fra fugler som sitter på strøm- eller telefonledninger kan skitne til solfangeren.)
- 10.) Monter inn kontrollinstrument. Sørg for å montere et måle- og/eller kontrollinstrument i solvarmeanlegget. For eksempel måling av driftstid for sirkulasjonspumpen, strømningsmåler og/eller termometre på tur- og returledningen. Da har du mulighet til å overvåke anleggets funksjon. Den enkleste måten å kontrollere funksjonen til solvarmekretsen på, er å kople fra tilleggsvarmen noen solrike sommerdager. Da skal solvarmeanlegget gi rikelig med varmtvann uten hjelp av tilleggsvarmen.
- 11.) Krev å få instruksjonsbok for drift og vedlikehold samt garanti. Sørg for å få monterings-, drifts- og vedlikeholdsinstruksjoner fra leverandøren. All instruksjon for sluttkunden skal være på norsk. Ved kjøp og installasjon av solvarmeanlegg vil Kjøpslovens betingelser gjelde som minimumskrav.

Kildehenvisninger:

Svenska Solgruppen:

"Solvärme i vårt hus."

Svenska Boverket:

"Sju goda råd för din solvärmeanläggning."

IEA-Altener:

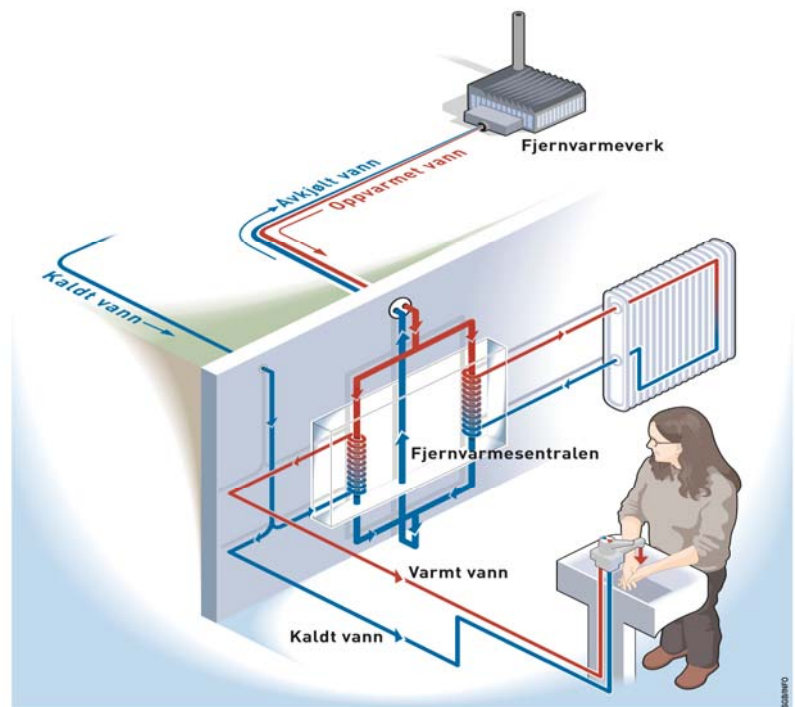
"Conditions and problems to be aware of when integrating solar combisystems in buildings."

8. Fjernvarme og nærvarmeanlegg

8.1. Generelt

Et fjernvarmeanlegg fungerer som et sentralvarmeanlegg og kan forsyne en bydel eller en rekke bygg med energi til så vel oppvarming som varmt tappevann. Anlegget kan benytte forskjellige energibærere, som spillvarme, avfallsforbrenning, varmepumper, bioenergi og gass.

FJERNVARMEANLEGG FOR PRODUKSJON AV VARME



Fjernvarmenett for distribusjon av varmt vann.

Undersentral med veksler inn til vannbårent system i hus.

Byggene som er knyttet til fjernvarmeanlegget med varmevekslere (kundesentraler) har vannbåren varme med gulvvarme, radiatorer eller ventilasjonsanlegg. Kundene styrer selv varmen, SD anlegg og termostater. Energiforbruket registreres og avregnes med energimålere slik vi kjenner det fra bruk av elektrisitet.

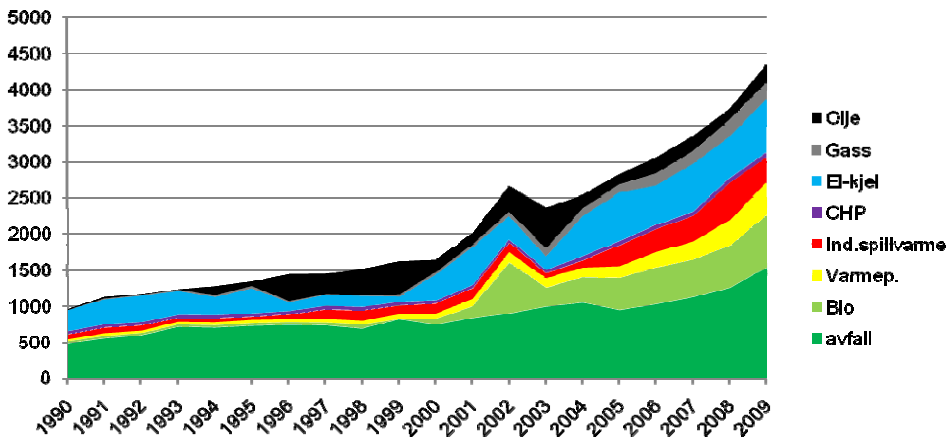
Fjernvarme sikrer optimal energi og prisfleksibilitet ved å kunne utnytte flere energiresurser. Dette er ressurser som vanligvis er sett på som avfall /spillvarme og som oftest ikke kan utnyttes på andre måter. I dag bruker de største fjernvarmeanlegg i Norge 70-80% spillvarme fra industri, husholdningsavfall (som tidligere gikk til deponi), avfall fra trevirke, skogsavfall, bioolje, biogass. Fjernvarme er i dag installert i de fleste større norske byer, som bl.a. Oslo, Bergen, Trondheim, Stavanger, Kristiansand, Ålesund, Hamar, Hønefoss, Lillestrøm, Bærum, Drammen, Fredrikstad og Tromsø. Oslo har hatt fjernvarme siden ca. 1930 (sentrum/Vika/Rådhuset).

Myndighetene satser på en betydelig utbygging av fjernvarmenett i ytterligere 15-20 norske byer.

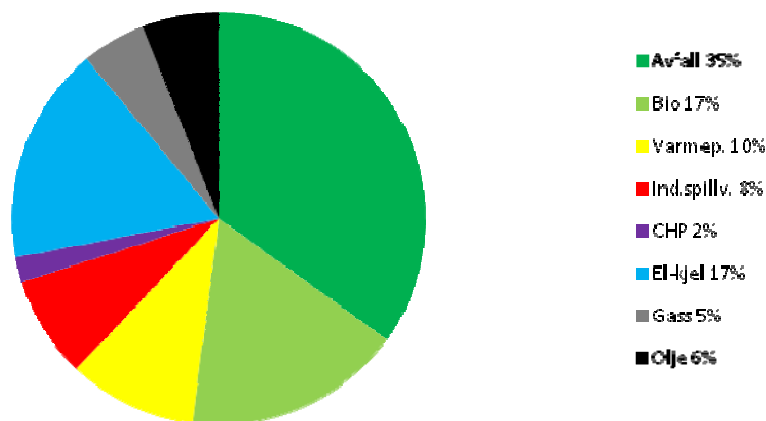
Det er etablert over 100 fjernvarmeselskap i Norge, men de fleste er små og befinner seg i oppstartfasen. Anlegg er etablert i de fleste store byer som Oslo, Bergen, Trondheim, Stavanger, Kristiansand, Ålesund, Bærum, Lillestrøm, Hamar, Hønefoss, Drammen, Fredrikstad, Tromsø, Skien, m.fl.

Anleggene benytter alle typer energibærere. Som grunnlast (ca 30-40% effekt og 85% energi) brukes spillvarme fra avfall og industri, varmepumper og biobrensel. Som spisslast (ca 60% effekt, ca 15% energi) brukes elektrokjel, gass eller fyringsolje. Noen få fjernvarmeanlegg produserer også elektrisitet (CHP eller kreaftvarme), se figur under.

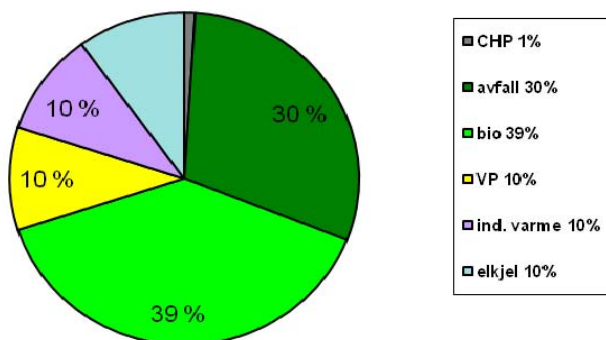
I 2009 ble det produsert ca. 4,3 TWh fjernvarme i Norge, nesten 8% av varmemarkedet. Totalt utbygget effekt i Norge er pr 1.1.2010, 2300 MW.



Fjernvarmeproduksjon fra 1990-2009 fordelt på ulike energikilder



Fjernvarmeproduksjon i 2009 fordelt på ulike energikilder



Prognose for energibærere i 2020, ca 10 TWh

8.2. Fjernvarmekonsesjon og tilknytningsplikt

Fjernvarmeanlegg over 10 MW er konsesjonspliktige, men mange mindre anlegg søker også om konsesjon. Når kunden innenfor et konsesjonsområde er pliktig til å tilknytte seg fjernvarmenettet er fjernvarmeselskapet samtidig lovpålagt at energiprisen (kr /kWh) skal ligge under aktuell pris for elektrisitet. Dette sikrer en stabil økonomi for kunden.

Bakgrunnen for NVE gir fjernvarmeselskap konsesjon er at selskapene har store kapital krevende investeringer med både med varmesentraler og rørnett i bakken. Begge installasjoner må bygges ut i fra en forutsatt varmeplan med effekt og energileveranse for et gitt område. Et slikt prosjekt krever forutsigbarhet og derfor brukes både konsesjon og tilknytningsplikt som verktøy. Uten dette hadde ingen selskap tatt sjansen på å investere i å bygge et fjernvarmeanlegg.

Det er verdt å merke seg at tilknytningsplikt gjelder kun for nybygg eller rehabiliterte bygg i et konsesjonsområde og gjelder ikke for eksisterende bygg.

Tilknytningsplikt kan ofte oppleves negativt fra en investor og utbygger som er i ferd med å føre opp et nytt bygg, enten fordi:

- Utbygger får økte investeringskostnader på vannbåren varme versus elektriske panelovner. Investorer og større utbyggere har kortsiktige planer om utleie, og har dermed ingen insentiver til å planlegge for lave drift og vedlikeholdsutgifter.
- Utbygger vil bygge et lavenergibygget med varmepumpe. Bygget har ofte et stort kjølebehov og skal ha varmepumpe/isvannsmaskin til kjøling. Bygget kan derfor produsere 70-85% egen varme og vil kun ha behov for spisslast og reserve. Her er det opp til hvert enkelt fjernvarmeselskap å bestemme om de ønsker kun å levere reserve/spisslast (effektreserve) og hvordan dette skal faktureres kunden

Fjernvarmeforsyning er positiv for kundene med tanke på at strøm /netteier har en monopol situasjon. Fjernvarmenettet blir derfor et bra tilskudd og et godt alternativ til strøm. Selv med tilknytningsplikt er det viktig å påpeke at det ikke er bruksplikt på fjernvarme, og inngåtte avtaler med tilknytningsplikt har oppsigelsestid. Fjernvarmekunder har derfor mulighet til å velge bort fjernvarmeleveransen også i starten, eller senere å si opp avtalen og etablere annen løsning. Det sikrer konkurransen i varmemarkedet.

Det er verdt å merke seg at 75% av alle fjernvarmekunder (i Norge) er tilknyttet uten tilknytningsplikt. Dette er kunder med eksisterende byggmasse som sammenlignet kostnadene (areal, kapital, drift og vedlikehold) med å fortsette med eget kjelanlegg opp mot fjernvarmeprisen fra fjernvarmeselskapet. De fleste har blitt kunder og olje/elkjeler har stått som reserve eller fjernet.

Fjernvarme er smart og enkelt for kunden som gir både reduserte plassbehov og lave eller ingen kostnader til drift og vedlikehold, samtidig som driftssikkerheten er høy. Fjernvarmeleverandøren har som regel ansvar for montasje, drift og vedlikehold av kundesentralen. Kundesentralen består som regel av to vekslere til varme og tappevann, i tillegg til filter og energimåler. Det krever ikke tilsyn fra kunden, foruten sitt eget VVS anlegg, ekspansjonskar, pumper, vannbehandling med mer.

Fjernvarme gir ubegrenset med varmtvann fordi systemet leverer varmtvann med varmeveksler og ikke med en varmtvannsbereder, som vil gå tom hvis man bruker for mye varmtvann over lang tid og det vil da ta noe tid før vannet blir varmt igjen.

Energiforbruket registreres og avregnes til kundene med energimåler, slik vi kjenner det fra bruk av elektrisitet. Noen selskaper har bygd opp samme system som nettselskaper på strømsiden, med energipris, nettleie effektledd, anleggsbidrag med mer. Tariffsystemet varierer mellom hver fjernvarmeleverandør. NVE utarbeider nye retningslinjer for å forenkle regelverket for prising av fjernvarme for konsesjonspliktige bedrifter.

8.3. Varmesentraler

Fjernvarmeanlegg har en eller flere varmesentraler som alle benytter forskjellige typer energibærere. Den rimeligste energibæreren mht både markedspris og miljøvennlighet benyttes til enhver tid for å oppnå en konkurransedyktig pris til sluttbruker.



Som grunnlast (ca 40% effekt og 85% energi) brukes ofte:

- spillvarme fra industri
- Husholdningsavfall og returtrevirke
- Varmepumper (sjøvann/kloakk),
- Biobrensel (flis, gass, ole), sol.

Som spisslast (60% effekt, 15% energi) brukes ofte

- elektrokjel,
- gass og olje

Avfallsvarme er i dag kun brukt i store fjernvarmeanlegg i de største byene i Norge fordi det stilles høye krav til avansert forbrenning og renseteknologi, som igjen medfører høye investeringer, og fordrer en stor kundemasse. Energiutnyttelsen av avfallsvarme vil vanligvis være også være høyere i store enn i små anlegg, fordi forbrenning i større skala gir bedre virkningsgrader, samt at styring og regulering av slike anlegg gjøres av kompetente fagfolk og avansert teknisk utstyr.

Olje, elkjeler, gass (naturgas, LPG mfl) brukes vanligvis som spisslast og backup, men i noen tilfeller brukes dette også som grunnlast hvis markedsprisene er lavere enn normal grunnlast, ved overskudd fra kraftproduksjon. Det skjer i dag en gradvis konvertering til fornybar spisslast med pellets og bioolje pga krav fra myndigheter om at olje ikke skal brukes til oppvarming av bygg..

Fjernvarmeselskaper har samme krav til leveringssikkerhet som nettselskaper har for elektrisitet. De vil nytte fordel av stordriftsfordeler, bruk av driftspersonell med høy spisskompetanse og høyt avansert teknisk anlegg som for eksempel flere varmesentraler, geografisk spredt plassert med forskjellig energikilder, ringledningsnett, og toveis kommunikasjon med kundesentraler.

8.4. Distribusjonsnett

Et fjernvarmeanlegg bygges ofte ut tilfeldig i startfasen men kan også bygges ut ifra ulike prinsipper, vanligvis med tanke på antall kunder, varmesentraler, plassering av disse, varmeytelse og ønske/krav til leveringssikkerhet. To vanlige prinsipper for å bygge et fjernvarmenett på er vist i figurene under. Hver strek i figurene representerer både tur- og returlledning i primærnettet. Varmesentralene er markert med grønt.



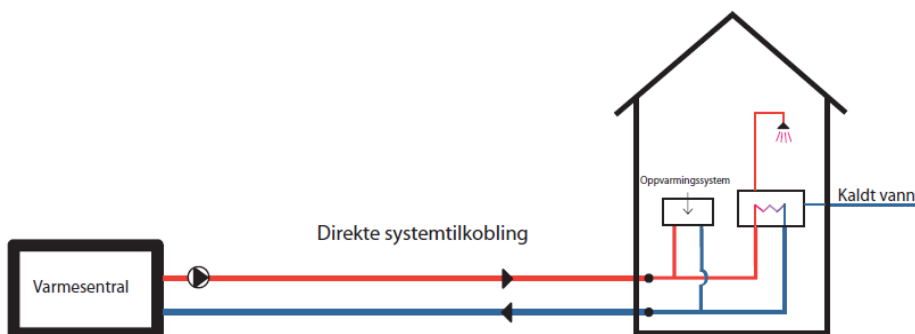
Ved mindre fjernvarmenett eller ved starten av bygging av større fjernvarmesystemer brukes gjerne stjerneledningssystemet som vist over. Siden varmetapet blir større når ledningsstrekene

blir lange vil det være mer økonomisk å slutte kretsen i et rørsystem hvis forholdene er til stede som vist over. Ettersom distribusjonssystemet utgjør en relativt stor andel av kostnaden knyttet til bygging av et fjernvarmeanlegg er lønnsomheten avhengig av linjetettheten. Linjetettheten beskriver varmebehovet i kWh per meter rør. Dette betyr at fjernvarmenett med lange rørstrekk uten kundetilknytninger vil ha store kostnader på bygging av rørsystemet samt ha stort varmetap som begge gir lav økonomisk lønnsomhet. Selv om kostnadene er høyere ved utbygging av et ringledningsystem, vil et slikt system gi mulighet for flere "mateveier" for varmforsyningen til i et gitt punkt i nettet. Dette vil skape en bedre leveringssikkerhet i fjernvarmenettet, da forutsatt at man har seksjoneringsventiler på rørsystemet.

Det er vanlig å dele tilkoblingsmulighetene til et fjernvarme/nærvarmesystem inn i to systemløsninger, henholdsvis direkte og indirekte.

8.4.1. Direkte system (=nærvarmesystem)

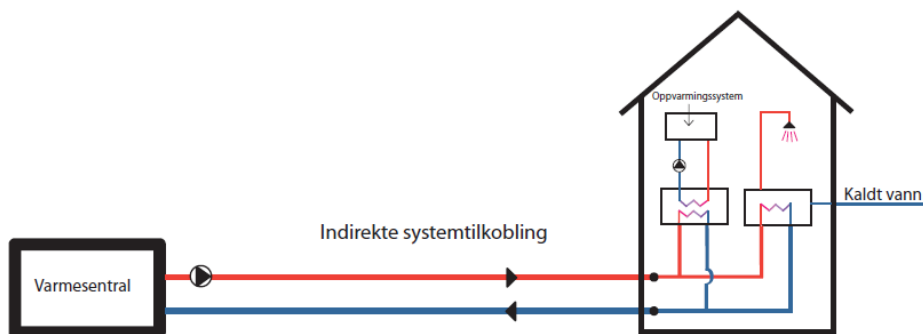
En løsning hvor vannet distribueres inn til kundenes varmelementer (gulvarme og eller radiatorer) direkte uten bruk av varmeveksler. Dette er vanlig brukt i eldre nærvarme-systemer, i borettslag, med blokker og rekkehus. Distribusjonsnettet kalles her ofte nærvarmenett. Oppvarming av tappevann skjer ved bruk av varmeveksler eller direkte med varmtvann og sirkulasjonsledning (dette er et såkalt 4-rørs system). Ved tilkobling til et direkte system vil vanligvis vannet som går inn i varmeelementene hos kunden, blandes med en passende mengde nedkjølt returvann for å oppnå egnet temperatur for elementene. Normalt er temperaturen i det interne oppvarmingssystem hos kunden dimensjonert for 80-60°C på radiatorer på eldre bygg og ned til 60-40°C på nyere bygg



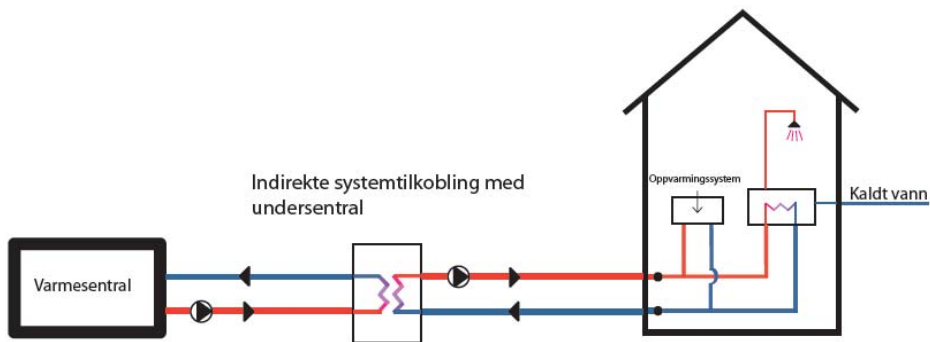
Direkte system/kundetilkobling for nærvarmenett med lokal

8.4.2. Indirekte system

Kjennetegnes ved at primærnettet i fjernvarmesystemet avgir varme til varmedistribusjonssystemene hos kundene via en eller flere varmevekslere. Varmen overføres enten via en undersentral (=gruppesentral) som forsyner flere kunder i sekundærnettet eller via varmeveksler(e) kun koblet til en kunde. Ved tilkobling av mange kunder til én gruppe-sentral kan dette prinsipielt sees på som på ett sekundærnett. Energimåling utføres enten som fellesmåling (for hver blokk eller i en gruppesentral) eller individuell måling i hver leilighet eller rekkehus. Ved fellesmåling avregnes ofte regningen etter eierskapsandel eller per m².



Indirekte systemtilkobling med varmevekslere hos kundene



Indirekte systemtilkobling med undersentral (gruppesentral) og sekundært nett

På indirekte systemkoplinger med under/gruppesentral og sekundærnett er det også bygget flere boligfelt/borettslag (i 1980 årene) løsninger med 4-rørsystem. Fra gruppesentralen går det 4-rør, henholdsvis 2 rør til varmekurs og 2-rør som er varmt vann og varmtvann sirkulasjon da uten veksler eller VVB i hver bolig.

Ved valg av tilkoblingssystem er det flere faktorer som avgjør hvilket system som bør installeres. Med tanke på varmetap vil et direkte system være mer effektivt enn et indirekte system ettersom det eliminerer varmetap i varmevekslere til sekundærsiden. Systemet i sin helhet vil være "enkler" grunnet færre tekniske komponenter slik som varmevekslere, pumper og ventiler. Dette vil redusere initielle kostnader ved utbygging av anlegget.

På den annen side kan valg av et indirekte system føre til færre alvorlig konsekvenser ved feil, brudd eller skader innvendig i bygg/bolig eller på sekundærnett. Ved å avgrense rørnettet inn mot kunden fra varmesentralen og primærnettet med undersentraler og varmevekslere, vil det gi mindre utslag i fjernvarmesystemet ved for eksempel evt. lekkasjer hos kunden. Det er og større fare for at slike hendelser skjer i et direkte system, ettersom trykket i rørnettet er betydelig høyere enn i et indirekte system.

Noe som er helt avgjørende for valg av systemtilkobling er kostnader, både hos leverandør og kunde. Dette vil avgjøres av ansvarsområdet til leverandøren og størrelsen på fjernvarmenettet. Siden forsyningssikkerheten er meget viktig i et fjernvarmesystem, er et indirekte tilkoblingssystem ofte det mest sikre. I dag velger de fleste fjernvarmeleverandører å installere kundesentraler med måler hos hver kunden. På boligblokker monteres det oftest felles kundesentral. Det er av stor interesse for fjernvarmeleverandøren at kunden dimensjonerer sine interne oppvarmingsystem for å få ut mest mulig varme, høy ΔT , slik at totalkostnaden for rørledningssystemet går ned.

8.5. Kundesentraler

8.5.1. Arealbehov

Effektbehovet ved kundesentralen avgjør ofte arealbehovet til kundesentralen/teknisk rom. Det er viktig at arealet avsatt til kundesentral er stort nok da vedlikehold og reparasjoner kan og antageligvis vil være nødvendig. I tabellen under vises et eksempel på foreslåtte arealbehov ved gitt effektbehov for Hafslund Fjernvarme (HF) sine varmesentraler.

Effekt inntil [kW]	HF's arealbehov [m ²]	Anbefalt utforming	Min. takhøyde [m]
250	6	1,5 x 4 m	2,4
500	8	1,8 x 4,4 m	2,4
750	10	2,2 x 4,5 m	2,4
1000	11	2,4 x 4,7 m	2,6
1250	12	2,5 x 4,8 m	2,6
1500	13	2,5 x 5,2 m	2,6

Arealbehov for rom til kundesentral ved ulike effektbehov [8]

8.5.2. Sikring av kundesentral

Ettersom fjernvarmerør distribuerer vann med høy temperatur under høyt trykk kan det være fare for skader på materiell og personer hvis det skulle oppstå en lekkasje på anlegget. Det er derfor anbefalt at uvedkommende ikke har adgang til sentralen.

8.5.3. Vannskader

Det er viktig at rom hvor kundesentralen er plassert sikres mot lekkasjeskader slik at det ikke oppstår vannskader i tilstøtende rom. Følgende tiltak er et krav ved alle rom hvor Hafslund har sine kundesentraler:

- Vegger skal utstyres med sarg som gir beskyttelse mot 100 mm vannstand.
- Terskler skal være hevet slik at ikke vann kan renne ut av rommet.
- Gulvet må være overflatebehandlet slik at det ikke oppstår skader på bygg.
- Det må være et sluk i rommet plassert slik at det er fall mot sluket (minimum kapasitet 1,8l/sek)

8.5.4. Sikkerhet

Det er vanlig at kunden er ansvarlig for at det i varmeanlegget installeres utstyr for å ivareta de volumendringer som oppstår av temperaturendringene i sirkulasjonsvannet, et såkalt ekspansjonsanlegg.

I tillegg er det særdeles viktig at det i anlegget inngår:

- Sikkerhetsventiler på radiatorkurs og tappevannskurs som skal være plassert mellom varmeveksler og stengeventilen på tursiden.
- Krisekobling mellom kaldtvann og varmtvann på tappevannskurs som skal sikre at det går vann i varmtvannskursen selv når varmeveksler er frakoblet.
- Tilbakeslagsventil på kaldtvann, for å sikre mot lekkasjer ut i rørnett til Vann- og Avløpsetaten.

8.5.5. Illustrasjoner



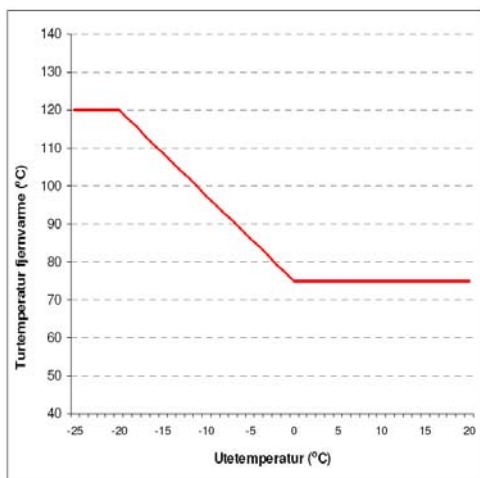
Oversikt over vesentlige deler i en kundesentral

8.5.6. Regulering av energimengde i fjernvarmenett

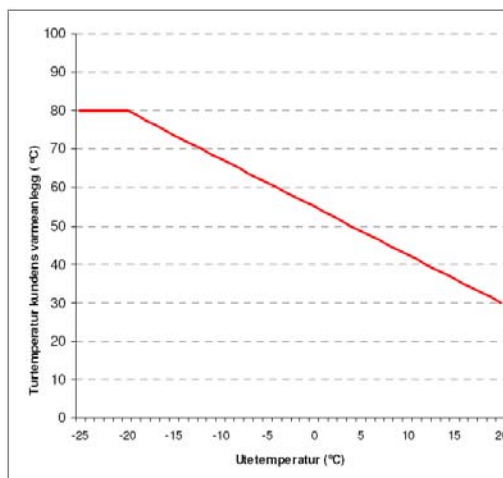
Det er hovedsak to måter å styre energimengden ut fra en varmesentral på. Dette er implisitt forklart i delen ovenfor. Disse to metodene er:

8.5.7. Temperaturregulering

Overført varme i et fjernvarmenett er avhengig av temperaturredifferansen. Ved å senke temperaturen på primærsiden siden vil avgitt varme reduseres. Dette er vanlig å senke temperaturen på sommerstid ettersom varmebehovet da er minimalt. Temperaturen vil vanligvis reguleres i sammenheng med utetemperatur. Eksempler på dette er vist i figur under.



Turtemperatur primærnett [7]



Turtemperatur sekundærnett [7]

8.5.8. Mengderegulering

Ved mengderegulering er det massestrømmen av vann gjennom fjernvarmerør og varmeveksler som reguleres. Massestrømmen reguleres av ventiler og frekvensstyrte pumper i primærnettet.

Det er vanlig å bruke en kombinasjon av mengderegulering og temperaturregulering i nyere fjernvarmenett. Dette gir en fleksibel måte å regulere ønsket varmemengde i fjernvarmenettet.

8.6. Lavenergibygg

Å levere fjernvarme til lavenergibygg vil redusere lønnsomheten for fjernvarmeselskapene. Dette medfører at selskapene og utbyggere/kunder må tenke kreativt for å få lønnsomhet i nye prosjekter. I eksisterende fjernvarmenett vil man kunne fortette utbygging og evt. utnytte returvannet på fjernvarmenettet, også fordi lavenergibygg vil bli bygd med lavtempertur systemer. I nye nett må man bygge rørnett med mindre dimensjoner enn før og nye målgrupper/brukere må etableres. I boliger/blokker vil man kunne flytte noe av forbruket over på varmt tappevann. Her vil tilkoping av oppvask -og vaskemaskiner være nye produkter som allikevel vil kunne gjøre fjernvarme til ett lønnsomt alternativ til elektrisk oppvarming. Kjøleleveranse via fjernvarmenettet med bruk av kjølemaskiner som kan utnytte fjernvarme kan være et produkt som også kan gjøre fjernvarme lønnsom, selv med lavenergi bygg. Fjernvarmeforsyning til lavenergi eneboliger vil ikke være lønnsomt med dagens energipriser.

8.7. Referanser

[1] Statkraft, Faktaark

[2] NOU 1998: 11, Energi- og kraftbalansen mot 2020

[3] Statsmelding nr.29 (1998-99), Om Energipolitikken

[4] Forskningsrapport 6/2007 ISSN: 0803-2610, Regulering av fjernvarme. Utredning for Olje- og energidepartementet

[5] Logstor A/S

[6] Kompendiet for TEP14 Bygningers energiforsyning, Rolf Ulseth.

[7] Tekniske og utføringmessige krav til rom for kundesentral, Hafslund

[8] Tekniske krav til kunden, Hafslund 2008

[9] Energiloven

[10] Plan og bygningsloven

9. Varmesentraler – kombinasjonsløsninger

Ved planlegging, prosjektering og bygging av varmesentraler må flere forhold kartlegges før en setter i gang. Her følger en opplisting av oppgaver, som er nødvendig å ta stilling til og gjøre noe med ved prosjektering av varmesentraler der flere energibærere skal kombineres:

9.1. Byggets effektbehov

Må kartlegges og beregnes. Dette er en viktig oppgave som skal bestemme størrelsen på varmesentralen. Det er 3 viktige faktorer for å bestemme høyest nødvendige effekt: type bygg, størrelsen på bygget i m² og dimensjonerende utetemperatur (DUT) på det stedet der bygget skal settes opp. Varmesentralen skal kunne gi tilstrekkelig varme (riktig temperatur) på de kaldeste dagene i året, som er DUT. Dette punktet er for øvrig behandlet i modul 2 og 3. Man må ta hensyn til følgende punkter for å få beregnet riktig effekt for varmesentralen:

- Bygningskroppens konstruksjon og isolering.
- Type bygg etter brukstype.
- Størrelsen på bygget i m².
- Behov for tappevann.
- DUT på stedet der bygget skal settes opp.

9.2. Bygningens geografiske beliggenhet må vurderes.

- For vurdering av biokjel er det viktig å få vurdert geografisk avstand til leverandører av hhv. pellets, ved og/eller flis.
- For vurdering av en væske/vann varmpumpe er det viktig å få vurdert om det er sjø (hav eller innsjø) i umiddelbar nærhet av bygget. Alternativet er boring etter grunnvann.
- For vurdering av solfangere må byggets beliggenhet i landskapet, skyggeforhold og tilgjengelig areal på sørvendt tak eller fasade for bruk av solfangere taes hensyn til.
- Er det fjernvarme i området, må det vurderes å kople seg på fjernvarmenettet. Det må videre sjekkes om Kommunen har planer for fjernvarme i rimelig nær fremtid.

9.2.1. Ved bioanlegg må det vurderes mulige løsningsforslag på følgende viktige temaer:

- Det må være tilstrekkelig areal for lagring av pellets og flis i silo eller i en tørr kjeller.
- For ved må det være et tilstrekkelig areal for tørr lagring og en enkel mulighet til å transportere ved inn til kjelen.
- Store kunder bør ha silo, som kan lagre minst 30 tonn pellets, da leveringer under 27 tonn vanligvis blir belastet med et delleveringstillegg. Derfor bør siloens størrelse for større anlegg være på minst 50-60 m³. Det er ofte lurt å konferere med aktuelle pelletsleverandører før silostørrelse fastsettes.
- Det må være tilstrekkelig stort areal for at et vogntog med henger kan få levert hhv. flis, pellets eller ved.
- Det må være plass for askehåndtering. Dette innebærer røropplegg for automatisk askehåndtering til en tank for aske på ca. 300 liter. Aske defineres som spesialavfall og må behandles i henhold til gjeldende lover og forskrifter.

9.2.2. Akkumulatortank

Det må planlegges å installere en akkumulatortank i.f.m. varmesentralen. Dette er et "must", dersom flere energikilder skal benyttes i varmesentralen. Det er også nødvendig med

akkumulatortank ved ikke-modulerende kjeler (start-stopp-kjeler). I praksis er det gass-, el- og større biokjeler, som er modulerende, d.v.s. kjelens effekt tilpasses kontinuerlig til det til enhver tid momentane effektbehov. Oljekjeler er sjelden modulerende, som regel p.g.a. økonomi, de mestrer imidlertid "start-stopp"-funksjonen uten større ulemper. Oppstartperioden for kjeler basert på biobrensel tar betydelig lenger tid enn for kjeler fyrt med fyringsolje og gass. Hyppige "start-stopp" resulterer i dårligere driftsøkonomi (større energiforbruk) og høyere utslipp av sot og forurensende avgasser (eksempelvis CO og Nox). Derfor bør disse kjelene produsere varmt vann på akkumulatortanken for å oppnå lengre driftsintervaller. Spesielt for biokjeler er det viktig med lengst mulige driftsintervaller. Noen større pellets- og fliskjeler er ved vinterdrift modulerende i intervallet 30-100 %, mens de ved sommerdrift fungerer som "start-stopp"-kjeler. For at en akkumulatortank skal fungere best mulig etter hensikten er det absolutt nødvendig å oppnå en god varmesjiktning i tanken. Sjiktingen påvirkes av dimensjonering og plassering av tank, rørføring og pumper. For å styre effektnivået måles temperaturen i en akkumulatortank med følere på forskjellige steder i tanken. Varmt vann har mindre egenvekt enn kaldt vann, og derfor blir det varmeste vannet liggende i toppen av akkumulatortanken. Dette medfører at etter hvert som varmtvann brukes fra akkumulatortanken og kaldt vann returnerer, gir temperaturfølerne i tanken beskjed om å øke effekten på kjelen. Dette sikrer at det disponible energiinnholdet i tanken kan dekke det momentane energibehovet til enhver tid. Det er ønskelig med størst mulig "delta-t" (forskjell på tur- og returtemperatur). Da vil man kunne oppnå maksimal utnyttelse av den lagrede energien i akkumulatortanken. Dette er en vanlig løsning ved en kombinasjon av varmpumpe og solfangere. Ved kombinasjon varmpumpe og el. bereder fungerer el. berederen også som akkumulatortank. Størrelsen på en akkumulatortank kan beregnes ut fra følgende "tommelfingerregel":

- For en enebolig med en vedfyrt kjel bør akkumulatortanken være ca. 10 liter pr. m² boflate, som skal varmes opp. En boflate på 150 m² gir følgelig en akkumulatortank på ca. 1 500 liter ved bruk av en vedfyrt kjel.
- 25 liter pr. kW effekt på kjelen/varmepumpen. Dette gjelder for de litt større varmesentralene. En kjel på 1 000 kW trenger således en akkumulatortank på ca. 25 000 liter.
- Det eksisterer 3 typer akkumulatortanker:
 - En ren akkumulatortank, som bare har som oppgave å lagre energi for å kunne dekke et varierende energibehov.
 - Akkumulatortank med spiral(er) vil i tillegg til å lagre energi også tjene som varmeveksler. Den kan da separere de forskjellige kretsene fra hverandre (biokjel, varmpumpe, solfangere og elkolbe) samtidig som den gir best mulige driftsforhold for de forskjellige varmekildene.
 - En varmtvannsbereder vil også kunne fungere som en akkumulatortank.
- Størrelsen på fyrrømmet er viktig, spesielt dersom en eksisterende varmesentral, for eksempel en oljekjel, skal erstattes med "noe annet".
- Ved valg av fornybare energikilder som hovedlast er det fullt mulig å kombinere flere fornybare energikilder. Forutsatt at den nye TEK bestemmer min. 60 % fornybar energi i nye varmesentraler (som virker sannsynlig), anbefales følgende kombinasjoner:
 - Ved. For et vedfyrt anlegg er anbefalingen at det installeres en kjel med minimum og helst mer enn 100 % av det beregnede effektbehovet. For spiss/reserveeffekt anbefales også at det installeres 100 % effekt, enten det er oljekjel, gasskjel eller elkjel. Dette gir en fornuftig sikkerhet for varmesentralen ved lengre fraværsperioder. Man brenner en ladning med ved med full effekt der den overskytende varmtvannsproduksjon går til oppvarming av akkumulatortanken.
 - Flis/pellets. 60-70 % effekt på pellets/flis-kjel anbefales. For spisslast anbefales 30-40 % effekt for oljekjel, gasskjel eller elkjel.
 - Varmepumpe (væske/vann og luft/vann). 60-70 % effekt på varmpumpe anbefales. For spisslast anbefales 30-40 % effekt for oljekjel, gasskjel eller elkjel.
 - Bio-Bio. 2 biokjeler. Den ene med 60-70 % effekt og den andre med ca. 40 % effekt. Et slikt alternativ gir en større sikkerhet og gjør behovet for ytterligere spisslast overflødig.

- Ved alle disse alternativene kan man også selvfølgelig benytte solfangere som et energitilskudd. Man må bare passe på å ha en passende stor akkumulatortank.
- Ved et beregnet effektbehov på 1 000 kW ved DUT bør en pelletskjel være på 6-700 kW. I tillegg kan man installere en gasskjel på 600 kW som spisslast og reserve.
- Ved bruk av flere energikilder, både fornybare og fossile, er det ytterst viktig med en tilstrekkelig stor akkumulatortank. Dette krever også en tilfredsstillende regulering av varmeproduksjonen og styring av væskestrømmen.
- Det er verdt å merke seg og ta hensyn til at en kjel med 60 % av beregnet effektbehov, normalt vil gi ca. 90 % av det nødvendige energibehovet til oppvarming og tappevann på årsbasis.
- For lavenergihus med forenklete varmeanlegg er det ytterst viktig å beregne/planlegge/prosjekttere et oppvarmingssystem med gunstig økonomi. For å dekke effektbehovet ved DUT, kan det være tilstrekkelig med en eller flere punktoppvarmingskilder. Enten en pelletskamin eller en luft/luft varmepumpe, eventuelt en pelletskamin med vannkappe. Ved beregning av effektbehov ved DUT er det muligens tilstrekkelig med en eller flere punktoppvarmingskilder, som nevnt (pellets-kamin eller varmepumpe luft/luft, eventuelt pelletskamin med vannkappe). Ved rehabiliteringsprosjekter er det viktig å redusere varmebehovet og dermed effektbehovet, ved å forbedre isoleringen.
- For at slike kombinerte anlegg skal fungere tilfredsstillende og at alle komponenter i anlegget skal kunne fungere optimalt/maksimalt, kreves det en reguleringsautomatikk, som kan håndtere alle de forskjellige driftsforholdene. De fleste større produsenter av kjeler, varmepumper, solfangere og akkumulatortanker har sin egen reguleringsautomatikk integrert i komponentene og vil fungere som en del av varmesentralen. Dette er normalt løsninger, som følger gjeldende standarder.
- Når en oljekjel skal erstattes med en varmesentral basert på fornybar energi. I Norge befinner det seg ca. 110 000 oljekjeler, som er i virksomhet, hvorav flesteparten er installert før 1973, altså over 35 år gamle. Disse oljekjelene er ofte dårlig vedlikeholdt og de har gjennomgående dårlige/lave virkningsgrader, i størrelsesområdet 80-90 %, avhengig av hvor godt vedlikehold, som har vært gjennomført på kjelene. Følgende oppgaver må utføres i.f.m. vurdering av endringer av varmesentraler basert på oljekjel(er):
 - Arbeidet starter alltid med en gjennomgang av eksisterende fyrrom for en vurdering av eventuelle fysiske begrensninger.
 - Videre må oljetank og skorstein vurderes. Ofte er ståltanker, som er eldre enn 40 år modne for utskiftning. Og skorsteiner med samme alder trenger som oftest rehabilitering.
 - Den enkleste og billigste løsningen kan være å gå over til Bio-fyringsolje, som innebærer å bytte oljebrenneren med en egen brenner for Bio-fyringsolje, samt å vurdere om eksisterende oljetank er ok for Bio-fyringsolje. På denne måten oppnår man en delvis overgang til fornybar energi.
 - Er fyrrommet stort nok, kan man beholde oljekjelen som den er og installere en ny pelletskjel. Den nye pelletskjelen kan også installeres i et nytt tilstøtende bygg. Pelletskjelen blir hovedlast, mens oljekjelen går over til å bli spisslast og reserve. Dette er mest aktuelt for større varmesentraler.
 - Det kan også være aktuelt å bytte ut oljebrenneren på oljekjelen med en pelletsbrenner, som hydraulisk sett fungerer likt som en oljebrenner. Dette krever imidlertid at oljekjelen kan fyres med fast brensel, som ikke alltid er tilfelle. Dette krever også en ny pelletssilo med matesystem fra silo til pelletsbrenner.
 - Den mest omfattende endringen er å demontere og fjerne hele oljeanlegget med kjel og tank for deretter å installere en helt ny varmesentral basert på fornybare energiresurser, eksempelvis basert på følgende løsningsforslag:
 - Varmepumpe og solfangere som hovedlast og elektrisitet og/eller fossile brenslere (fyringsolje og gass) som spisslast/reserve.
 - Pellets og solfangere som hovedlast og elektrisitet og/eller fossile brenslere (fyringsolje og gass) som spisslast/reserve.
 - Elektrisitet (elkjel).

- Pelletskamin med "varmtvannsløsning" (vannkappe) kombinert med solfangere og elektrisitet. Dette er mest aktuelt for private boliger.
- Eksempler på varmesentraler basert på kombinasjonsløsninger. I det etterfølgende presenteres 30 skisser med eksempler på praktiske eksempler på varmesentraler der fornybare energiressurser (varmepumper, biokjeler og solfangere) er hovedlast og elektrisitet og fossile brensler (fyringsolje og gass) er spisslast og reserve.

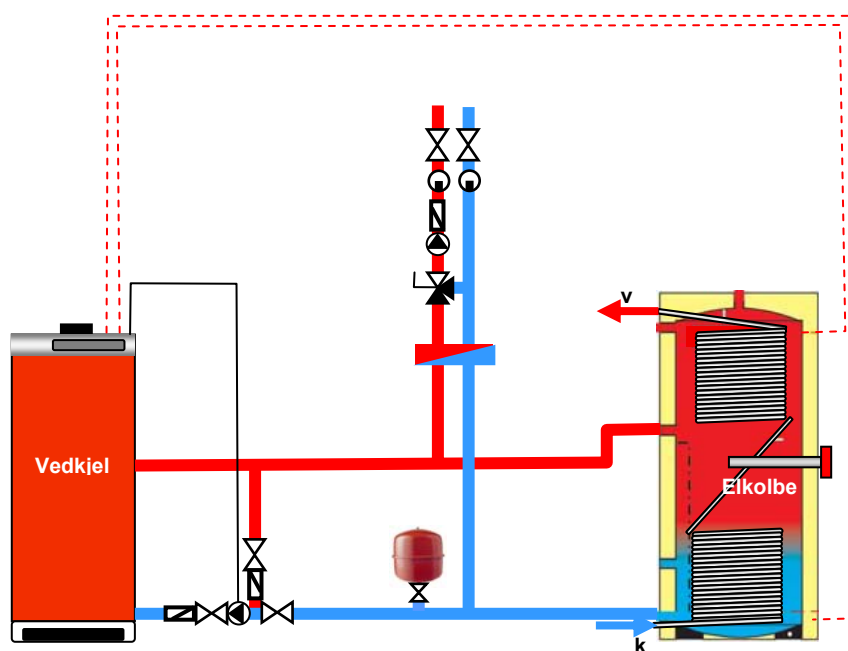
Innholdsfortegnelse over forslag til systemskisser for varmesentraler

Nr.	Overskrift	Kommentar
1	Vedkjel med 1 varmekurs og akkumulatortank	Grunnlast : Vedkjel 100- 150 % av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank
2	Varmepumpe og bereder /akkumulatortank med el-kolbe(r) 2 varmekretser	Grunnlast : varmepumpe 60% av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank
3	Varmepumpe -2 varmekretser (egen varmtvannsbereder)	Grunnlast : varmepumpe 100% av beregnet effektbehov
4	Varmepumpe og elkasett - 2 varmekretser (egen varmtvannsbereder)	Grunnlast : varmepumpe 40-80% av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast: elkasett
5	Vedkjel og elkasett med 1 varmekurs og akkumulatortank	Grunnlast : Vedkjel 100- 150 % av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast: El-kasett 100 % av beregnet effektbehov
6	Pellets- eller fliskjel + solfanger med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank	Grunnlast : Vedkjel 100- 150 % av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank Tilleggsenergi: solpanel(er)
7	Vedkjel + varmepumpe med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank	Grunnlast : Vedkjel 60 % +varmepumpe 60% av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank Tilleggsenergi: solpanel(er)
8	Varmepumpe tilkoblet eksisterende varmeanlegg med olje/gass- eller elkjel	Grunnlast : varmepumpe 60-70% av beregnet effektbehov Spisslast & reserve : olje-, gass- eller el-kjel 100% av beregnet effektbehov El-kolbe i bereder/ akkumulatortank spisser temp, ved behov.
9	Pellets- eller fliskjel med 2 varmekurser og bereder/akkumulatortank	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve :El-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank
10	Pellets- eller fliskjel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve: El-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank
11	Pellets- eller fliskjel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve: El-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank

12	Pellets- eller fliskjel + olje-, gass eller elkjel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank	Grunnlast: pellets- eller fliskjel 60 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve: Olje- gass eller elkjel 100% Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder
13	Pellets- eller fliskjel + solpanel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Tilleggsenergi: solpanel(er)
14	Pellets- eller fliskjel med akkumulatortank i fyrrom – en abonnent med 2 varmekurser og bereder	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Reserve & spise vv: EI-kolbe(r) i bereder
15	Bio-oljekjel med 2 varmekurser og bereder/akkumulatortank	Grunnlast & spisslast : Bio-olje- eller el-kjel 100 % av beregnet effektbehov(Reserve vv: EI-kolbe(r) i bereder) (Kjel må være beregnet for flytende driftstemperatur)
16	Pellets- eller fliskjel med akkumulatortank og bereder i fyrrom + 1 varmekurs– 1 abonnent med 2 varmekurser og bereder	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Reserve & spise vv: EI-kolbe(r) i bereder (to eller flere separate objekter)
17	Større pellets- eller fliskjel og solpanel med stor akkumulatortank og bereder + 2 varmekurser	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Spise vv: EI-kolbe(r) i bereder Tilleggsenergi: solpanel(er)
18	Pellets- eller fliskjel og solpanel med kombinert akkumulatortank og bereder + 2 varmekurser	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Tilleggsenergi: solpanel(er)
19	Pellets- eller fliskjel og solpanel med kombinert akkumulatortank og bereder + 4 gulvvarmekurser – egen krets på solvarmepanelene	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Tilleggsenergi: solpanel(er)
20	Pellets- eller fliskjel og solpanel med kombinert akkumulatortank og bereder + 4 gulvvarmekurser – egen krets på solvarmepanelene	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Spise vv & reservelast: EI-kolbe(r) i bereder Tilleggsenergi: solpanel(er)
21	Pellets- eller fliskjel og solpanel med akkumulatortank og bereder + 2 varmekurser	Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov Spise vv: EI-kolbe(r) i bereder Tilleggsenergi: solpanel(er)
22	Pellets- eller fliskjel + olje- gass- eller elkjel med akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder	Grunnlast: pellets- eller fliskjel 60 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve: Olje- gass eller elkjel 100% Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder
23	Pellets- eller fliskjel + olje- gass- eller elkjel + solpaneler med akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder	Grunnlast: pellets- eller fliskjel 60 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve: Olje- gass eller elkjel 100% Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder Tilleggsenergi: solpanel(er)
24	Varmepumpe + pellets- eller fliskjel + olje- gass- eller elkjel + solpaneler med akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder	Grunnlast: varmpumpe 40% pellets- eller fliskjel 40 % av beregnet effektbehov Spisslast & reserve: Olje- gass eller elkjel 100% Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder
25	Varmepumpe + pellets- eller fliskjel + med akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder	Grunnlast: varmpumpe 40% pellets- eller fliskjel 40 % av beregnet effektbehov Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder
26	Pellets- eller fliskjel med	Grunn- spiss- & reservelast : pellets- eller fliskjel

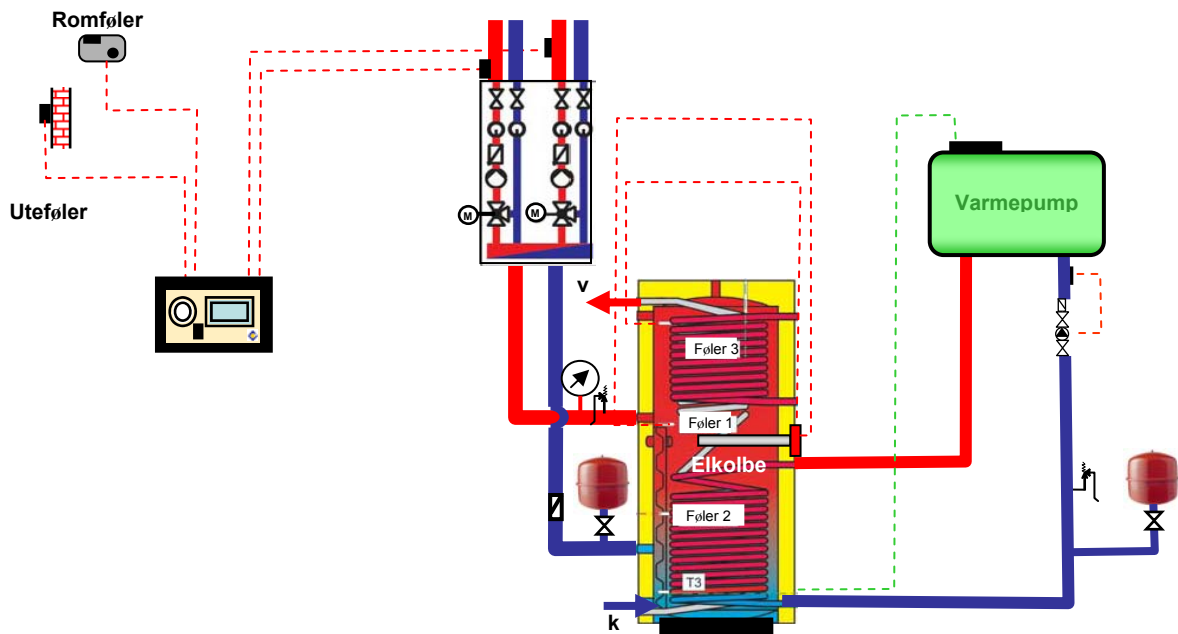
	akkumulatortank – med 3 fjernabonnenter med hver sin vv-bereder med el-kolbe	100 % av beregnet effektbehov, bereder hos hver abonnent med el-kolbe for sommerdrift + spisslast.
27	Pellets- eller fliskjel med akkumulatortank – med 2 fjernabonnenter med hver sin vv-bereder med el-kolbe og en stor abonnent med egen akkumulatortank	Grunn- spiss- & reservelast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov, bereder med el-kolbe for sommerdrift + spisslast hos to abonnenter og en ekstra akkumulatortank hos en stor abonnent.
28	Pellets- eller fliskjel med akkumulatortank – med to fjernabonnenter med hver sin vv-bereder med el-kolbe og en stor abonnent med egen akkumulatortank	Grunn- spiss- & reservelast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov, bereder med el-kolbe for sommerdrift + spisslast hos to abonnenter og en ekstra akkumulatortank hos en stor abonnent.
29	Et større anlegg med en oljekjel + en elkjel + to biokjeler + varmpumpe og stor akkumulatortank	Grunnlast: varmpumpe 50 til 70% + evt en eller to biokjeler hver på ca 40% av beregnet effektbehov (totalt ca 20 eller 150%) Reserve : Olje- og eller gasskjel 60% til 100% og eller elkjel 40 til 100 %
30	Konvertering fra en fyrsentral i hvert bygg, til en sentralt plassert biofyrt varmesentral med nær(fjern)-varmeanlegg	Grunnlast: Biokjeler hver på ca 60-70 % av beregnet effektbehov Reserve og spisslast: eksisterende olje-, gass- eller el-kjeler 60% til 100%

Vedkjel med 1 varmekurs og akkumulatortank - skisse nr 1



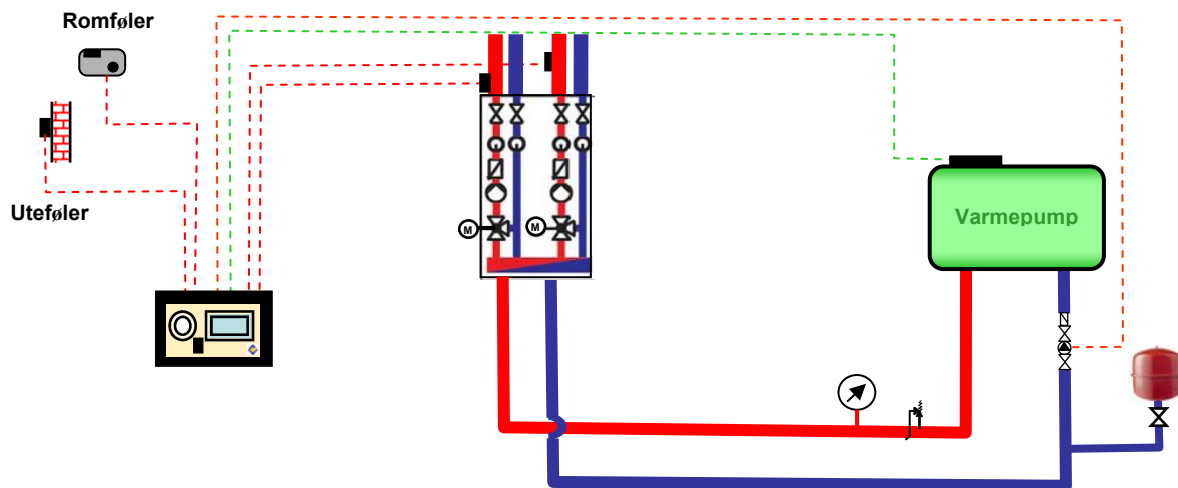
Grunnlast : Vedkjel 100- 150 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank

Varmepumpe og bereder/akkumulatortank med el-kolbe(r) 2 varmekretser – skisse nr 2



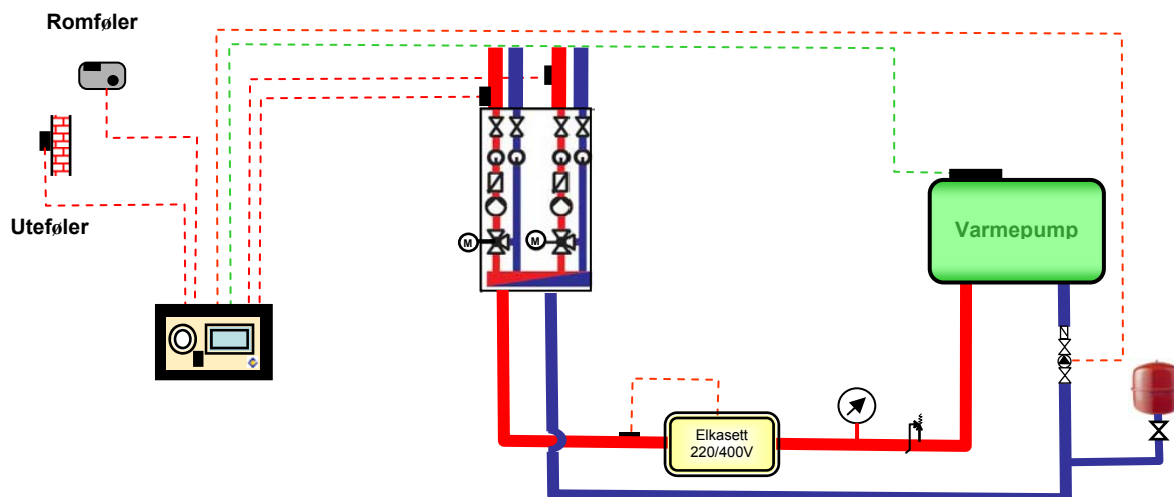
Grunnlast : varmepumpe 60% av beregnet effektbehov
 Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank

Varmepumpe med 2 varmekretser (egen varmtvannsbereder) - skisse nr 3



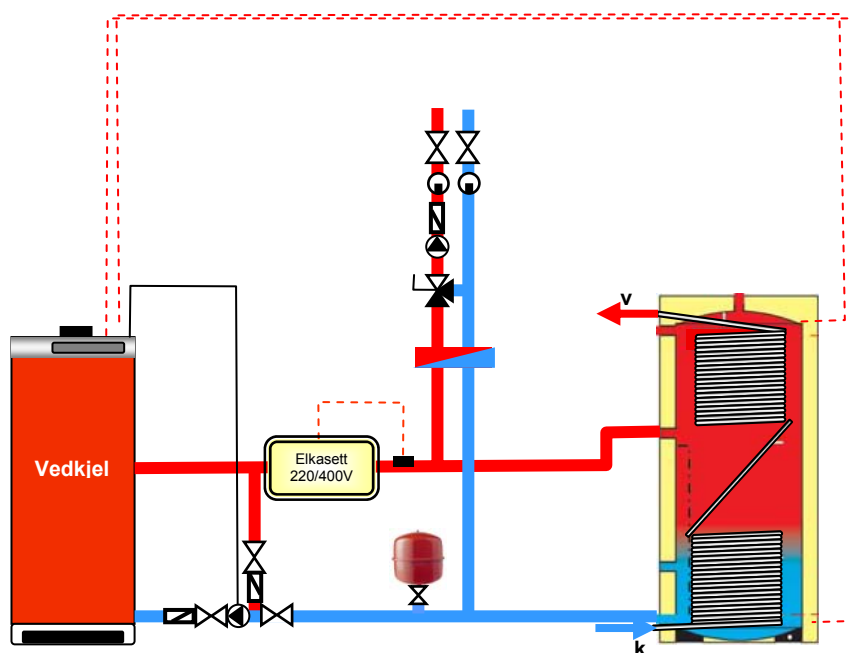
Grunnlast : varmepumpe 100% av beregnet effektbehov

Varmepumpe og elkasett -2 varmekretser (egen varmtvannsbereder) - skisse nr 4



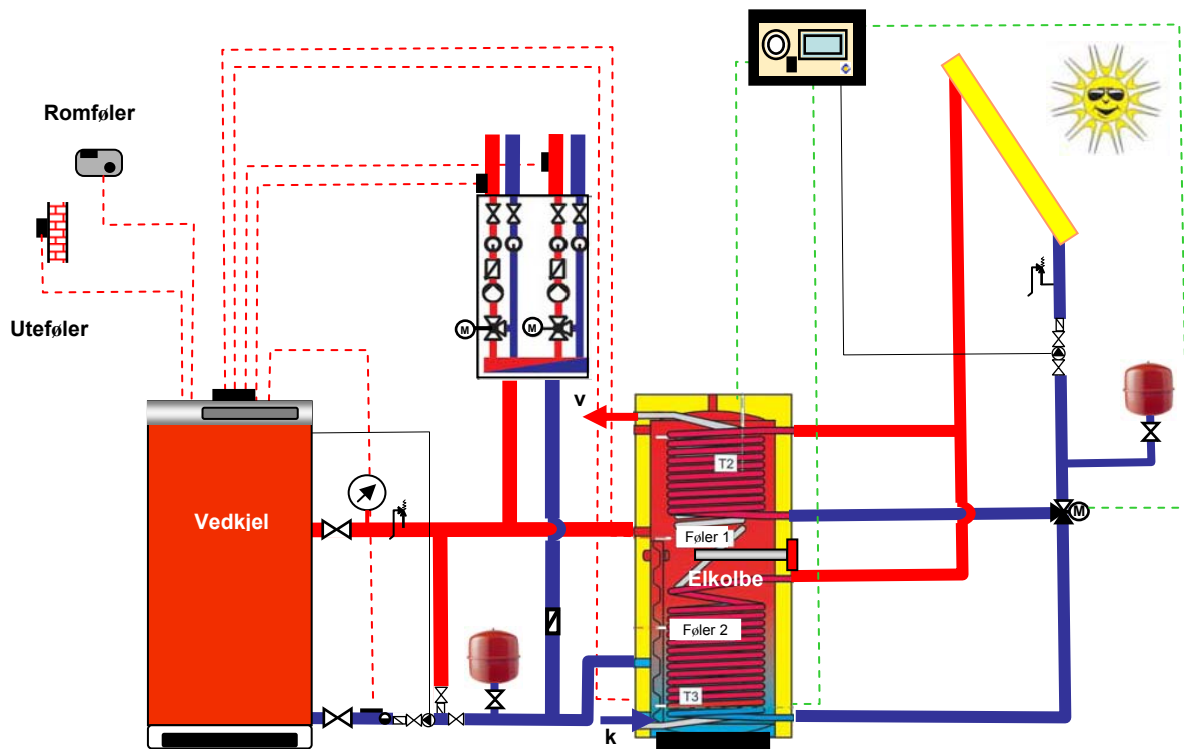
Grunnlast : varmpumpe 40-80% av beregnet effektbehov Spisslast & reservelast:: elkasett

Vedkjel og elkasett med 1 varmekurs og akkumulatortank - skisse nr 5



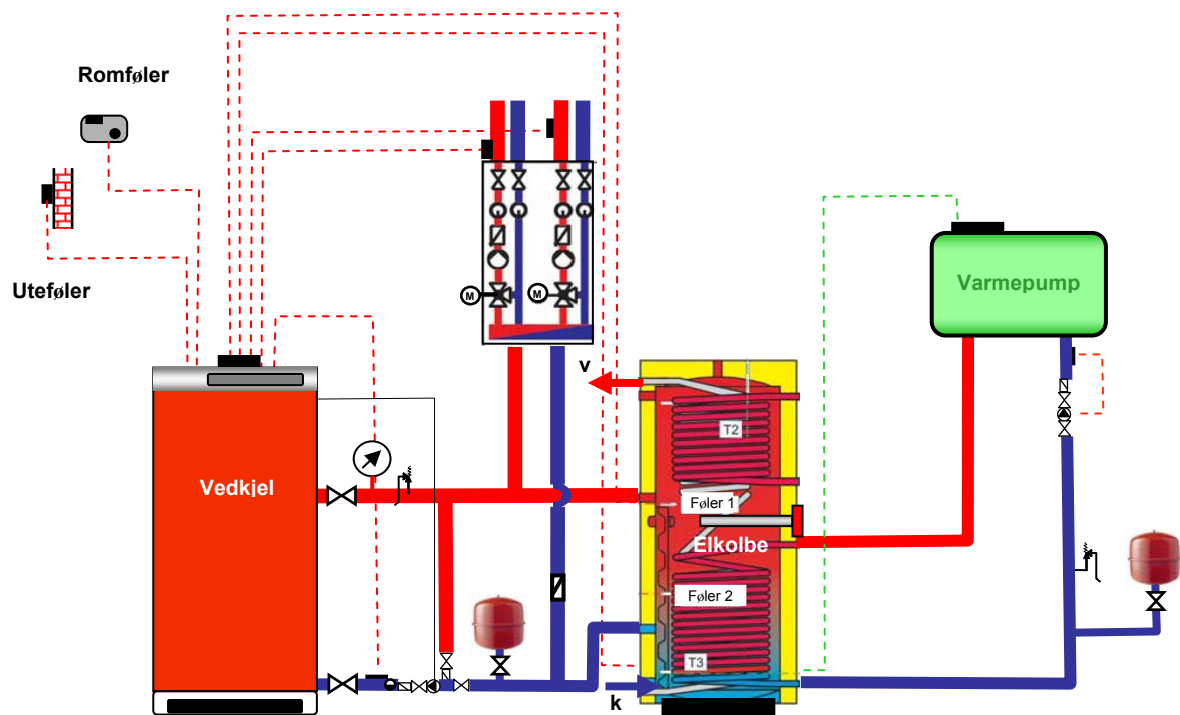
Grunnlast : Vedkjel 100- 150 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reservelast: EI-kasett 100 % av beregnet effektbehov

Pellets eller fliskjel + solpanel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank - skisse nr 6



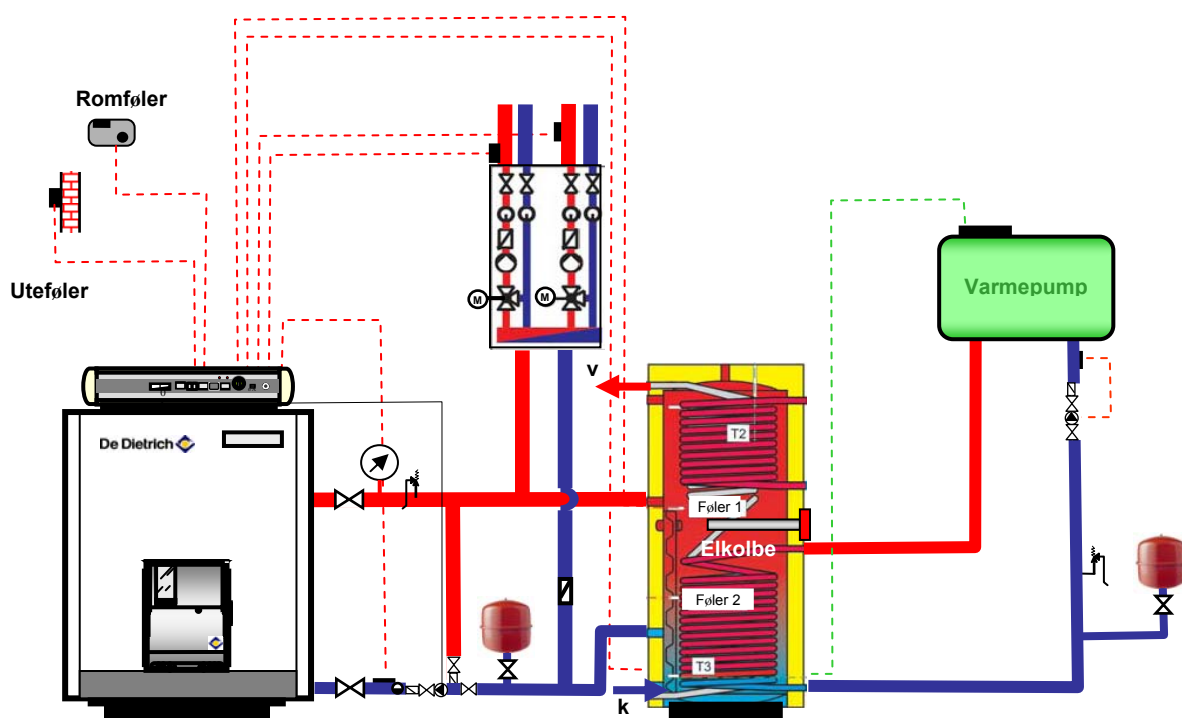
Grunnlast : Vedkjel 100- 150 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank
Tilleggsenergi: solpanel(er)

Vedkjel + varmepumpe med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank - skisse nr 7



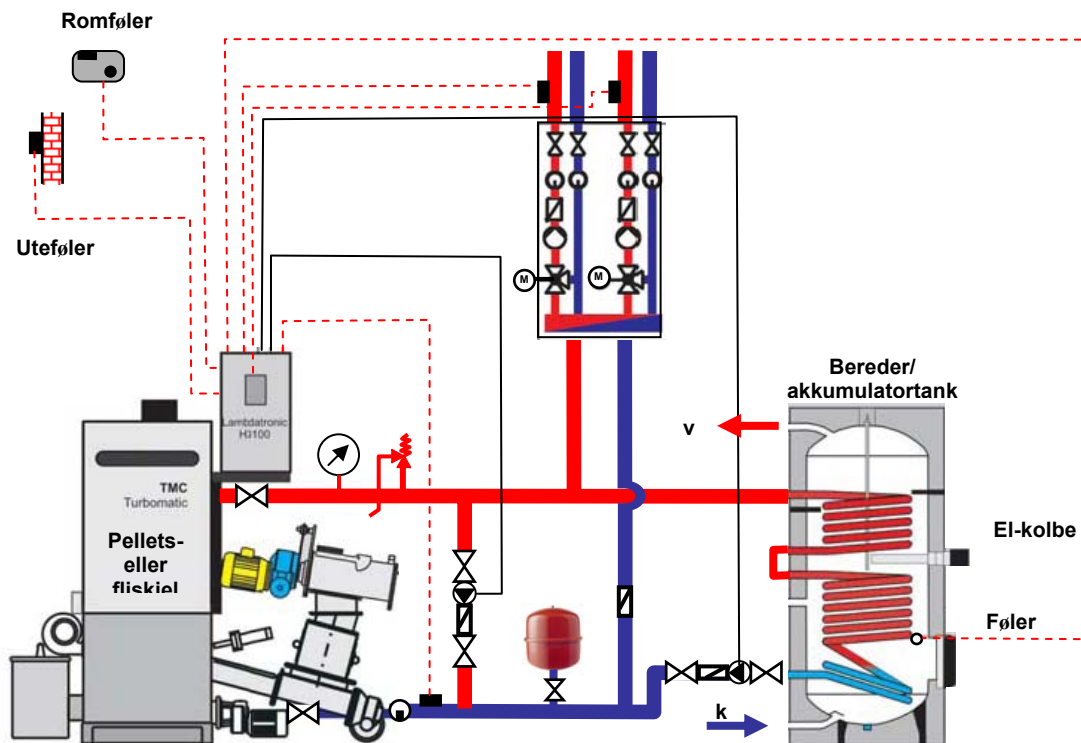
Grunnlast : Vedkjel 60 % +varmepumpe 60% av beregnet effektbehov
Spisslast & reservelast: el-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank
Tilleggsenergi: solpanel(er)

Varmepumpe tilkoblet eksisterende varmeanlegg med olje/gass- eller elkjel - skisse nr 8



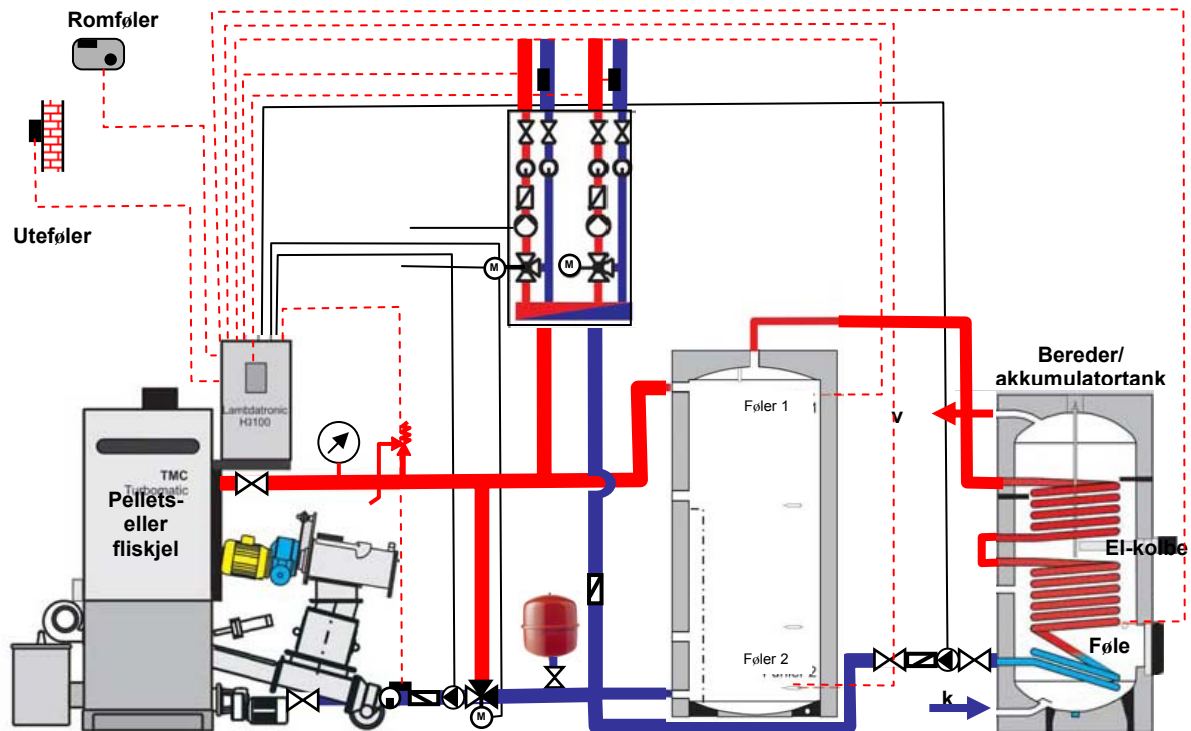
Grunnlast : varmpumpe 60-70% av beregnet effektbehov
Spisslast & reserve : olje-, gass- eller el-kjel 100% av beregnet effektbehov
El-kolbe i bereder/ akkumulatortank spisser temp, ved behov.

Pellets- eller flisbjel med 2 varmekurser og bereder/akkumulatortank - skisse nr 9



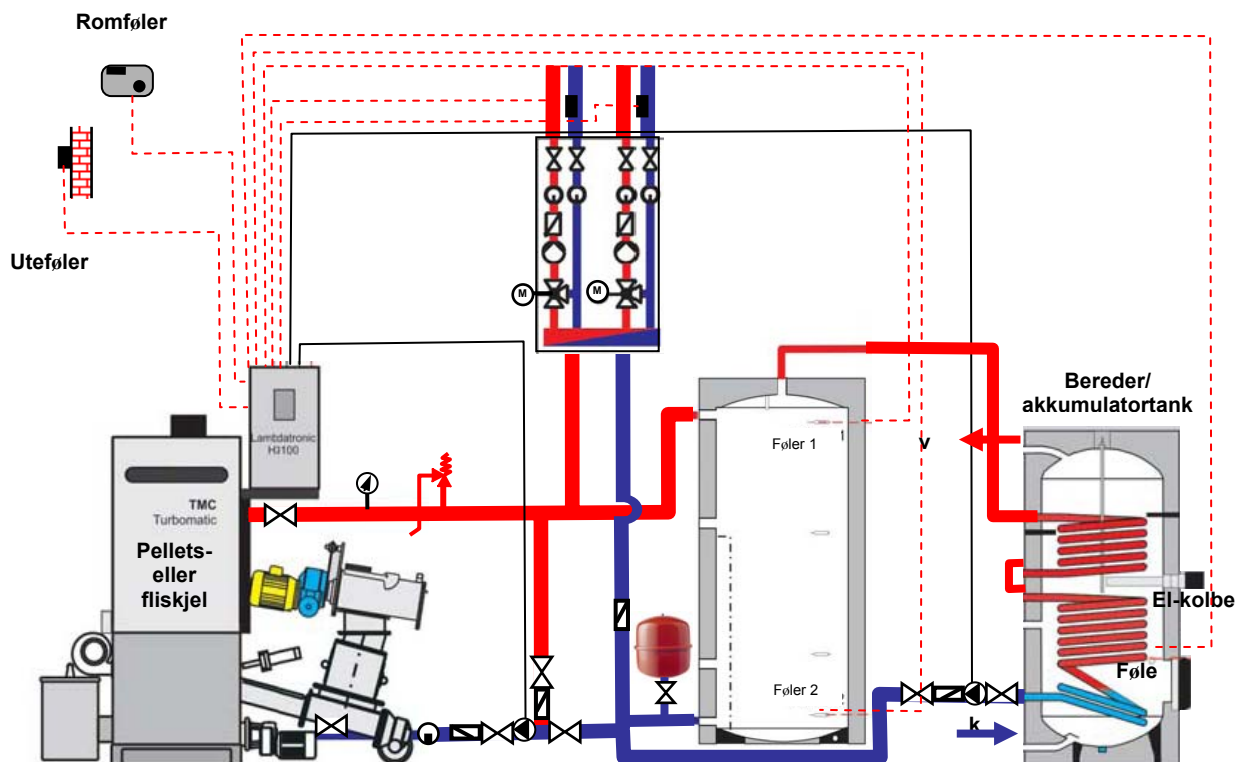
Grunnlast & spisslast : pellets- eller flisbjel 100 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reserve :EI-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank

**Pellets- eller fliskjel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank –
skisse nr 10**



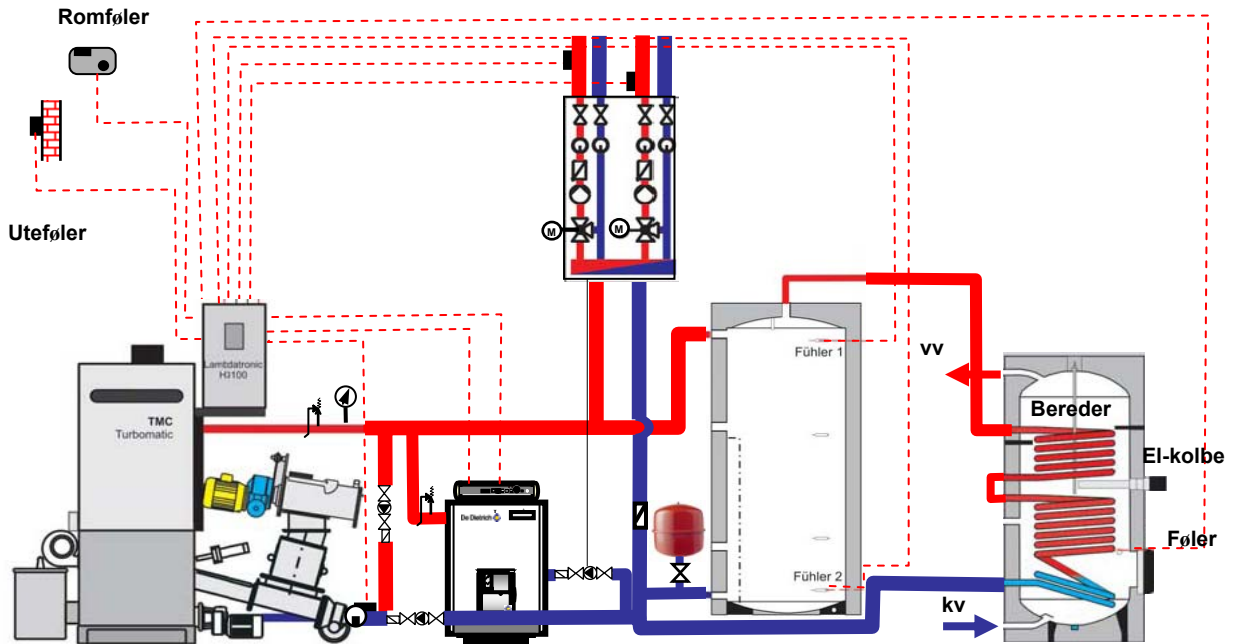
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reserve: EI-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank

**Pellets- eller fliskjel med 2 varmekurser og bereder og akkumulatortank –
skisse nr 11**



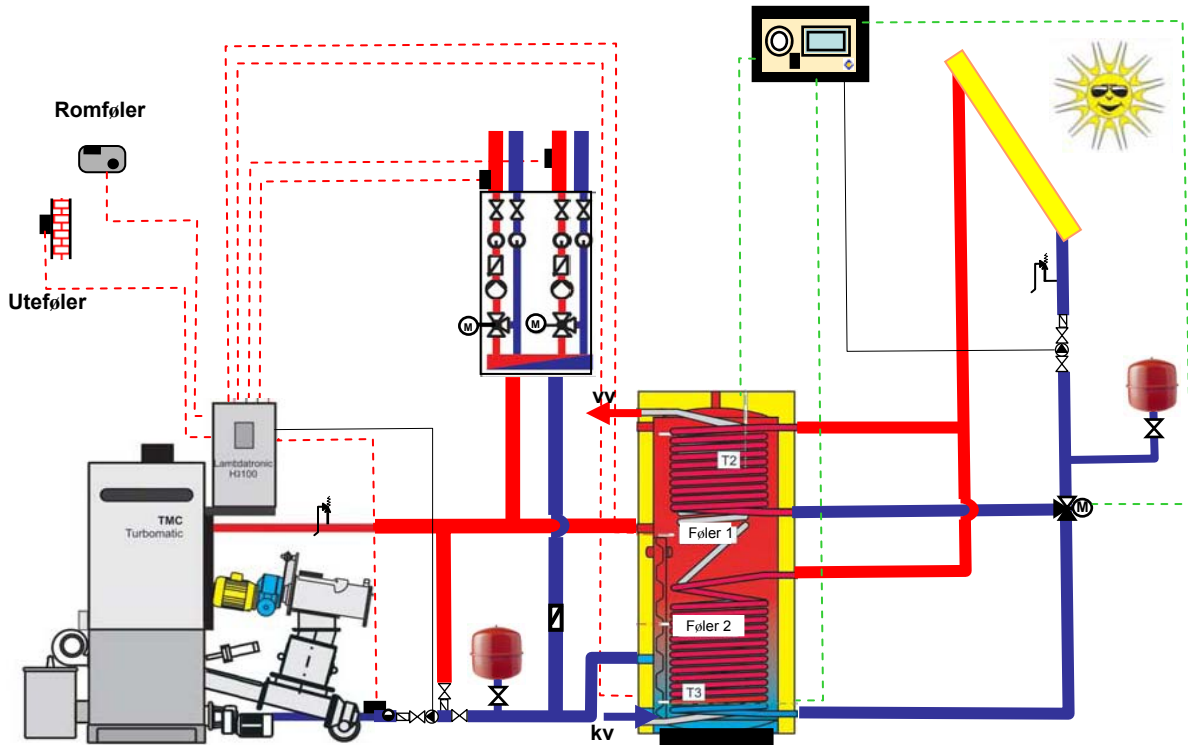
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reserve: El-kolbe(r) i bereder/ akkumulatortank

**Pellets- eller fliskjel + olje-, gass eller elkjel med 2 varmekurser og bereder og
akkumulatortank - skisse nr 12**



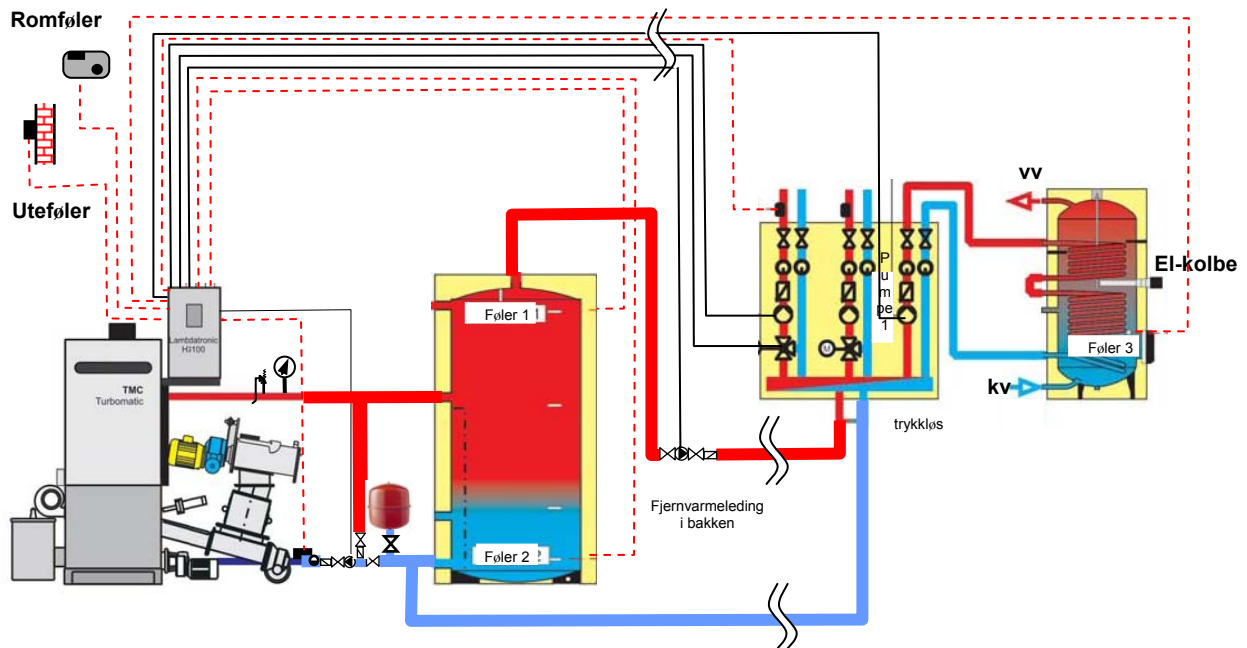
Grunnlast: pellets- eller fliskjel 60 % av beregnet effektbehov
Spisslast & reserve: Olje- gass eller elkjel 100%
Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder

**Pellets- eller fliskjel + solpanel med 2 varmekurser og bereder og
akkumulatortank - skisse nr 13**



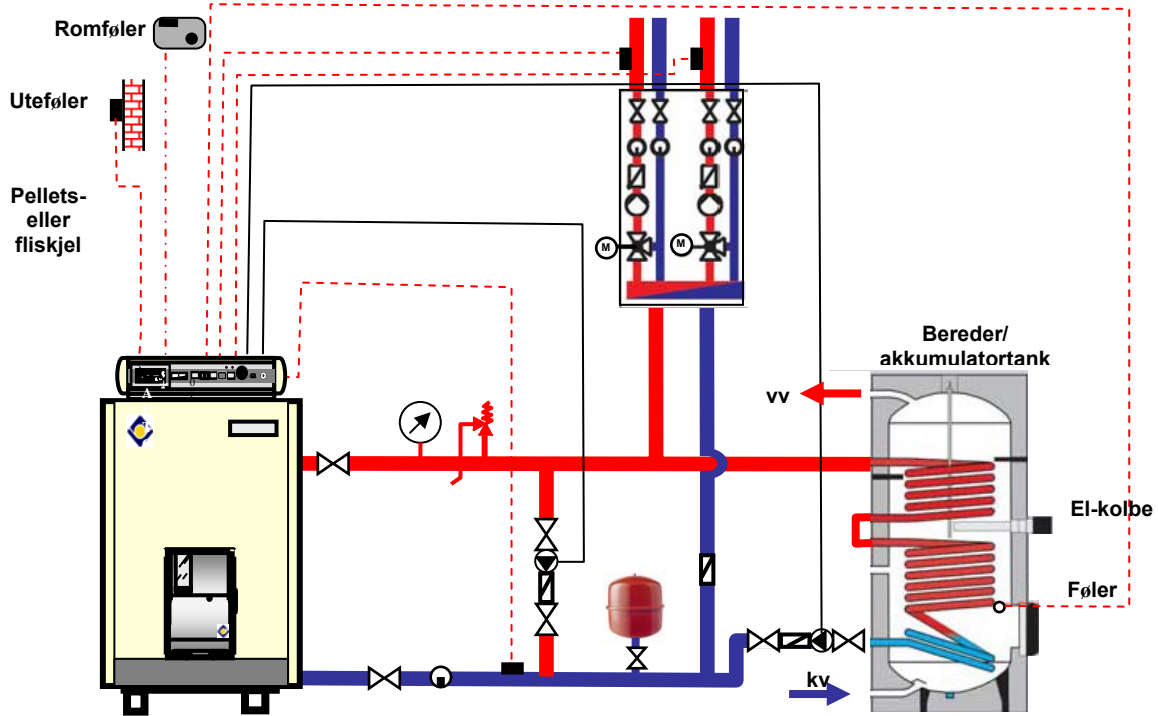
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Tilleggsenergi: solpanel(er)

**Pellets- eller fliskjel med akkumulatortank i fyrrom – en abonnent med 2
varmekurser og bereder - skisse nr 14**



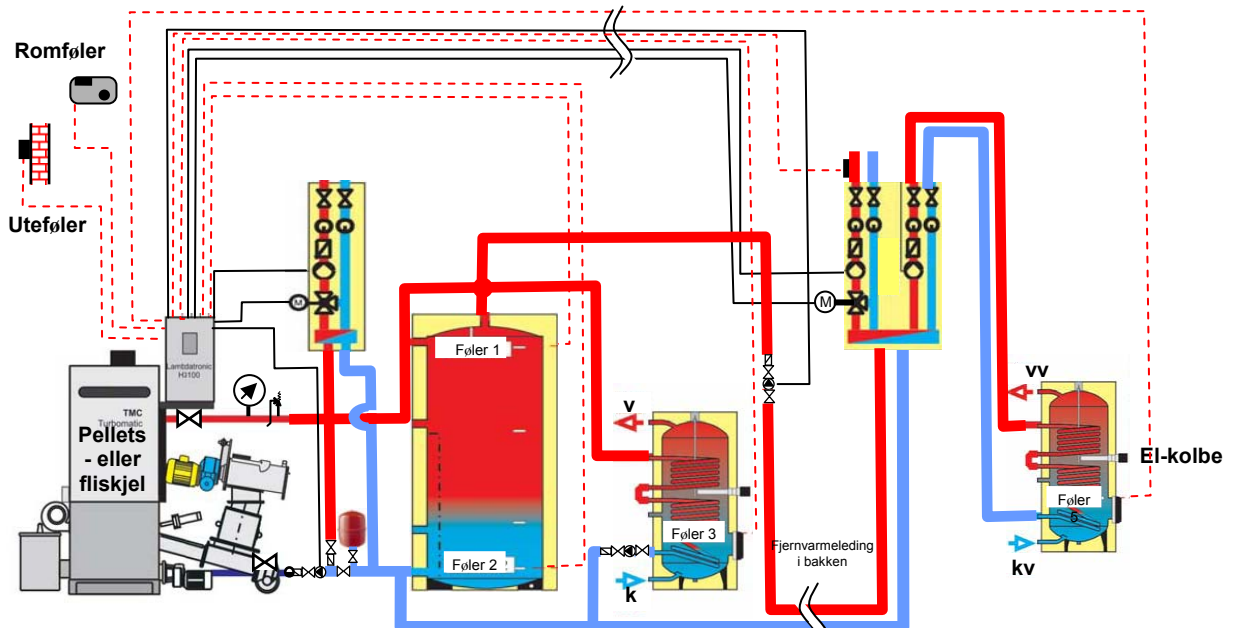
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Reserve & spisse vv: EI-kolbe(r) i bereder

Bio-oljekjel med 2 varmekurser og bereder/akkumulatortank - skisse nr 15



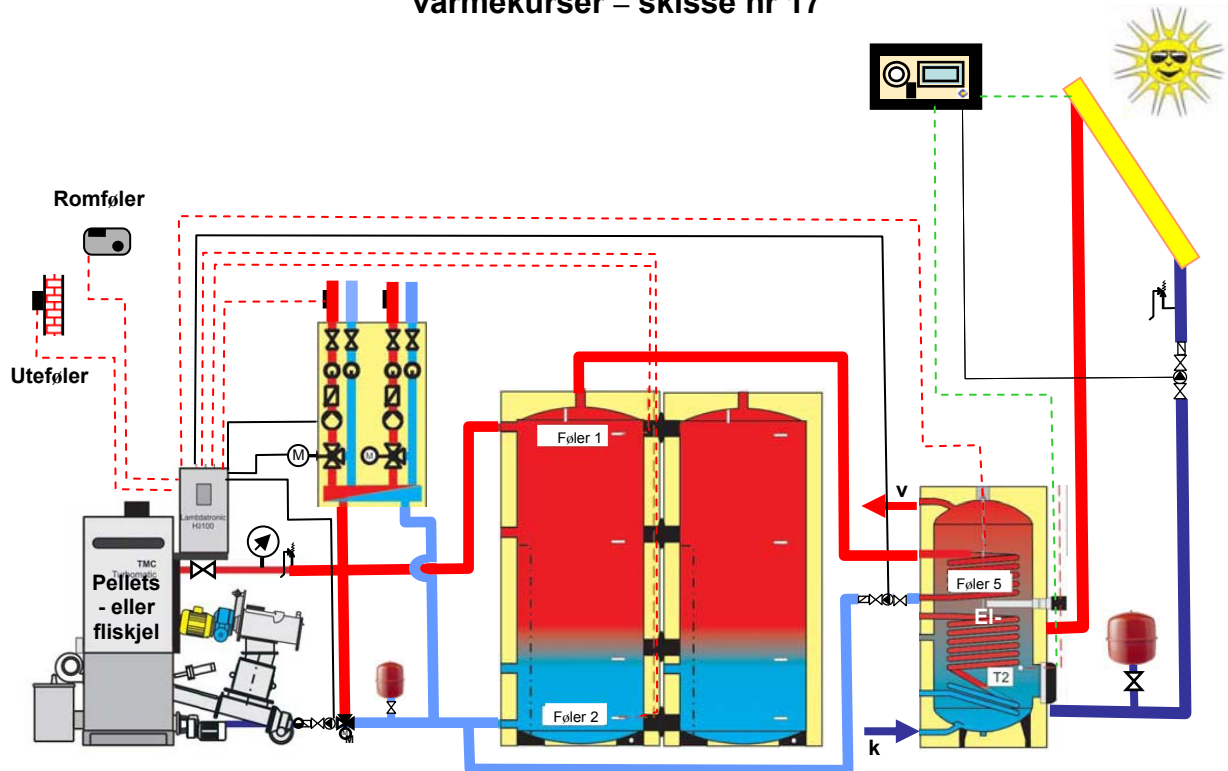
Grunnlast & spisslast : Bio-olje- eller el-kjel 100 % av beregnet effektbehov(Reserve vv: EI-kolbe(r) i bereder) (Kjel må være beregnet for flytende driftstemperatur)

Pellets- eller fliskjel med akkumulatortank og bereder i fyrrom + en varmekurs- en abonnent med 2 varmekurser og bereder - skisse nr 16



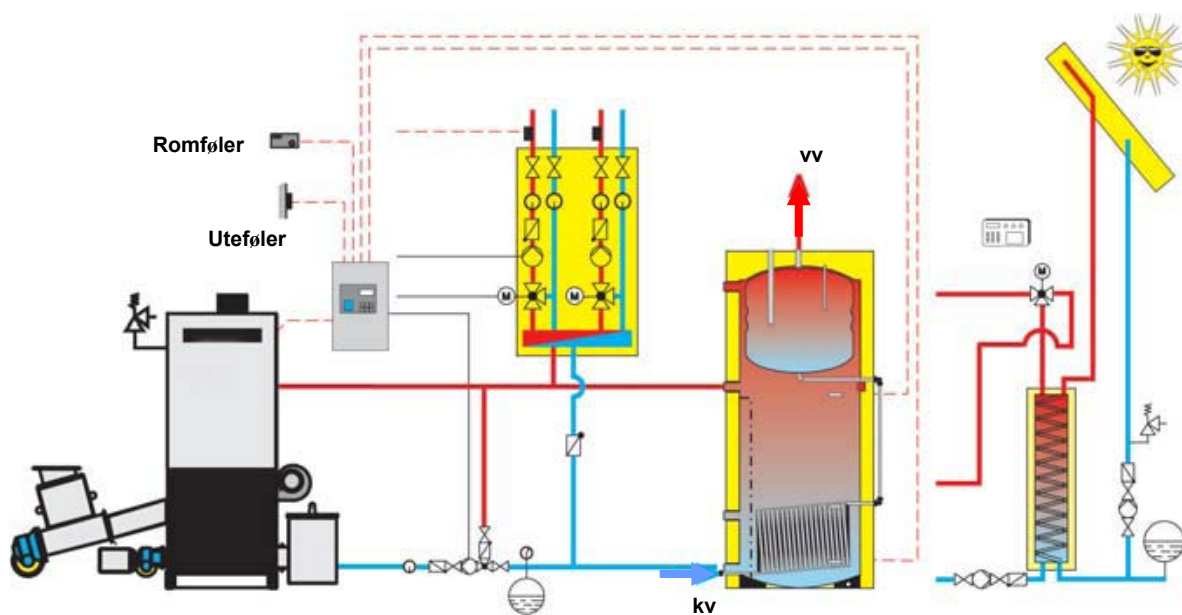
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Reserve & spisse vv: EI-kolbe(r) i bereder (to eller flere separate objekter)

Pellets- eller fliskjel og solpanel med stor akkumulatortank og bereder + 2 varmekurser – skisse nr 17



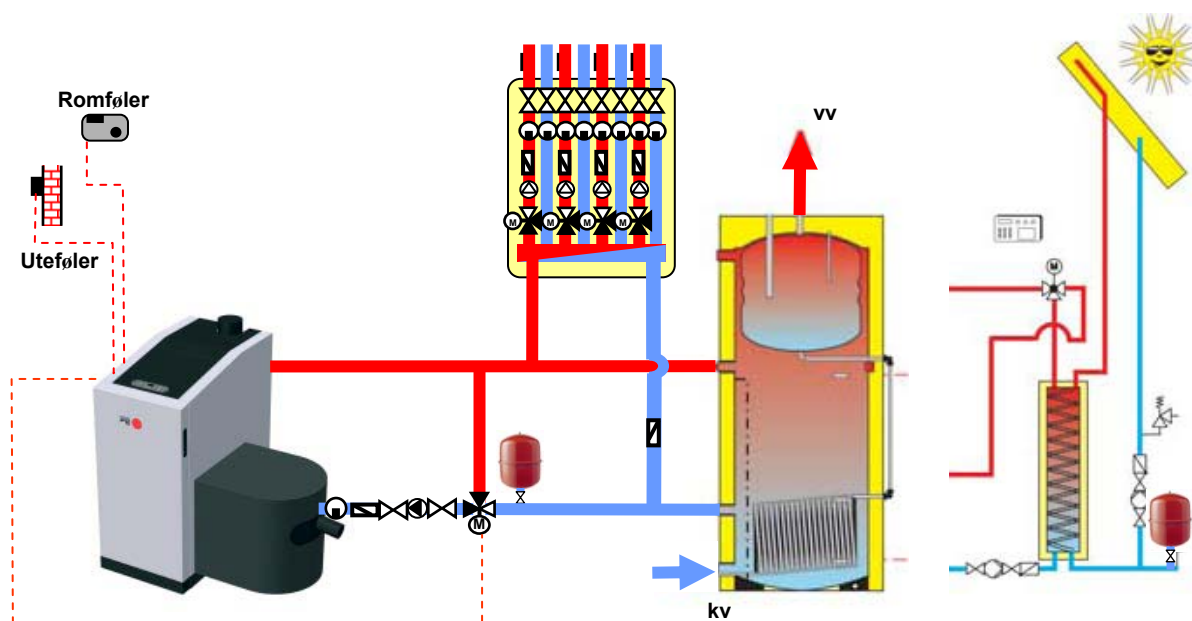
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
 Spisse vv: EI-kolbe(r) i bereder
 Tilleggsenergi: solpanel(er)

Pellets- eller fliskjel og solpanel med kombinert akkumulatortank og bereder + 2 varmekurser – skisse nr 18



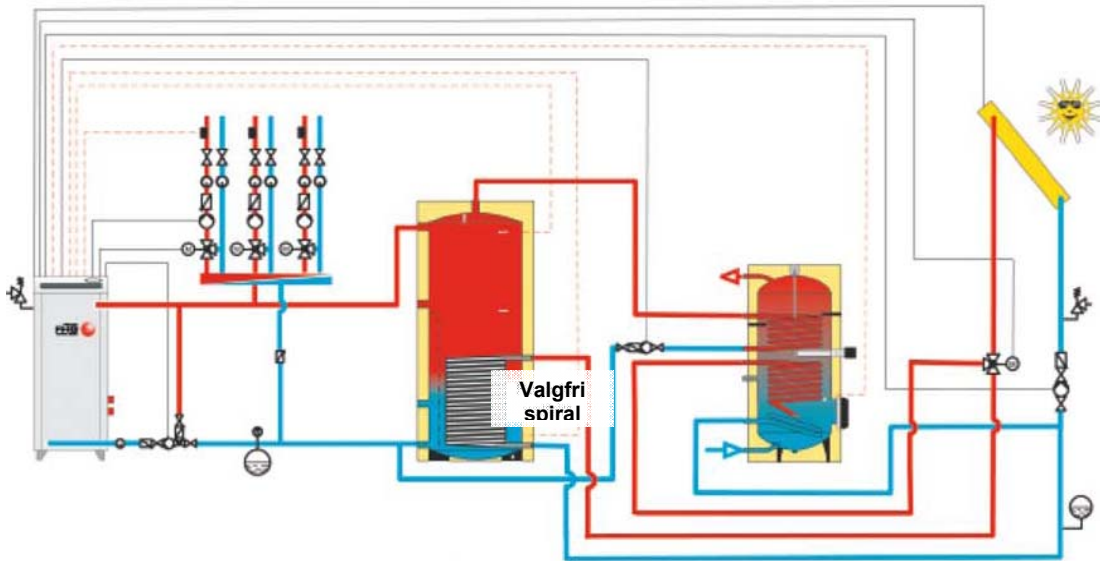
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Tilleggsenergi: solpanel(er)

Pelletskjel og solpanel med kombinert akkumulatortank og bereder + 4 gulvvarmekurser – egen krets på solvarmepanelene skisse nr 19



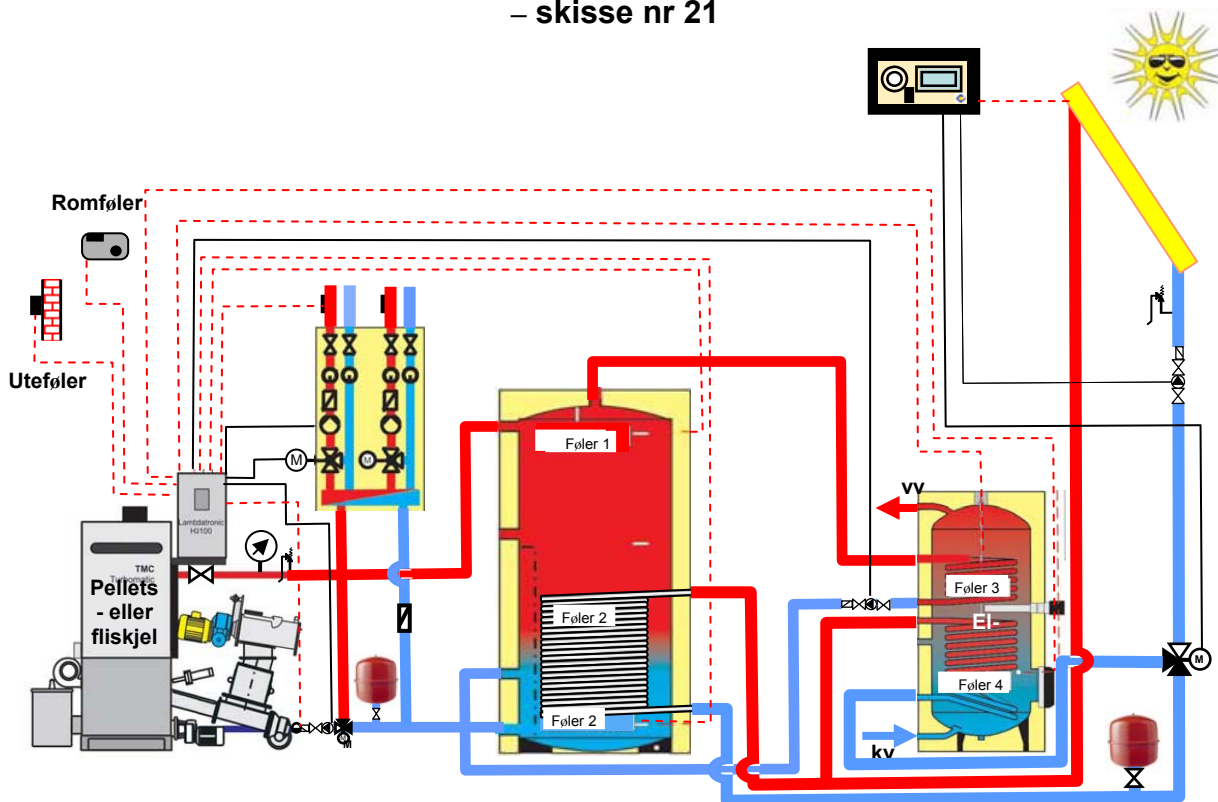
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
Tilleggsenergi: solpanel(er)

Pelletskjel og solpanel med kombinert akkumulatortank og bereder + 4 gulvvarmekurser – egen krets på solvarmepanelene skisse nr 20



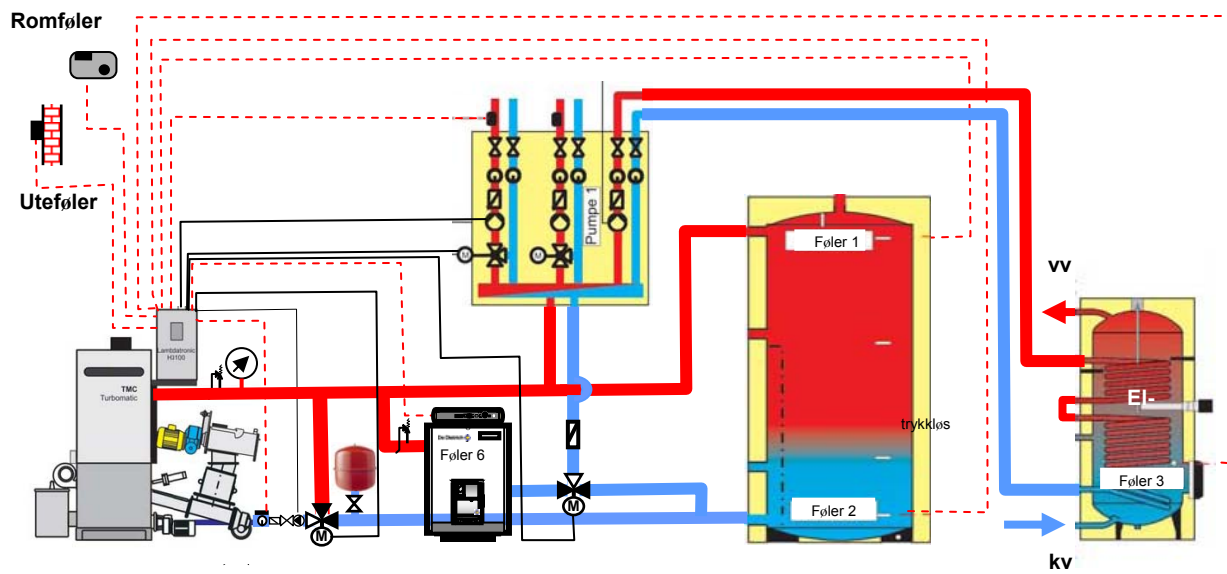
Grunnlast & spisslast : pelletskjel 100 % av beregnet effektbehov
 Spisse vv & reservelast: EI-kolbe(r) i bereder
 Tilleggsenergi: solpanel(er)

Pellets- eller fliskjel og solpanel med akkumulatortank og bereder + 2 varmekurser – skisse nr 21



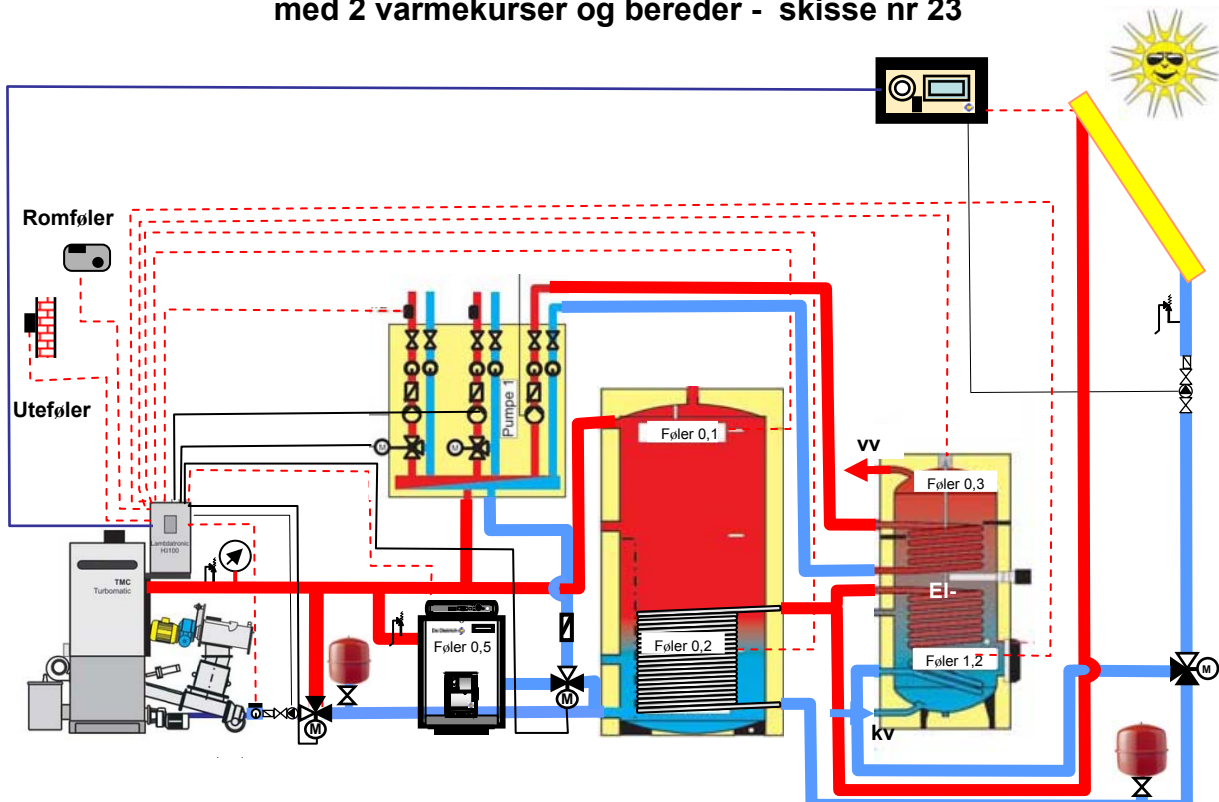
Grunnlast & spisslast : pellets- eller fliskjel 100 % av beregnet effektbehov
 Spisse vv: EI-kolbe(r) i bereder
 Tilleggsenergi: solpanel(er)

Pellets- eller fliskjel + olje- gass- eller elkjel med akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder - skisse nr 22



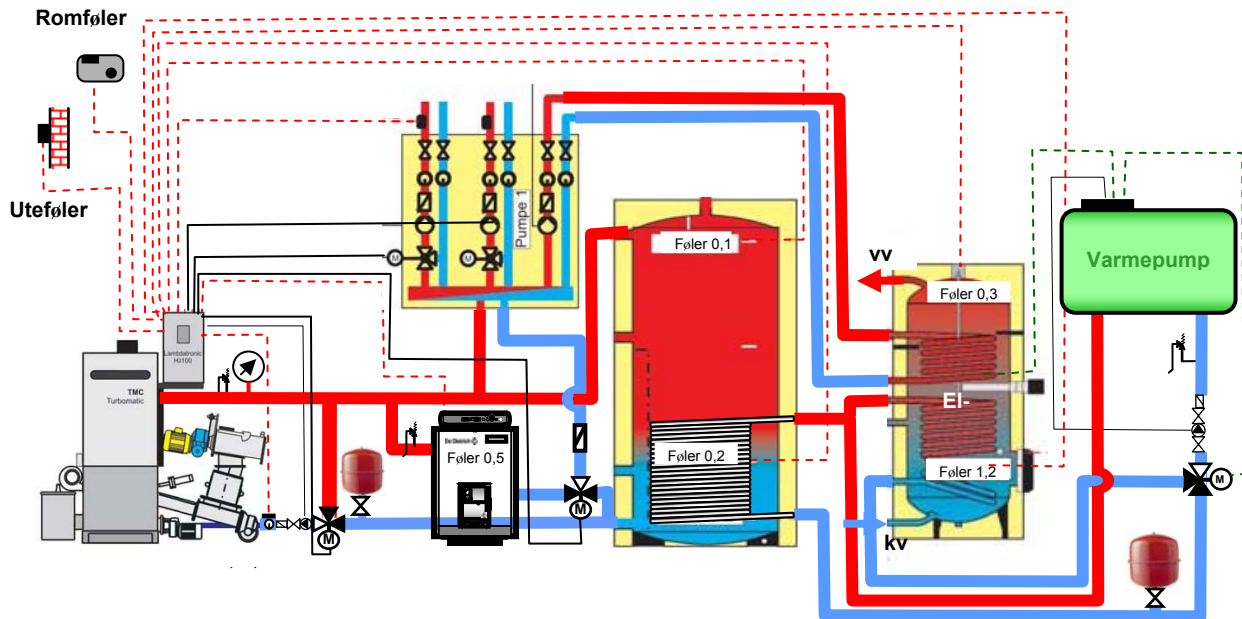
Grunnløst: pellets- eller fliskjel 60 % av beregnet effektbehov
 Spissløst & reserve: Olje- gass eller elkjel 100%
 Spissløst vv: EI-kolbe(r) i bereder

Pellets- eller fliskjel + olje- gass- eller elkjel + solpaneler med akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder - skisse nr 23



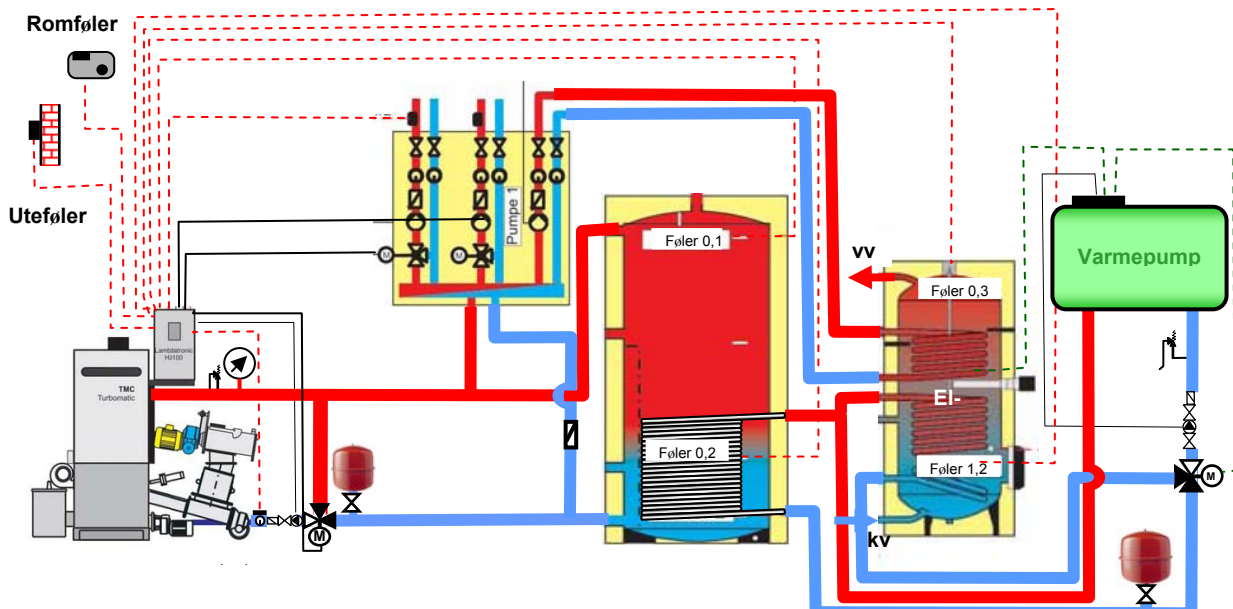
Grunnløst: pellets- eller fliskjel 60 % av beregnet effektbehov
 Spissløst & reserve: Olje- gass eller elkjel 100%
 Spissløst vv: EI-kolbe(r) i bereder
 Tilleggsenergi: solpanel(er)

**Varmepumpe + pellets- eller fliskjel + olje- gass- eller elkjel + solpaneler med
akkumulatortank – med 2 varmekurser og bereder - skisse nr 24**



Grunnlast: varmpumpe 40% pellets- eller fliskjel 40 % av beregnet effektbehov
 Spisslast & reserve: Olje- gass eller elkjel 100%
 Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder

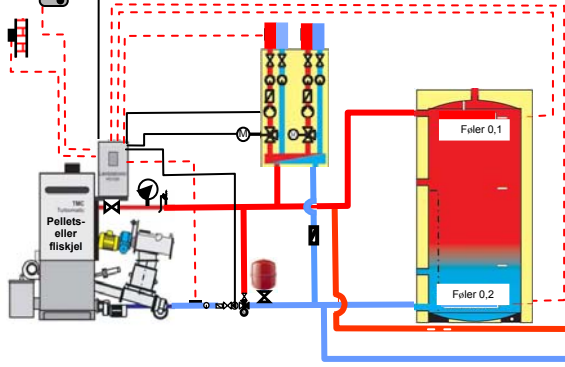
**Varmepumpe + pellets- eller fliskjel + med akkumulatortank – med 2 varmekurser
og bereder - skisse nr 25**



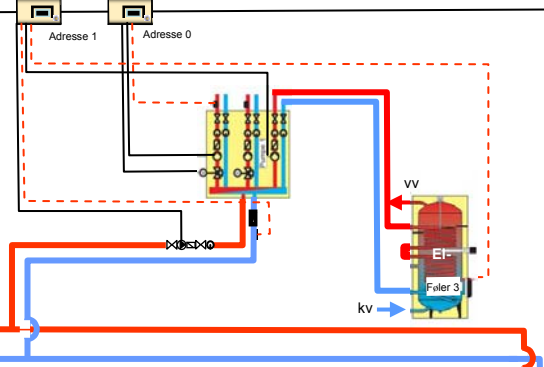
Grunnlast: varmpumpe 40% pellets- eller fliskjel 40 % av beregnet effektbehov
 Spisslast vv: EI-kolbe(r) i bereder

Skisse nr 26

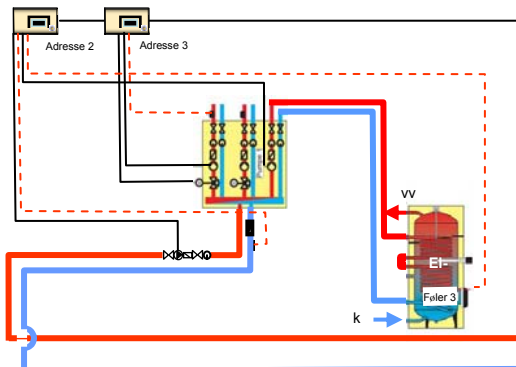
Grunn- spiss- & reservelast : pellets- eller flis kjel 100 % av beregnet effektbehov, bereder hos hver abonnent med ei-kolbe for sommerdrift + spisslast.



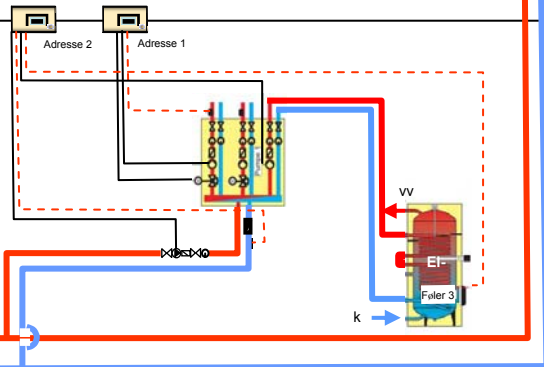
Spisslast & reserve: Ei-kolbe(r) i bereder



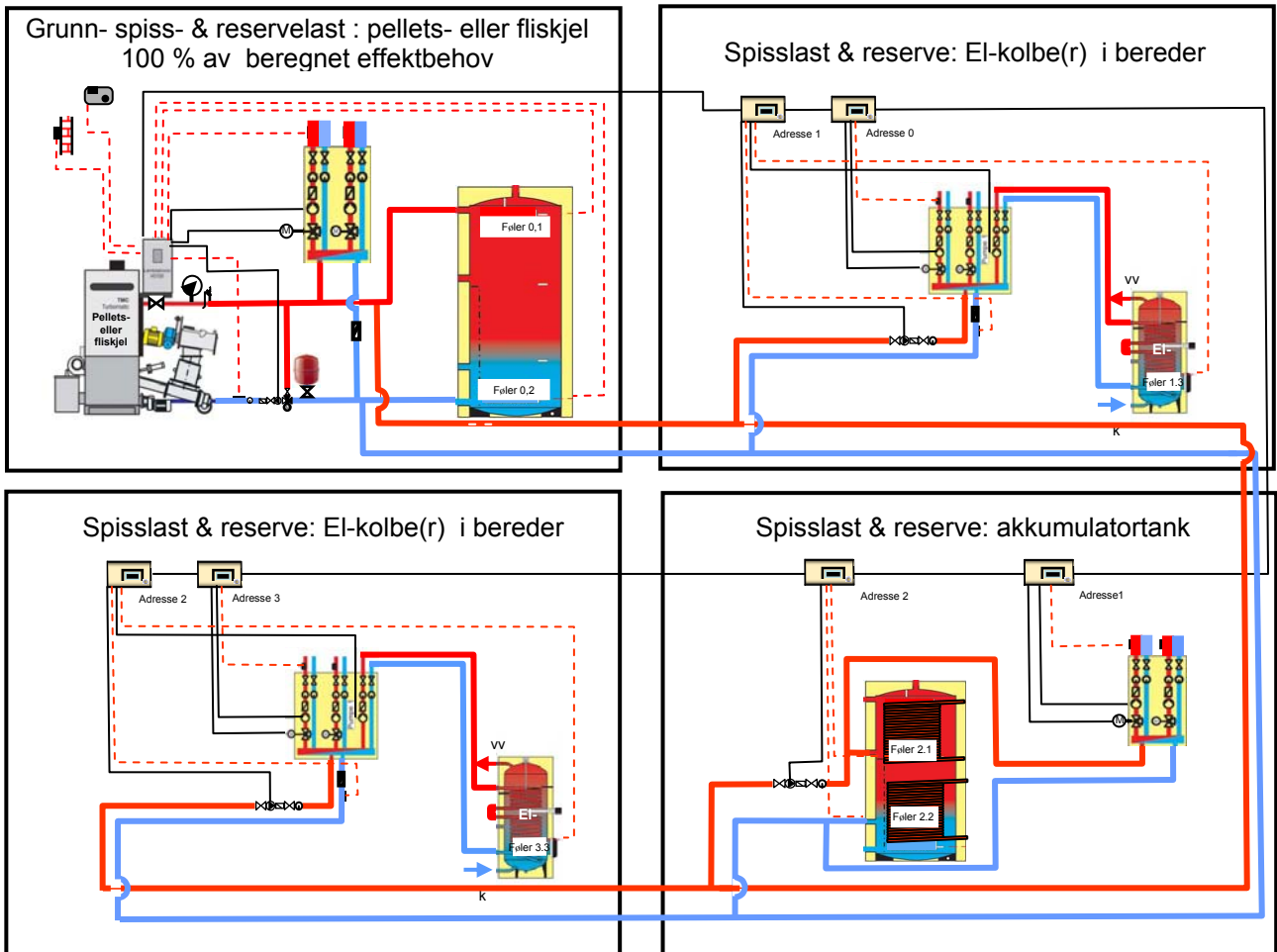
Spisslast & reserve: Ei-kolbe(r) i bereder



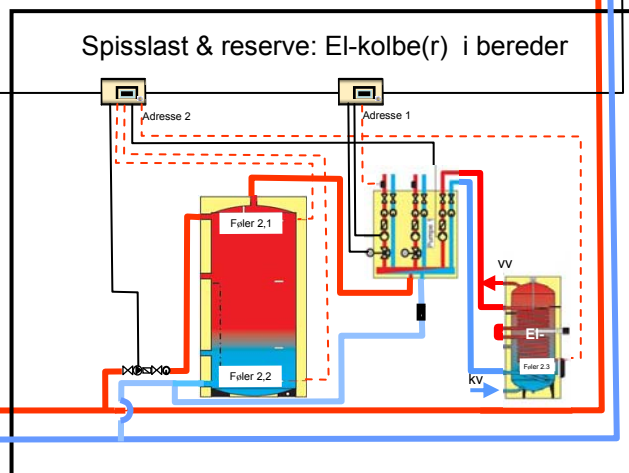
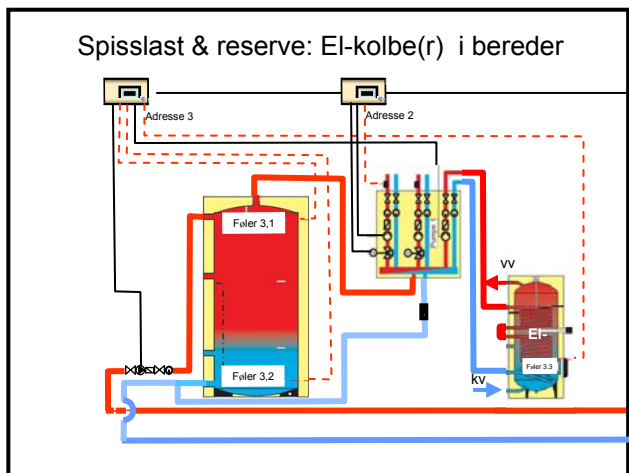
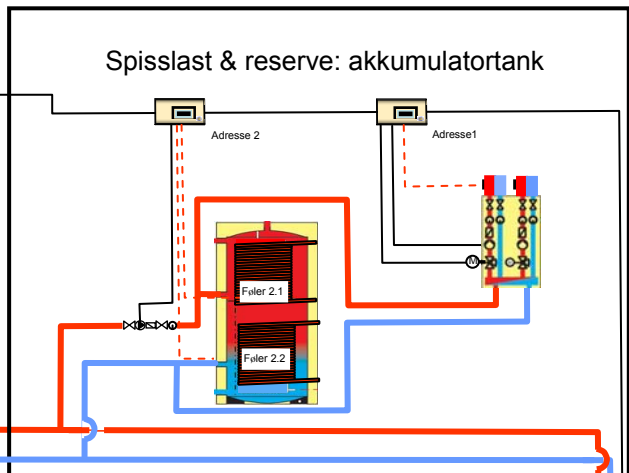
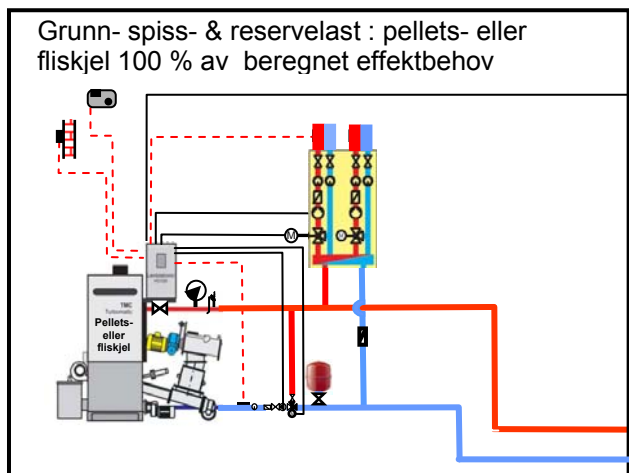
Spisslast & reserve: Ei-kolbe(r) i bereder



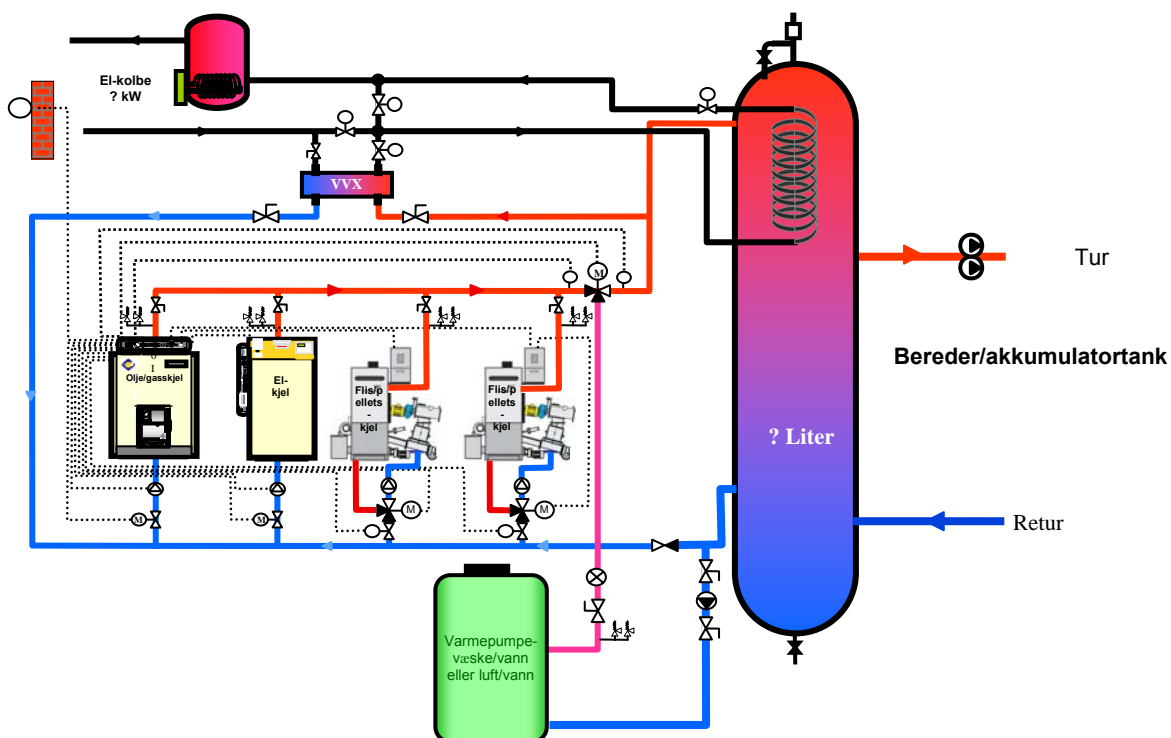
Skisse nr 27



Skisse nr 28



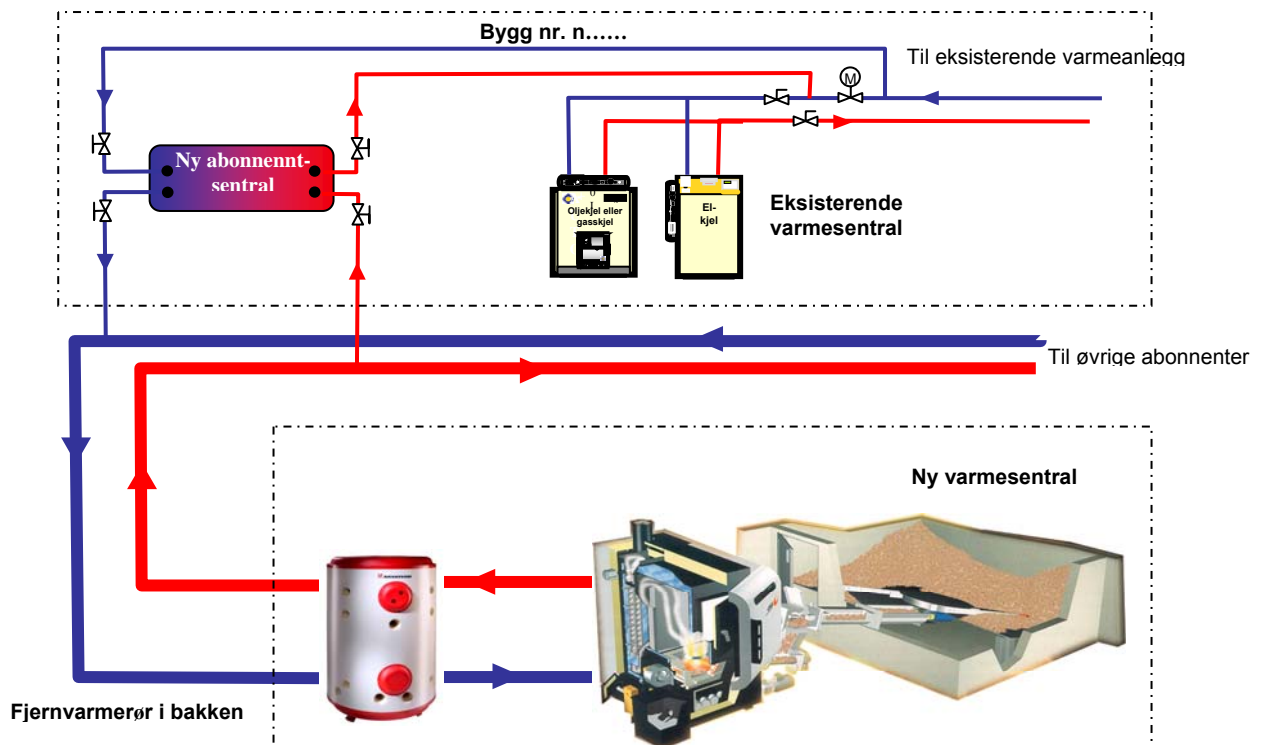
Større anlegg med oljekjel, elkjel, to biokjeler og varmepumpe + en stor akkumulatortank - skisse nr. 29



Grunnlast: varmepumpe 50 til 70% + evt en eller to biokjeler hver på ca 40% av beregnet effektbehov (totalt ca 20 eller 150%)

Reserve : Olje- og eller gasskjel 60% til 100% og eller elkjel 40 til 100 %

Konvertering fra en fyrcentral i hvert bygg, til en sentralt plassert biofyrt varmesentral med nær(fjern)-varmeanlegg – skisse nr 30



Grunnlast: Biokjeler hver på ca 60-70 % av beregnet effektbehov
Reserve og spisslast: eksisterende olje-, gass- eller el-kjeler 60% til 100%

10. Varmedistribusjon i boliger og yrkesbygg

10.1. Generelt

Modulen bygger på pensumet i vannbårne varmeanlegg i rørleggerutdanningen. Målet er å gi leseren en bredere og dypere forståelse av energieffektiv varmedistribusjon i boliger og yrkesbygg. Det legges vekt på hvordan man velger energieffektive løsninger, ut fra dagens krav til energibruk i oppvarmingen. Modulen inneholder ikke grunnleggende basisstoff, men oppgir referanser til aktuell PRENØK-blader og til VVS-bransjens varmenorm.

En enebolig med hybelleilighet brukes som eksempel og til oppgaver. Effekt- og energibehov er hentet fra eksemplene i kapittel 2. Ellers vises til de andre kapitlene vedr. koplingsalternativer for ulike energikilder.

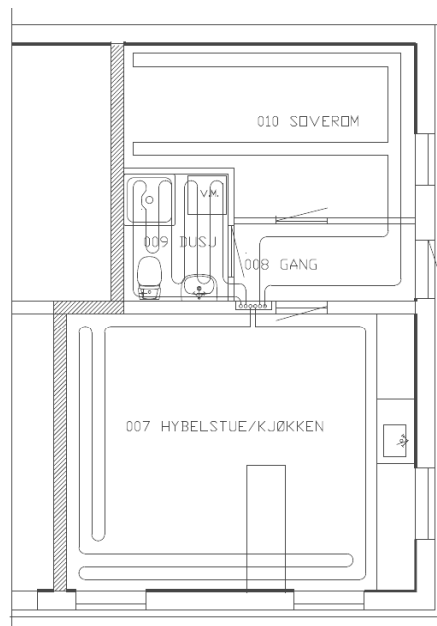
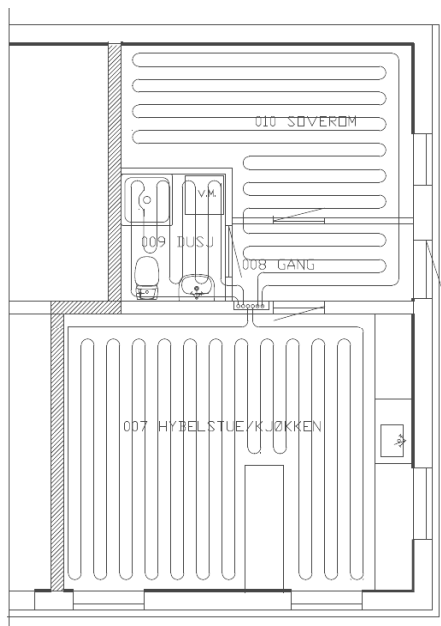
10.2. Varmeavgivere og varmevekslere

I dette kapitlet beskrives gulvvarme, veggvarme, radiatorer/konvektorer, varmebatterier og varmevekslere. Valgt temperatur på vannet har mye å si for dimensjoneringen av varmeavgiverne og anlegget. Det skilles mellom lavtemperaturanlegg (40 – 65 °C) og høytemperaturanlegg med temperaturer over 65 °C. Anleggenes effekt beregnes ut fra sirkulert vannmengde (l/s) og temperatur. Lave temperaturer fordrer større vannmengder for å avgi samme effekt. Dermed må heteflaten på varmeavgiverne økes og rørsystemet får større dimensjoner. Utover dette stilles det ikke andre krav til det vannbårne systemet, uansett hvilken energikilde som benyttes.

10.2.1. Gulvvarme (PRENØK 6.3 og 6.4)

Vannbåren gulvvarme er den mest alminnelige varmeavgiveren i små hus. Alle gulvvarmesystemer skal prosjekteres og utføres i henhold til leverandørens anvisninger. Anleggene legges i lette (tregulv eller i avrettingsmasse) eller tunge (innstøpt) konstruksjoner. Det brukes PEX-rør (lavtemperaturanlegg) eller PEX-rør i PE-varerør (høytemperaturanlegg). Dimensjonen på PEX-rørene varierer fra 10 mm (i avrettingsmasse) til 20 mm. Dimensjonering, sløyfelengder og avstander mellom sløyfene skal være i henhold til leverandørens anvisninger. Rørene monteres i spesielle plater tilpasset rør og leggeavstander. I bjelkelag brukes varmfordelingsplater i aluminium. Plantegningen viser tradisjonell gulvvarmeløsning med varmerør som dekker hele gulvflaten, etter varmekrav fra 1985:

Etter de nye energikravene som medfører lavere behov for varme, (lavenergihus og passivhus) bør gulvvarmeanlegget vurderes nøye med hensyn til hvor og hvordan varmesløyfene bør legges. Soner der varmetapet regnes å være minimalt bør ikke ha varmerør med mindre det er gulv som krever det på grunn av komforten, som for eksempel fliser og heller. Plantegningene viser hvordan gulvvarmeløsningen kan gjøres. Velges en løsning der store, midtre gulvfelter er uten varme, bør huseieren godkjenne dette fordi man vil merke temperaturforskjellene i gulvet. Noen oppfatter dette som en reduksjon av komforten.



Gulvkonstruksjonen er vesentlig for varmestromsmotstanden og dermed for dimensjoneringen av gulvvarmeanlegget. Temperaturtapet gjennom konstruksjonen over rørene er proporsjonal med varmeavgivelsen. Eksempelvis vil en 22 mm sponplate med 15 mm parkett ha tre ganger så stor varmestromsmotstand som to 13 mm gipsplater med gulvbelegg. Tykke gulvbelegg, tepper og gulvplasserte møbler, vil kreve høyere vanntemperaturer enn lette konstruksjoner. Derfor er det viktig å råde huseieren til å bruke en gulvkonstruksjon med så lav varmestromsmotstand som mulig. Det bør benyttes reflekterende varmeledningsplater tilpasset rørene. Rørene må tilpasses gulvet slik at det ikke oppstår gnisselyder eller andre uheldige effekter på grunn av ekspansjonen.

Varmeavgivelsen fra gulvet er ca 10 W/m^2 for hver grad gulvtemperaturen overstiger romtemperaturen. Et bad med romtemperatur på $26 \text{ }^\circ\text{C}$ og med et effektbehov på 50 W/m^2 må dermed ha en gulvtemperatur på $31 \text{ }^\circ\text{C}$.

Gulvvarmeleverandørene har beregningsprogrammer som viser aktuelle dimensjoner, avstander og temperaturer for ulike gulvkonstruksjoner. For å finne lengden på gulvvarmesløyfen, deler du arealet som skal ha gulvvarme på avstanden mellom rørene.

Eksempel:

Gulvvarmerør i hybelstue med effektbehov etter gammel beregning:

Oppvarmet areal, $A = 37 \text{ m}^2$ og avstand mellom rørene beregnet til $20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$.

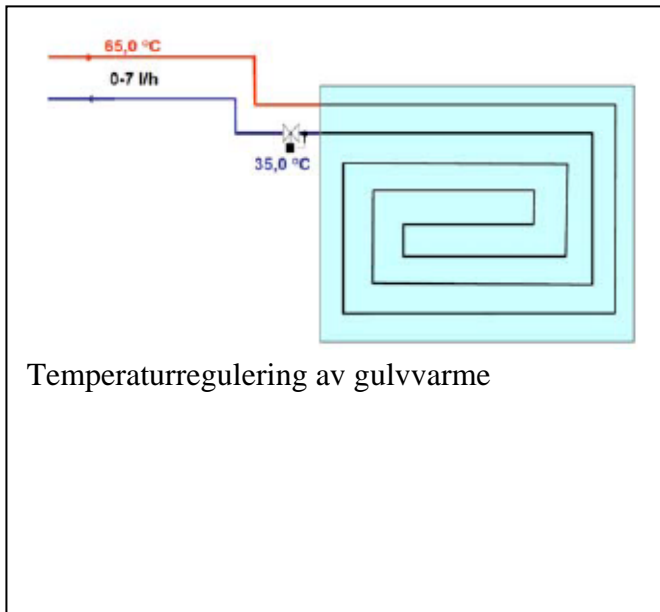
Rørlengde til sammen for de to kursene: $37/0,2 = 185 \text{ m}$.

Gulvvarmerør i hybelstue etter nye krav:

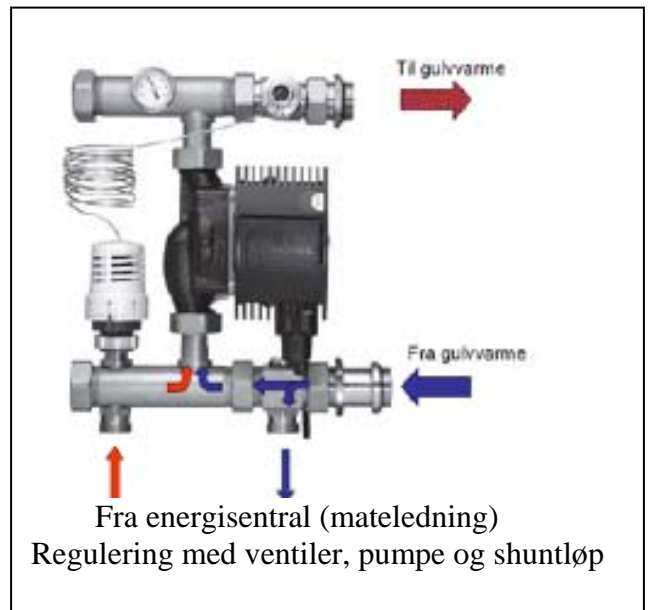
Oppvarmet areal, $A = 21 \text{ m}^2$ og samme avstand mellom rørene.

Rørlengde til sammen for de to kursene: $21/0,2 = 105 \text{ m}$.

Gulvvarme prosjekteres som regel som lavtemperaturanlegg. Imidlertid finnes det alternative løsninger der høye temperaturer kan brukes. Enten kan rørene leveres som doble, eller at man foretar en shunting av gulvvarmeanlegget.



med en termostatventil.



Figuren viser et pumpe/shuntarrangement for et gulvvarmeanlegg som er tilkoppelt et radiatoranlegg.

Gulvvarmerørene kan legges i ulike mønstre, tilpasset rommets behov.

Leverandørene har egne beregningsprogrammer for dimensjonering av ulike gulvvarmeløsninger:

www.armaturjonsson.no

www.roth-nordic.no

www.sgp.no

www.uponor.no

Husk å dokumentere plasseringen av gulvvarmerørene ved hjelp målsatte tegninger og bilder.

10.2.2. Veggvarme og innebygde varmelister

Veggvarme er et alternativ til radiator. Foreløpig er det lite brukt, men erfaringer viser at brukerne er godt fornøyd med komforten ved bruk av veggvarme. Bruk av veggvarme fordrer noe større heteflater enn gulvvarme, men forskjellen er ikke stor. Veggvarme kan bygges på flere måter. Det kan være hensiktsmessig å bruke innervegger for å unngå tilleggsvarmetap og samtidig kunne utnytte varme avgitt fra begge sider av veggen.

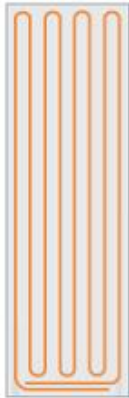
Brystningsvegger er i mange tilfeller en god løsning for veggvarme. Veggvarme benyttes i nybygg og til rehabilitering.

Modul-veggvarme

- 1 Fibergipsplate 18 mm
- 2 Variomodul-rør 11,6 x 1,5 mm
- 3 Festeskruer
- 4 Fugelim

MWH-F206

Bredde: 0,625 m
Høyde: 2 m
Varmeareal 1,25 m²

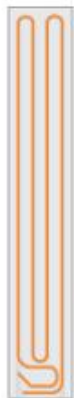


MWH-F206V

Bredde: 0,625 m
Høyde: 2 m
Varmeareal 0,75 m²



800 mm*



MWH-F203

Bredde: 0,31 m
Høyde: 2 m
Varmeareal 0,62 m²

300 mm*



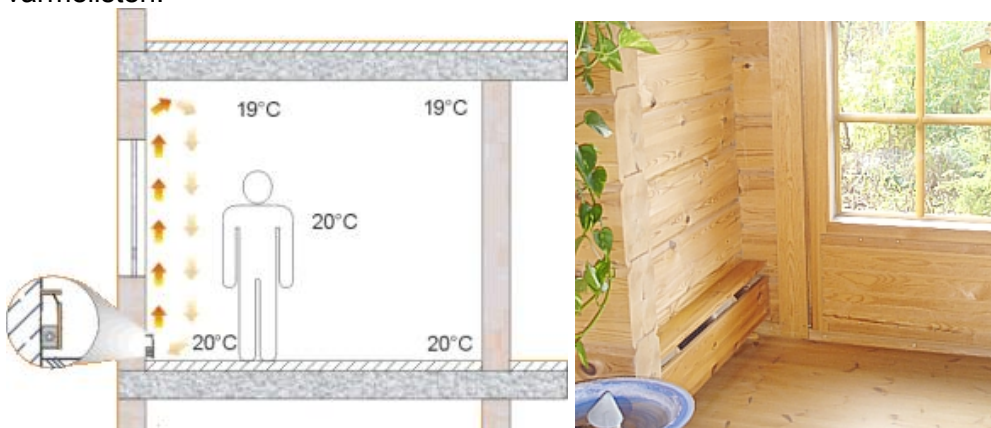
MWH-F106V

Bredde: 0,625 m
Høyde: 1 m
Varmeareal 0,44 m²



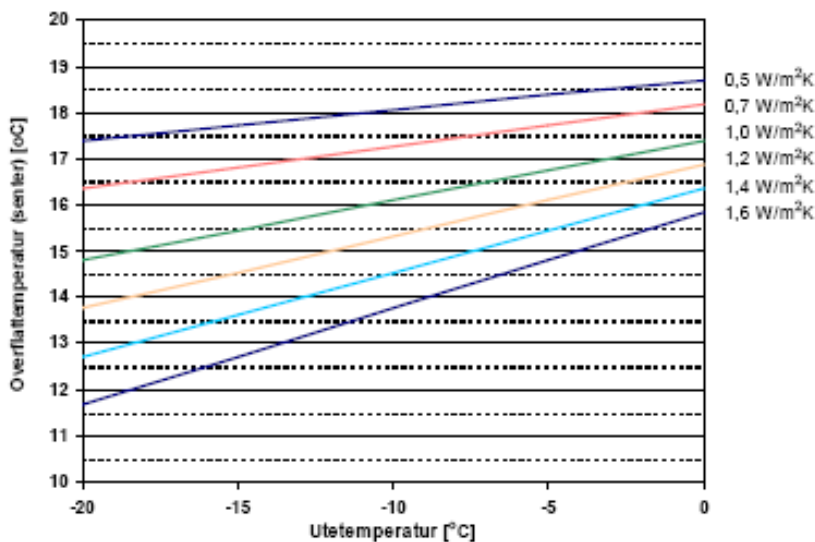
Det selges modulvegger med veggvarme i ulike størrelser, figuren viser alternativer.
www.variotherm.no

Varmelegemene kan skjules i utbygde gulvlister. Det benyttes spesielle konvektorer eller ribber som skjules med spesielle listløsninger. Komforten blir nesten den samme som med gulvvarme og anleggene lar seg lettere regulere. For god varmeavgivelse må det være luftspalter under og over varmelisten.



10.2.3. Radiatorer (PRENØK 6.0, 6.1 og 6.2)

Varmeavgivelsen fra en radiator er avhengig av radiatorens størrelse (heteflate) og forskjellen mellom tur- og returtemperaturen over radiatoren og romtemperaturen. Små temperaturforskjeller krever større radiatorer. Fortrinnsvis skal radiatorene plasseres under vinduene for å hindre trekk og kaldras. Med nye U-verdier og større krav til tetthet, kan radiatorene plasseres på innervegg for eventuelt å forenkle rørføringene og gjøre anlegget rimeligere.



Figuren viser beregnet overflatetemperatur for vindu avhengig av U-verdien for glasset. Ved U-verdier under 1,0 vil kaldraset bli minimalt selv ved -20°C ute.

Moderne radiatorer kan lages i nær sagt alle utførelser og design. Beregning av radiatorstørrelse gjøres ut fra reglene i NS 3031 for å finne rommets effektbehov, valg av tur- og returtemperatur i anlegget og følge oppgitte korreksjonsfaktorer fra leverandøren.

Nye småhus vil som nevnt ha et langt mindre effektbehov enn tidligere. I mindre rom kan det derfor være vanskelig å velge små nok radiatorer. En vanlig regel sier at radiatorens vannmengde bør være større enn 15 l/h (0,25 l/min). Rom med mindre effektbehov bør enten "integreres" varmemessig i andre rom eller ved at varmebehovet dekkes gjennom ventilasjonsluften. Radiatorer kan leveres som designradiatorer tilpasset rommet og som håndkletørkere.



10.2.4. Viftekonvektorer og luftvifter



En viftekonvektor er en "radiator/varmebatteri" med vifte. Nye typer har støysvake vifter og egner seg svært godt for montering i haller og stuer. Viftekonvektoren gir en raskere oppvarming enn en tradisjonell radiator ved overstyring av automatikken.



Luftvifter brukes mest i industrilokaler og haller. Viftene kan brukes til kjøling på sommerstid.

10.2.5. Varmevekslere



Varmeveksleren er ikke en varmeavgiver, men en enhet som overfører varmen fra ett sted (primærside) til et annet (sekundærside). Dette skjer uten at mediene (gass eller væske) er i berøring med hverandre. I boliger og vanlige bygg brukes varmevekslere i forbindelse med fjernvarme, i ventilasjonsanlegg (se 2.1.6) og i varmtvannsforsyning. De mest vanlige typene er platevarmevekslere og rørvarmevekslere. For å kunne foreta et riktig valg av varmeveksler, må det oppgis grunnleggende data som:

- Medier på primær og sekundærsiden (vann, gass, glykol, andre væsker)Vannmengde og temperaturer (effektbehov)
- Krav til trykkfall over veksleren
- Materialkrav (korrosivt miljø)
- Størrelse (byggemål)
- Smussfaktor (smussbelegg i kWh/m²)

Varmevekslere kan arbeide etter medstrøms- eller motstrømsprinsippet. Motstrømsvekslere er normalt mer effektive enn medstrømsvekslere.

10.2.6. Ventilasjonsanlegget – varmegjenvinning og varmebatterier

De strenge energikravene, kombinert med kravet om ½ luftveksling pr. time, betyr i virkeligheten at alle nye boliger må ha et ventilasjonsanlegg med varmegjenvinner.

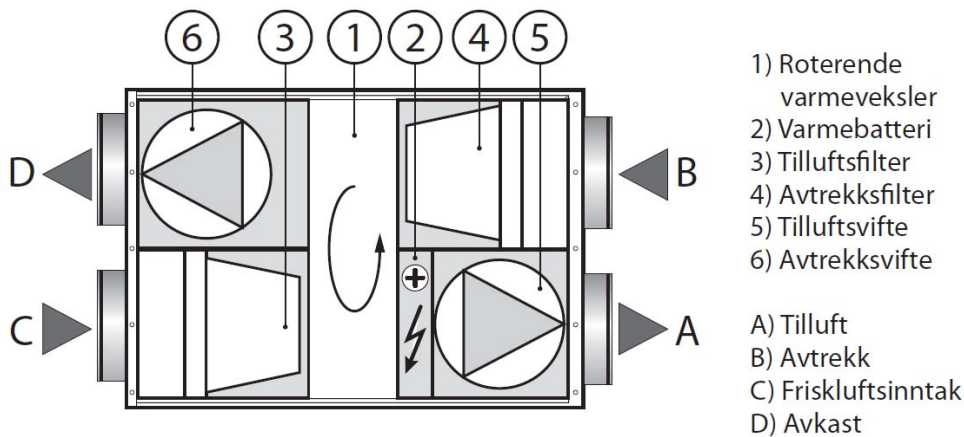
I aggregatet må det være et varmebatteri som sørger for at tilluften har rett temperatur. For vanlig bolighus benyttes kun varmegjenvinnere for luft. Større boliger kan utstyres med varmebatteri for vann, men det behandles ikke i dette kompendiet.

Hver boenhet bør ha separat ventilasjonsanlegg med gjenvinner.

Varmegjenvinnere deles inn i to hovedtyper:

- Regenerative (sykliske) – varmen overføres ved at gjenvinneren har vekselvis kontakt med avtrekksluft og tilluft.
 - Roterende varmegjenvinnere - 70-85 % virkningsgrad
- Rekuperative (statiske) – varmen overføres via skillevegger eller ved hjelp av væske
 - Platevarmeveksler – motstrøm- og medstrømsvekslere – 50-70 % vkningsgrad

Lave utetemperaturer gjør at det dannes kondens i platevarmeveksleren. Kondensvannet må ledes til sluk eller avløp med vannlås. Roterende varmegjenvinner overfører fuktigheten til tilluften.



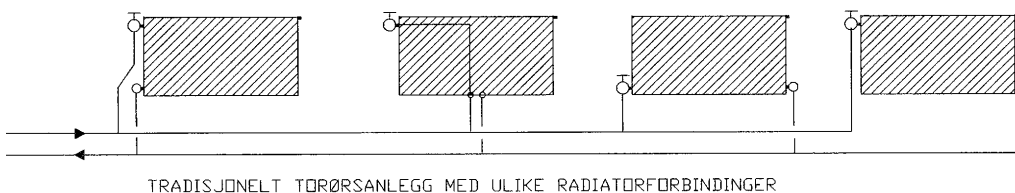
Aggregat med roterende varmeveksler

10.3. Rørsystemet

Her presenteres kort de alternative rørsystemene for vannbårne anlegg.

10.3.1. Tradisjonelt torørssystem

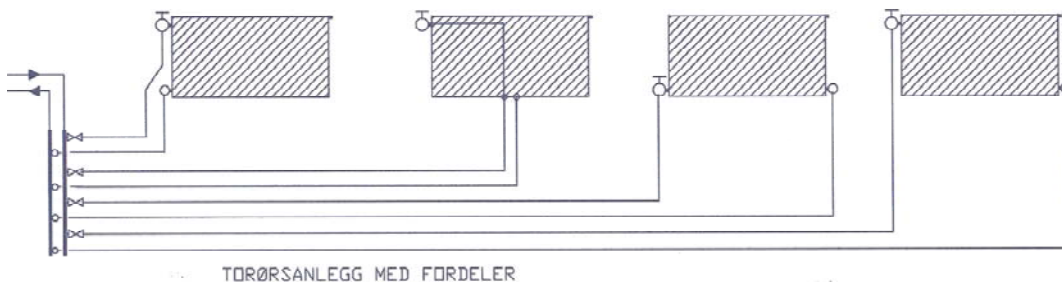
Et tradisjonelt torørssystem har separat tur- og returrør som fordelingsledninger. Radiatorene parallellkoples, men kan også seriekoples i deler av nettet. Vannmengdene avtar og rørdimensjonene på fremføringsledningene blir mindre jo lenger man kommer ut i anlegget. Anleggene kan også utføres med såkalt vendt retur for å gjøre innreguleringen lettere.



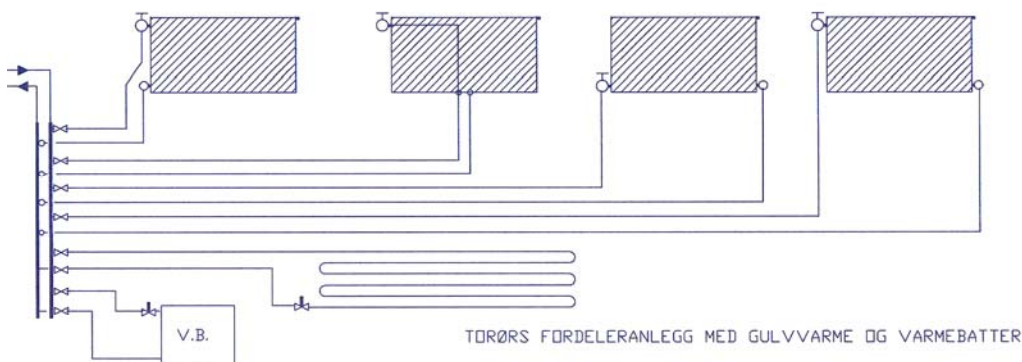
Anleggstypen lar seg lett kombinere med egne kurser til gulvvarme og varmebatteri.

10.3.2. Torørs fordelingsystem

Det vanligste systemet for å frakte vannet frem til varmeavgiverne, har de siste årene vært tradisjonelle torørssystemer fram til fordelere for radiatorer eller gulvvarme. Fra fordeleren legges kurser til hver radiator eller til gulvvarmesløyvene.

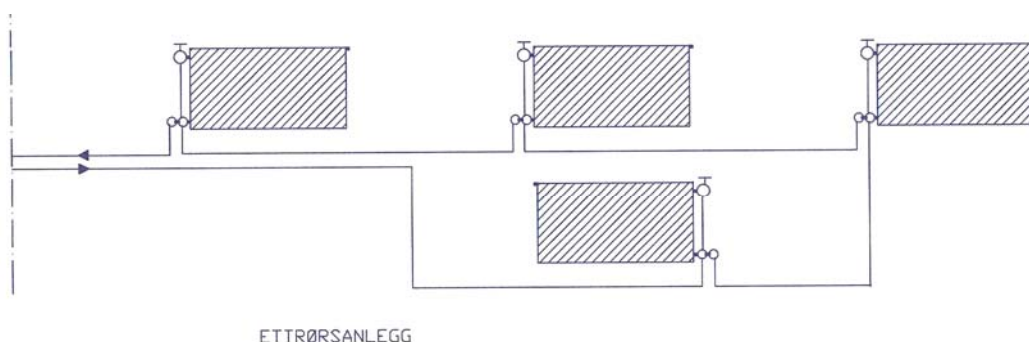


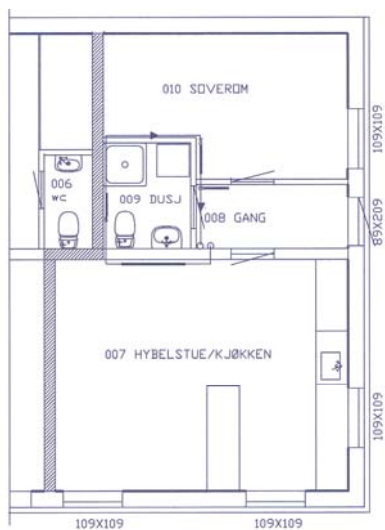
For et torørs fordelingsystem er det enkelt å kople til gulvvarme og varmebatteri. Alle kurser fra fordeleren bør ha avstengnings/reguleringsventiler på hver kurs.



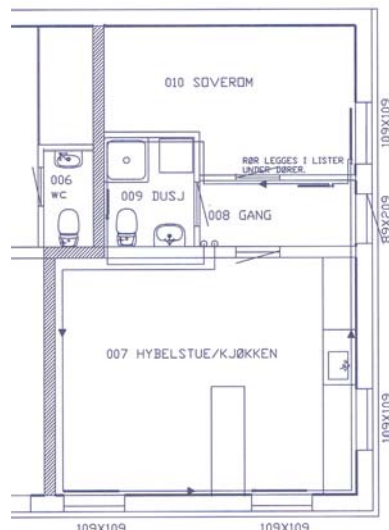
10.3.3. Etrørsanlegg

For å forenkle varmeanleggene, kan det være aktuelt å vurdere bruk av ettrørssystem der forholdene ligger til rette for det. I ettrørssystemet ledes vannet gjennom ett rør som fordeles vannet i den spesielle radiatorventilen. Systemet må beregnes ut fra temperaturfallet over radiatoren. De første radiatorene vil få høyere temperatur enn de siste. Dette må det tas hensyn til ved dimensjonering av radiatorene. Stueradiatorer og radiatorer som krever høy temperatur for ikke å bli for store, bør derfor ligge først på ettrørssløyfen. Røret anbefales lagt i utforede lister, sokler og lignende. Kryssing ved døråpninger kan skje ved nedslissing av røret.





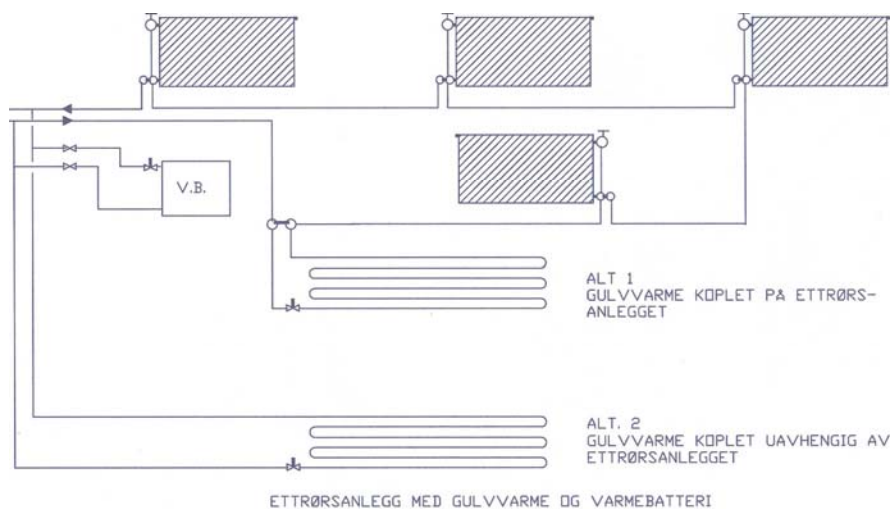
ETTRØRSANLEGG MED RADIATORER PÅ INNERVEGGER



ETTRØRSANLEGG MED RADIATORER PÅ YTTERVEGGER

Som det fremgår av tegningen av hybelleiligheten ovenfor, spares det mange meter rør ved å plassere varmelegemene på innervegger.

Figuren viser ettrørsanlegg for radiatorene og torørssystem til gulvvarme og varmebatteri. Gulvvarmen kan leveres med ventiler som gjør at den kan koples mot gulvvarmen:



ETTRØRSANLEGG MED GULVVARME OG VARMEBATTERI

På badet er det behov for gulvvarme hele året. Alternativ 1 betyr at rørene i hele ettrørsløyfen står varme hele året. Løsningen krever derfor mer energi enn om gulvvarmen har en egen kurs, alternativ 2.

Til rørrnett kan brukes PEX-rør, galvaniserte lette stålrør, kopperrør eller andre rørtyper som tåler langtidstemperaturer på minst 70 °C. Brukes galvaniserte rør og kopperrør i samme rørrnett, må det være en sperre (en messingdel) som hindrer galvaniske strømmer og korrosjon.

Det finnes også alternativer for at gulvvarmen kan tilkoples radiatorsystemet med spesielle fordelere med blendeventil og pumpe. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med gulvvarme i badet.

10.3.4. Dimensjonering av varmerør

Rørdimensjonene i et varmeanlegg regnes ut etter vannmengden som røret skal føre og hastigheten vannet skal ha. Vi kan ta ut rørdimensjonen etter en nøyaktig måte ved hjelp av formel og nomogram eller bruke en overslagsberegning. Regn ut samlet effekt til varmelegemene som skal forsynes av ledningen og bruk formelen

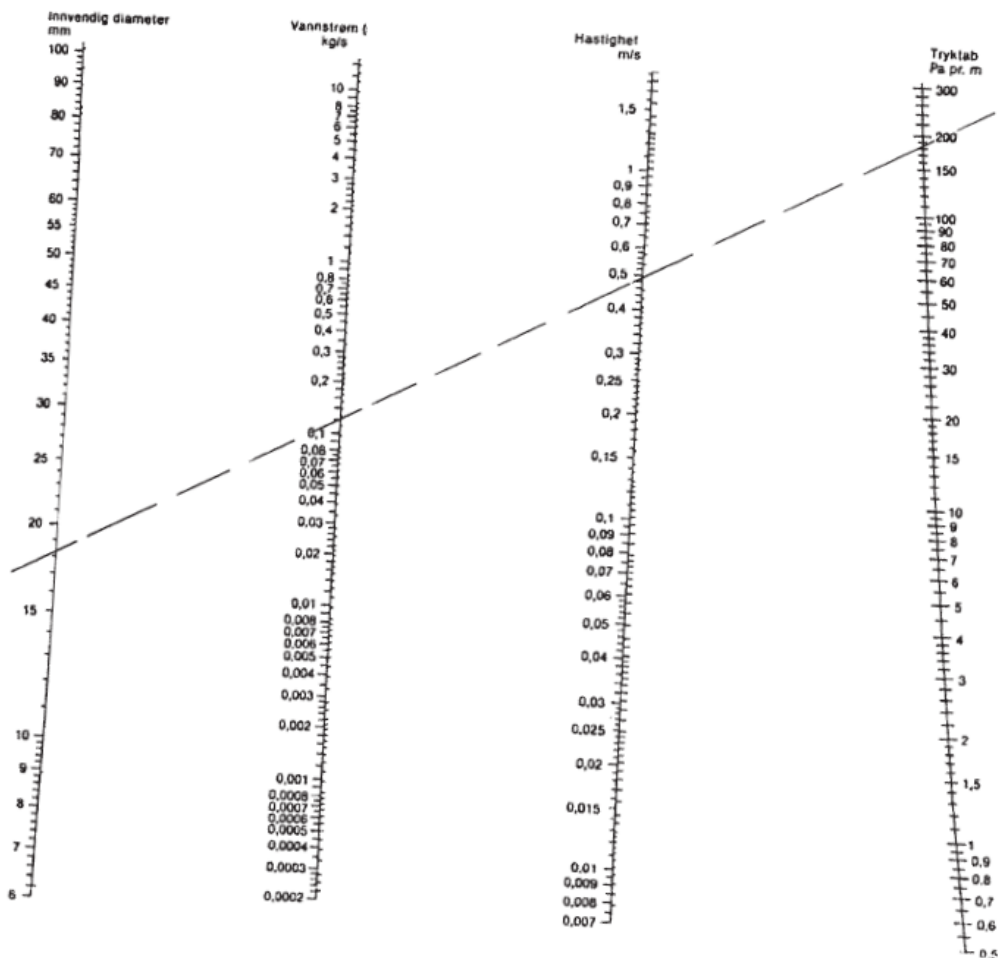
$$m = \frac{q \text{ (kW)}}{4,18 \times (t_{\text{tur}} - t_{\text{retur}})}$$

Sett inn effekten, q, i kW, velg temperaturforskjellen og regn ut vannmengden, m, i l/s. Velg en vannhastighet på ca 0,5 m/s (for korte koplingsledninger kan du gå opp til ca 1 m/s) og ta ut rørdimensjonen etter nomogrammet. Nomogrammet gjelder kun for vann med egenvekt = 1,0 kg/l. Det vil for eksempel si vann uten glykolblanding.

Eksempel: Rørstrekket til et varmelegeme på 7.5 kW skal dimensjoneres. Turtemperaturen er 70 °C og returtemperaturen er 55 °C. Vannmengden blir

$$m = 7,5/4,18 \times 15 \text{ l/s} = 0,268 \text{ l/s}$$

Ved en vannhastighet på 0,5 m/s, blir rørdimensjonen i følge nomogrammet: $D_{\text{innv}} = 18 \text{ mm}$ det vil si et 22 mm lette stålrør utvendig målt, evt 3/4" gjengede stålrør (ND20).



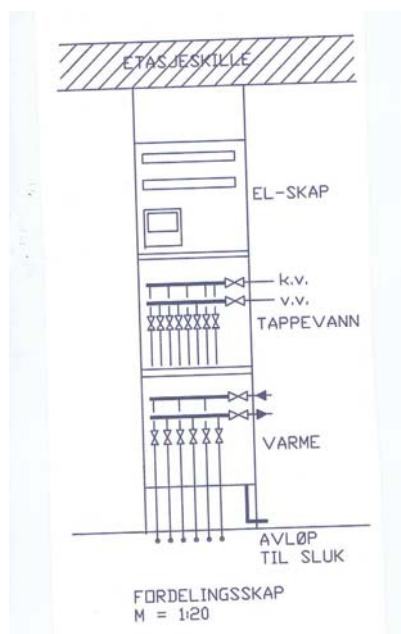
En grovt forenklet metode går ut på at du kan velge dimensjon ut fra effekt i watt og temperaturforskjell mellom tur og retur:

Innv. diam. mm	Utv. diam. stål/cu-rør mm	Utv. diam. PEX-rør mm	Øvre effektgrense i watt ved temperaturredifferanse på:			
			$t_{tur} - t_{retur} = 5\text{ °C}$	$t_{tur} - t_{retur} = 10\text{ °C}$	$t_{tur} - t_{retur} = 15\text{ °C}$	$t_{tur} - t_{retur} = 20\text{ °C}$
8	10	12	500	1000	1500	2000
10	12	15	750	1500	2250	3000
13	15	18	1250	2500	3750	5000
16	18	22	2000	4000	6000	8000
20	22	28	3000	6000	9000	12000
25	28		5000	10000	15000	20000
30	35		7500	15000	22500	30000
35	42		12000	24000	36000	46000

NB! Temperaturforskjellen gjør store utslag på dimensjoneringen! Husk at moderne anlegg som regel har små temperaturredifferanser. Velg heller for stor enn for liten rørdimensjon når du er på grensen mellom to dimensjoner. For små dimensjoner gir store hastigheter og dermed støy- og luftproblemer!

10.3.5. Fordelerskap

For å forenkle anleggene og spare plass, kan det benyttes ulike typer av fordelingskap. Skapene kan, i tillegg til selve fordelerne, inneholde tekniske komponenter som vekslere, pumper og ekspansjonsanlegg. I tillegg kan skapene kombineres med tappevannsfordelere. Skapene kan gjerne monteres i fellesarealer, entreer og ganger, men skal ha overløpsledninger til sluk. I samme skap, over vannkomponentene, kan monteres sikringskap for el-anlegget. Størrelsen på skapene tilpasses behovet. Bredden bør være for innfelling i vegg med stenderavstand 60 cm.



Figur 7.2 Fordelerskap m/komponenter.
Kilde: Varmetema AS

10.4. Ekspansjonsanlegg og sikkerhetsventiler

10.4.1. Åpent system (PRENØK 4.5)

Åpne ekspansjonskar benyttes svært sjelden i moderne vannbårne systemer. Unntaksvis benyttes anleggene i forbindelse med biobrenselanlegg. Åpne kar som ble plassert på loftet var utsatt for korrosjon og lekkasjer som førte til store vannskader. Dessuten er systemene energislukere som ikke er forenelig med krav til god energiøkonomi.

10.4.2. Lukket system (PRENØK 4.6)

Et lukket system har et trykkekspansjonsanlegg bestående av et membrankar og sikkerhetsventil(er). Ekspansjonskar og sikkerhetsventil følger gjerne med i oppvarmingsenheten. Er anlegget utstyrt med store varmeavgivere, viser erfaring at innmontert kar kan være for lite. Det fører til vanskeligheter i forbindelse med utlufting og regulering. Ved driftsproblemer bør det foretas beregninger for å sjekke om karet er stort nok. Alle lukkede systemer som er tilkopleet biobrensel skal ha en automatisk vannpåfyllingsventil som styres av kjeltemperaturen.

10.4.3. Sikkerhetsventiler (PRENØK 5.16, 5.17 og 5.18)

Alle lukkede ekspansjonsanlegg skal utstyres med sikkerhetsventiler tilpasset anleggets arbeidstrykk. Anlegg med effekt større enn 100 kW skal ha to sikkerhetsventiler. Sikkerhetsventiler skal etterses jevnlig og skiftes ved utettheter. Dryppende sikkerhetsventiler er energisløsing.

10.5. Pumper (PRENØK 5.12 og 5.13)

For mindre anlegg inngår sirkulasjonspumpe(r) som regel i oppvarmingsenheten og det er sjelden grunn til å sjekke at pumpestørrelsen er riktig. De fleste ferdiginstallerte pumpene er tradisjonelle med trinnvis manuell regulering, men det finnes også pumper med trinnløs regulering. Moderne pumper skal være energieffektive. Det vil si at de bør være trykkstyrte og hastighetsregulerte. En slik pumpe vil justere ytelsen etter skiftende behov. I den forbindelse er det viktig å huske at effekten endres med tredje potens av turtallet. En dobling av turtallet gjør at effekten som tilføres må være åtte ganger så høy. Pumpen skal være merket med energiklasse. For å unngå undertrykk i anlegget, bør pumpen plasseres i turledningen.

10.6. Utluftere (PRENØK 5.11)

Luft er vannbårne anleggs største fiende. Utluftere skal plasseres på høydepunkter i anlegget eller det kan brukes en luftutskiller som plasseres rett etter kjelen og helst på sugesiden av pumpe.

10.7. Filtre (PRENØK 5.10)

Filtre i varmeanlegg har som hovedoppgave å samle opp partikler og slam i anlegget. Spesielt viktig er det å hindre partikler i å spre seg til radiatorventiler og andre komponenter med trange åpninger. Dessuten skal filtrene sørge for at korrosjonsfremmende partikler ikke brer seg i systemet.

10.8. Ventiler (Varmenormen 4.1)

10.8.1. Stengeventiler

Stengeventiler monteres på alle kurser og opplegg og ved alle større komponenter. Det bør benyttes kuleventiler med hendler. Der det er nødvendig skal stengeventilen utstyres med uttappingsanordning.

10.8.2. Tilbakeslagsventiler

Tilbakeslagsventiler benyttes der det er krav til at væskestrømmen kun skal gå en vei.

10.8.3. Uttappingsventiler

Uttappingsventiler skal monteres i alle lavpunkter i et anlegg. Alle kjeler, vannvarmere o.l. skal ha uttappingsventiler. Ventilene bør plugges når de ikke er i bruk.

10.8.4. Sikkerhetsventiler

Alle varmekilder skal utstyres med sikkerhetsventiler som monteres uten stengemulighet mellomvarmekilden og sikkerhetsventilen. Se avsnittet om ekspansjonskar.

10.8.5. Vekselventiler

Vekselventilen har tre løp og er konstruert slik at to av løpene alltid er åpne. Ventilen brukes gjerne ved sammenkopling av flere varmekilder.

10.8.6. Reguleringsventiler

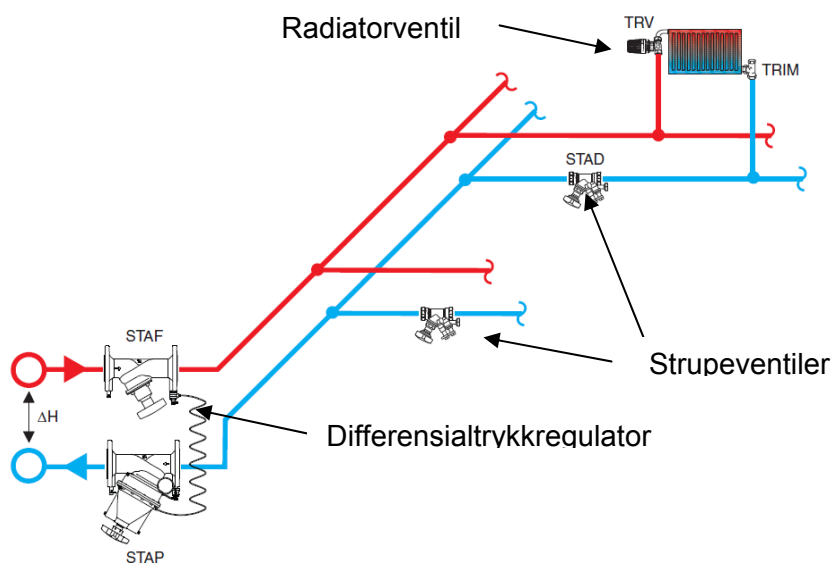
Reguleringsventilene er konstruert for å kunne regulere enten vannmengde, temperatur eller trykk i anlegget. Ventilene styres manuelt eller fra en føler i anlegget.

10.8.7. Strupeventiler

Strupeventilene monteres i rørrettet for å sikre en hydraulisk balanse. Ventilene plasseres i de ulike kursene og ellers hvor det er nødvendig for utbalanseringen.

10.9. Innjustering, styring og regulering (PRENØK 5.0 og 5.1. Varmenormen 5.1.)

Varmeanlegg for små hus innjusteres gjennom forinnstilling av radiatorventiler/gulvvarmeventiler og bruk av reguleringsventiler dersom anlegget har flere kurser (radiatorer og gulvvarme). Det bør være en innreguleringsventil på hver kurs i tillegg til at alle radiatorventiler må kunne forinnstilles.



Anleggets oppbygging og inndeling kan bety at det lønner seg å bruke en differensstrykkregulator som gir forenklet innregulering og større fleksibilitet.

TEK krever at varmeanlegget skal dimensjoneres slik at romtemperaturen ikke synker vesentlig (3 °C) ved ekstreme utetemperaturer. Dessuten skal anlegget være utstyrt med regulering slik at romtemperaturen ikke blir for høy og at varmetilførselen kan reduseres når bygningen eller deler av den ikke er i bruk. Kravet betyr at anleggene må innreguleres og at det må monteres ventiler med automatikk for styring av romtemperaturen. Dette gjøres enklest ved hjelp av romtemperaturfølere og termostatstyrte ventiler. En enkel form for automatisk regulering som er mer utbredt enn tidligere, er start og stopp av pumpe eller av/på-funksjon av magnetventiler/reguleringsventiler med føler i turledningen. Ellers er det fremdeles vanlig med blandeventil (shuntventil) (PRENØK 5.6) og klimaregulator med innstilte fyringskurver.

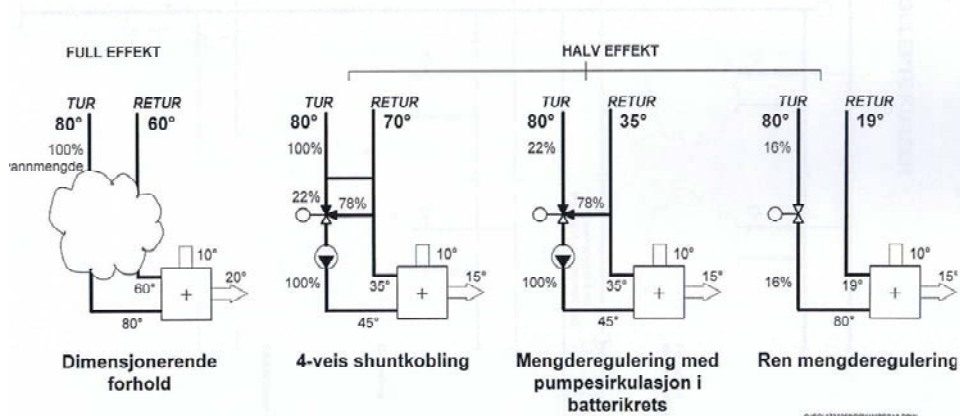
Et vannbåret anlegg reguleres av manuelle eller termostatregulerte ventiler plassert ved:

- varmeavgiverne (styrt av romtemperaturen)
 - radiatorventiler
 - ventiler for gulvvarmeanlegg
- varmekursene (styrt av utefølere i soner)
 - ventiler for mengderegulering
- energisentralene (styrt av uteføler og "fyringskurve")
 - shuntventiler for konstante - eller variable vannmengder
- varmebatteriene (styrt av temperaturen i tilluft og eventuelt for frostsikring)
 - ventiler med by-pass med strupeventil

PRINSIPPSKJEMA

BATTERIREGULERING - ALTERNATIV 80°/60°C

RELATIV VANNAVKJØLING 0.29 (29%)



Det vises ellers til kompendium fra Statsbygg om ulike typer av koplingsalternativer.

10.10. Vannbehandling (PRENØK 5.9)



OH

Vannkvaliteten har mye å si for en optimal drift og energiutnyttelse av et vannbåret anlegg. Med høye vannhastigheter, ulike vannkvalitet, trangere ventiler og lave driftstemperaturer er vannbehandling viktigere enn noen gang. Vannbehandlingen skal sikre at anlegget holdes rent, at rørveggene blir glatte, at ventiler og varmvekslere ikke gror igjen og for å binde oksygen slik at anlegget ikke korroderer. Vannbehandlingen kan skje termisk, kjemisk eller elektrolytisk.

10.11. Isolering (PRENØK 5.14)

Selv i småhus er det viktig at varmen avgis der den skal. Alle fordelingsrør bør derfor isoleres. Det skal brukes isolasjonsmaterialer som tåler minst 70 °C over lang tid. Det er mye å spare ved økte isolasjonstykkelser.

Et uisolert 35 mm rør taper 66 watt pr. løpende meter ved medietemperatur +70 °C. Det betyr et tap på 384 kWh i året. Med 50mm isolasjonstykkelse reduseres varmetapet til 8 watt pr. løpende meter. Det tilsvarer 48 kWh i året.

Høytemperatur anlegg	Turtemperatur 65°C		Returtemperatur 45°C	
	Minimum isolasjonstykkelse:		Minimum isolasjonstykkelse:	
	12 måneders driftstid (Isol.klasse 5)		12 måneders driftstid (Isol.klasse 4)	
				
Rørdimensjon:	Glava TapeLock	AF/Armaflex slange	Glava TapeLock	AF/Armaflex slange
	Rørskål (mineralull)	(cellegummi)	Rørskål (mineralull)	(cellegummi)
<DN 8 (15mm)	20 mm	Overskrider tykkelsene på isolasjonen. Må på dette temperaturområdet benytte seg av Glava TapeLock Rørskål (mineralull)	20 mm	AF-4
<DN 10 (18mm)	30 mm		20 mm	AF-4
<DN 15 (22mm)	30 mm		20 mm	AF-4
<DN 20 (28mm)	30 mm		30 mm	AF-6
<DN 25 (35mm)	40 mm		30 mm	AF-6
<DN 32 (42mm)	40 mm		30 mm	AF-6
<DN 40 (48mm)	50 mm		40 mm	AF-6
<DN 50 (60mm)	60 mm	40 mm	Benytt Glava TapeLock	

Krav til isolasjonstykkelse for rør. 12 mnd driftstid. Omgivelsestemperatur: +20°C.

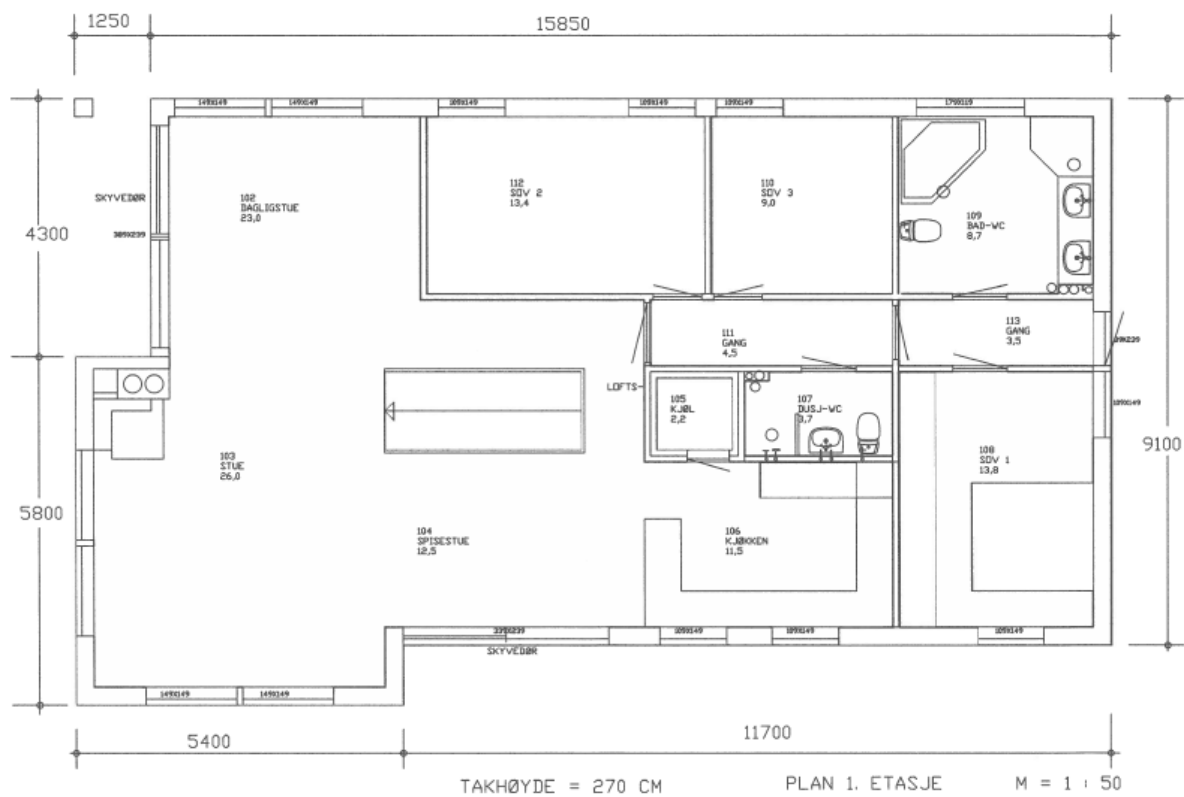
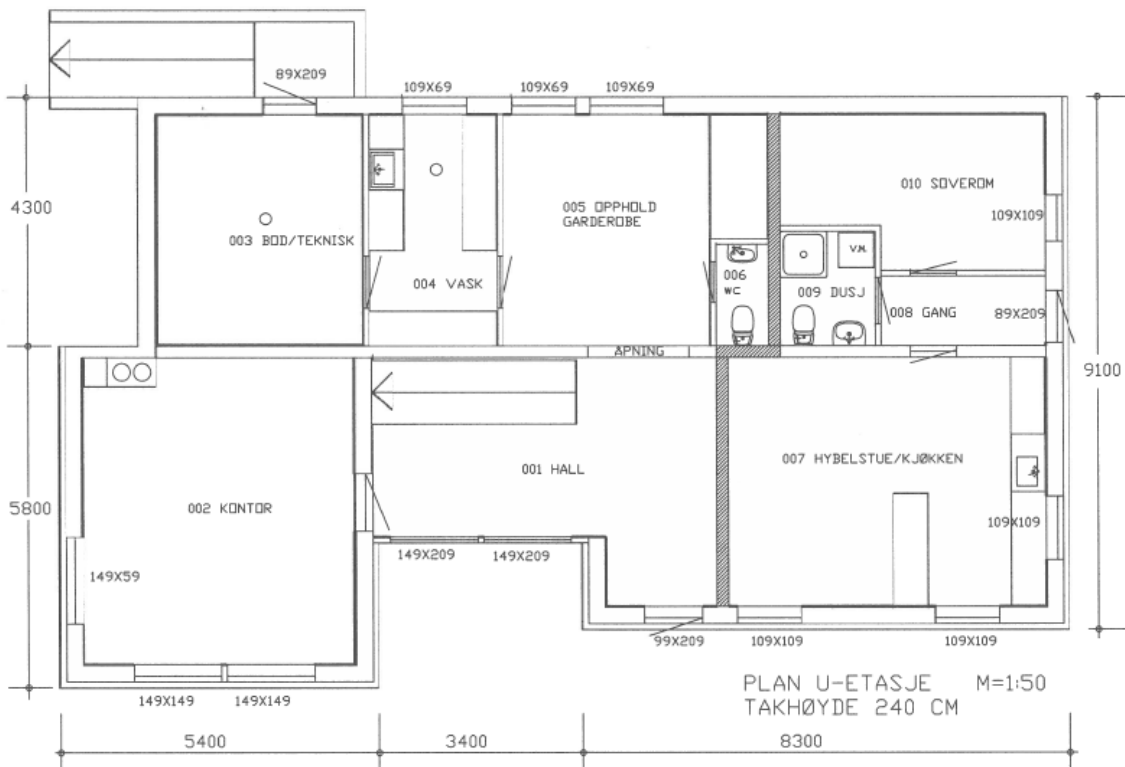
Stive rørskåler $\lambda_{10^\circ\text{C}}=0,032 \text{ W/mK}$. Tradisjonell cellegummi-isolasjon $\lambda_{10^\circ\text{C}}=0,034 \text{ W/mK}$.

Kilde: Glava

www.glava.no

Oppgave

Ta ut aktuelle varmelegemer til eksempelhuset og velg systemløsning for ledningsnett.



11. Stikkordsregister

A

Absorbatorens	87
absorlatorplaten	88
absorpsjonskjølemaskiner	34
akkumulatortank...32; 53; 55; 60; 64; 65; 66; 87; 92; 93; 98; 101; 105; 106; 118; 119; 120; 121; 122; 123	
akkumulatortanken	65; 66; 87; 89; 92; 93; 119
Alternerende drift	54
ammoniakk	70
Animalsk olje	35
Anleggets virkningsgrad.....	56
anleggsvirkningsgrad	57
arbeidsmedier	70; 74
Arbeidsmedier	70
ArchiCad	24
arealbegrepene	24
Arealbehov	114
asimutvinkel.....	97; 98; 99; 100
Askehåndtering.....	54
Askeinnhold	46
Askesmeltepunkt.....	46
askeuttak.....	48; 49
automatikk og styring.....	64
avfallsforbrenning	109; 112
Avfallsvarme	112

B

B5, B30 og B100.....	35
backup	53
balansert ventilasjon.....	13; 20
Bark.....	42; 45
bassengoppvarming	90
Bebygd areal (BYA).....	24
belastningsvariasjoner	75
Beregningsprogrammene	24
Beregningsverktøy.....	24
Bergvarme	77; 78
bergvarmepumpe.....	77
BIM.....	25
biobrenner	35
biobrensel	42; 44; 45; 46; 52; 55; 61; 63; 68; 156
Biodrivstoff	42
bioenergi	46; 112
Bioenergi	30; 31
Biofyringsolje.....	34
Biogass	36; 42
biogassproduksjon.....	36
biologisk fyringsolje	42
bioolje	29; 30; 35; 53; 109; 112
Biovarme	46
BRA, brutto areal	17
Brann i fyrrom.....	58
bransjeregister.....	61; 63
brennerhode	47; 49
brennerhodet	49
brennkammere	48
brennkammeret	49
Brennverdien	64
Brenselkvalitet	45
brenselleverandører	61; 63
brensellogistikken	61
Briketter	42; 43; 45

Bruksareal (BRA)	24
Bruttoareal (BTA)	24
Building Information Modeling	25
bygg over 500 m2.....	7
BygningsInformasjonsModell.....	25
by-pass	71; 72; 158

C

cellulose	43
CO2-utslipp	22
CO2-varmepumper	69
COP	84

D

DDS-Cad tegne- og beregningsprogram	24
deponi	54
deponigass	36
dimensjonerende effektbehov	53
dimensjonerende utetemperatur DUT	11
Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap	36
Distribusjonsnett	112
Dreneringssystemet	95
Driftsforhold	58; 63
driftssikkerhet	72; 78
driftsvilkårene	55
driftsøkonomi.....	8; 58; 63; 79
drivhusvirkning	70
DUT	11; 12; 14; 15; 60; 118; 120
dynamisk beregning.....	22
dynamiske beregninger	25

E

effektbehov	8; 15; 22; 25
Effektbehov	13; 16
Effektbehovet	9; 13; 14; 16
effektbehovsberegningen	15
Effektbehovsberegninger	9; 22
effektivitetskurver	91
effekttapet	11
Egenvekt	37; 46
Ekspansjonsanlegg	115; 155; 156
Ekspansjonsanlegg	156
Ekspansjonskar	94; 156
elektrisk kraft	8
elektrisk varmekolbe	83; 106; 107
elektrokjeler	68
elektronisk strupeventil	74
elektronisk styrte strupeventiler	75
Elektroniske strupeventiler	75
elektronisk-flottørventil.....	74
energiavgifter	32
energibehov	8; 9; 14; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23
energibehovet	8; 18; 22; 79; 80
energibidraget	85
energibruk	8; 15; 19
Energibudsjettet.....	20
energibærere.....	30; 109; 111; 118
energibæreren	111
energieffektiv	9
energieffektivitet	8; 9; 24
energifleksibilitet	29; 30

Energifleksibilitet	6; 29
Energiflis	42; 43
energiforbruk	22
energiforsyning	8
energikildene	16; 20
energimengde	116
Energimerkesystemet	7
Energimåling	113
energipriser	32; 68
energiprodusent	32
Energiramme	17; 18
energirammemetoden	8
energirammene	19; 22
energiressurser	6; 7; 30; 34; 109; 120; 121
energisparing	8
energistandardene	19
energitapet	16; 22
energitilførsel	8
energitiltak	9; 18; 22
Energitiltak	9; 24
energitiltaket	18
energitiltaksmetoden	8
energiutbyttet fra et solvarmesystem	99
energiytelse	8; 22; 28
ENØK Normtall http://naring.enova.no	24
ettrørssystem	152
EU-Direktivet	7
European Committee for Standardisation	46

F

faseforskyvet	72
Feiervesenet	47
feiing	47; 48; 49; 54
fellesmåling	113
filterposer	50
fjernkjølesystem	34
Fjernkjøling	33
fjernvarme	33; 34; 68; 109; 111; 113; 117; 118; 150
Fjernvarme	29; 32; 33; 37; 109; 111; 114
fjernvarmeanlegg	109; 111; 112; 113
Fjernvarmeforsyning	111; 117
Fjernvarmekonsesjon	110
fjernvarmenett	112; 116; 117
fjernvarmerør	45; 115; 117
fjernvarmeselskap	33; 109; 111
fjernvarmesystem	112; 113; 114
flis	29; 30; 42; 43; 44; 45; 46; 49; 59; 61; 62; 63
forbrenningsrist	64
forbrenningsristen	48
forbrenningskammer	48; 56; 61
forbrenningskammeret	49; 53; 61
forbrenningsluft	53
forbrenningsrist	53
forbrenningsristen	48; 61
forbrenningsteknologier	45
Forbrenningsteori	44
Forbrenningsvirkningsgrad	56
Fordamper	69
Fordampere	73
fordamperflaten	73; 75
fordamperinnløpet	75
Fordelerskap	155
foringsrør	41
fornybar energi	7; 32; 44
fornybar gass	36
forskrifter	47
forsyningssikkerhet	8

forvarming	57; 74; 81; 83
Forvarmingen	81
fossile	6; 34; 120; 121
fotoceller	52; 63
fremtidsrettet varmeløsning	32
frostsikker	77
frostvæske	77; 87; 95
fuktinnhold	46; 61
Funksjonsareal (FUA)	24
fylte fordampere	73; 75
fyringsolje	7; 30; 31; 44
Fyringsolje	29; 37
Fyringsparafin	37

G

gass	29; 30; 31; 53; 55; 72; 73; 150
Gass	29; 37; 42
gassnormen	37
gjennomsnittlig enebolig	80
gjennomsnittlig varmetap	32
gjenvinnere	13
glykol	87; 88; 89; 93
grunnlast	30; 31; 32
gulvvarme	29; 59; 76; 77; 80; 145; 146; 147; 152; 153; 157

H

Hafslund	114; 115; 117
hellingsvinkel	97
Heltreflis	42; 43
heteflater	147
HKFK	70
hogstavfall	42; 43
Hogstavfall	43
Hydraulisk oppkobling	60; 65
Hydrogen	56
hydrokarboner	53; 70
høytrykks- og lavtrykksiden	74
høytrykks-flottørventil	74; 75
høytrykkspressostaten	79
høytrykksiden	72; 75
håndklettørkere	149

I

Ikke trykksatte solvarmeanlegg	95
ildsteder	39; 40; 59
Indirekte system	113
Industriflis	42; 43; 45
infiltrasjon	13; 17; 21
Infiltrasjonstap	9
infiltrasjonstapet	13
Infiltrasjonsvarmetap	13
innetemperatur	9; 18
Innetemperaturen	11
innjusteres	157
innstrålte energi	85
inntransporteres	52
Innvendig bulklager	51
investeringskostnad	77
Isolasjon	39; 92
isolasjonstykkelse	10

J

jordforbedring	54
----------------------	----

Jordvarme	77; 78
jordvarmepumpe	77
Jordvarmeveksler/jordkollektor	83
Justeringsfaktor	99; 100

K

kaldras	149
kapasitiv giver	52
karbondioksid	53; 70
Karbondioksid	44; 70
KFK	70
kjeleytelse	57
Kjelvirkningsgrad	56
Klimaforliket	7
klimagasser	8
koaksialkondensatoren	74
koking av anlegget	94
kokspartikler	56
kollektor/samlestokk	89
Kompetansekrav	36
Kompressor	69
komprimeres	72
kondens	12; 41; 151
Kondensator	69
Kondensatorer	74
kondensatortrykket	71
Kondenseringstemperaturen	79; 80
konsesjonsområder	33
konsesjonspliktige	110; 111
konveksjon	59
Konvertering til biofyringsolje	35
Kranløsning	62
krav til fyrrom	46; 47; 64
Krisekobling	115
kuldebroer	12; 21
Kuldebroer	12; 21
kuldebrotapet	12
kuldebroverdi	9; 12; 24
kuldebroverdien	12; 13
kuldemediene	70
kundesentralen	114; 115
Kundesentraler	114

L

Lavenergi- og passivhus	15
lavenergiboliger	83
Lavenergibygging	117
lavenergistandard	18
lavspenningsdirektivet	47
lavtrykks-flottørventil	74; 75
Leca	38; 40
ledeskovler	72
legionella-smitte	106
Lekkasjefare	30
lekkasjetall	13
leveringssikkerhet i fjernvarmenettet	113
levet energi	22
lokalkjøling	9
Luft/luft varmepumper	75; 76
luft/vann	29; 31; 76; 77
Luft/vann varmepumper	75; 76
luftlekkasjer	9
luftsirkulasjonen	13
luftskifter	13; 14
luftskifter pr. time	13
luftspalter	40; 41; 148

luftvekslinger pr. time	9; 13; 14
Luftvifter	150
løsemiddel	35

M

maksimal vanntemperatur	81
massestrømmen	117
mateskruen	48; 54
matetid	54
mengderegulering	79; 117; 158
merkeordningen	18; 20
minus 20 °C	75; 76; 77
Modulerende drift	54
månedsstasjonær beregning	22
månedsstasjonære beregninger	25

N

Natt- og helgesenking	9
naturgass	29; 37
NBI-blad G471.01	10
netto energi	22
Nettoareal (NTA)	24
Norsk Bioenergiforening	61; 63
NS 3031	8; 12; 13; 22; 23; 28
NS 3940	9; 17; 24; 28
NS-EN 15265	22; 25
NS-EN ISO 13790	22; 25
nærvarmesystem	109; 113

O

oljekjel	6; 7; 41; 119; 120; 122; 123
oljekjeler	7; 31
Oppvarmet bruksareal	24
Overhettingsvarmeveksleren	74
overoppheting	58; 89; 90; 93; 98; 99; 101; 104
ozonnedbryting	70

P

panelovner	29; 30; 46; 68; 111
Parafinfyring	34
passivhus	15; 18; 83; 145
passivhusstandard	18
pausefyring	54; 59
Pellets	42; 43; 44; 45; 50; 51
Pelletsanlegg	42
pelletsbrenner	48
pelletsbrennere	48; 55; 61
Pelletsiloen	50
Pellets kamin	29; 46; 59
Pellets kaminer	46
pelletskjeler	31; 44; 46
pelletssilo	50; 51
pelletsvolumet	31
pimpsteinsbetong	38
Pipebranner	39
Plan- og bygningsloven	8
Platevarmeveksleren	74
Pneumatiske systemer	52
primær luft	49
primærenergi behov	22
primærnett	112; 113; 114; 117
pulverbrennere	44
påfyllingsintervallet	50

påfyllingsrøret 50

R

radiatorer 29; 32; 46; 59; 76; 77; 109; 113; 145; 149; 152; 157
Radiatorer 149
radiatorkurs 115
radiatorventiler 156; 157; 158
rammekrav 9; 18
reguleringsparametrene 75
reguleringsprinsipp 54
Reguleringsventiler 157
rehabilitering 6; 10; 30; 38
rentbrennende 47
Rentbrennende vedovner 47
resirkulasjonsfordamper 73
resirkulasjonsfordampere 73
returtemperaturen 79; 82; 149; 154
Returvirke 42; 43
Revit Architecture 24
Ringledningssystem 112
ristelementene 49
risten 49; 61
RIUSKA 24
romoppvarming 6; 19; 20; 78; 80; 83
romvarmebehovet 81; 82
Rullestempel-kompressoren 72
røkgasskondensering 43
rørdimensjoner 34
rørkjelkondensatoren 74
røygassen 39; 41; 48; 49; 54; 55; 56; 57; 59
Røygasstapet 57
røygassstemperatur 39; 40; 54; 55; 57; 60
røygassvifte 48; 49; 59
røykkanalen 39; 40; 41
Rå industriflis 43

S

scroll-kompressor 72
Scrollkompressoren 71; 72
sekundærluften 49
sekundærnett 113; 114
service 58
SFP 9; 14
SFP-faktor 9
sikkerhetsautomatikken 79
Sikkerhetsutstyr 57
sikkerhetsventil 57; 58; 59; 156
sikkerhetsventiler 57; 66; 93; 156; 157
Sikkerhetsventiler 57; 66; 94; 115; 156; 157
SIMIEN 24
sirkulasjonsvannet 115
skorstein 60
Skorstein 38
skorsteiner 38; 39; 40; 41; 120
skorsteinsforing 39
skorsteinsproblematikken 38
skorsteinstopper 40
skruekompressoren 71; 72
Skruekompressorer 71
skruen 49; 51; 52; 58; 59; 71
skruetransportør 51
solceller 85; 102
Soldekningsgrad 97
soldekningsgraden 97; 99; 101
solenergi 85; 86; 87; 97; 100; 102

Solenergi 29; 32; 85
solfanger 83
solfangerareal 85; 88; 101; 104; 107
Solfangerarealet 101
solfangere 29; 85; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 104; 105; 107; 108; 118; 119; 120; 121
Solfangeren 87; 106
Solfangerens orientering 97
solfangerens virkningsgrad 91; 97
solfangerens effektivitet 88
solinnstråling 86; 87; 91; 99
Solinnstrålingen 86
solskjermingsutstyr 9
Solvarme i enebolig 102; 104
solvarmeanlegg 87; 91; 92; 93; 94; 96; 97; 99; 101; 102; 103; 108
Solvarmeløsningen 89
solvarmepanel 94
solvarmesystemet 87; 92
solvarmetanken 107
sommerstid 116; 150
spalteventiler 78
specific fan power 9; 14
spillvarme 34; 109; 112
spisslast 30; 32; 33; 34; 53; 55; 65; 79; 82; 103; 109; 111; 112; 119; 120; 121; 122; 123
spisslastelement 82
spisslastkjel 34
spisslastmuligheter 53; 65
stammeved 43
Standarder for biobrensler 45
stangmatere 62
Stempelkompressoren 71
Stempelkompressorer 71
Stjerneledningssystem 112
storsekk 51
Storsekk 42
Strupeventil 69
strupeventilen 74; 75; 80
Strupeventiler 157
struping 72; 80
strålevarme 59
strålingsbetingelser 98
strålingsenergi 91
støy 72; 77; 155
sugeside 71
Sunnere inn klima 29
Svoveldioksid 44
svømmebasseng 90; 99
sydvendt vegg 99
syklonfilter 54
syreholdig kondens 41
Systemgrenser 22

T

Tank i fyrrom 50
tappevann 6; 7; 16; 19; 22; 31; 32; 33; 69; 70; 74; 76; 77; 78; 79; 81; 82; 83; 87; 92; 95; 97; 99; 101; 102; 104; 105; 109; 111; 113; 117; 118; 120
tappevannsbehovet 81; 97; 101; 104
tappevannskurs 115
Teglskorsteiner 40
TEK 6; 8; 10; 12; 17; 18; 19; 20; 22; 24; 25
TEK07 15; 18; 20; 21
Teknisk forskrift 8; 10
temperaturdifferanse 74; 155
temperaturforskjellen 21; 39; 75; 91; 154

temperaturkrav	74; 80
Temperaturområdet	70
termisk strupeventil	73; 74
Termiske strupeventiler	75
termostatventil	147
tetthet og energitap	13
tetthetskrav	38; 41
Tilbakebrann	58
tilknytningsplikt	110; 111
Tilknytningsplikt	33; 111
tilkoblingssystem	114
Tillufts- og avtrekksvifte	83
tommelfingerregler	96; 99
torørssystem	151; 153
transmisjons-, infiltrasjons- og ventilasjonstapet	15
transmisjonsberegning	12
transmisjonstap	12; 22
Transmisjonstap	9
transmisjonstapet	12; 22
transmisjonstapsberegninger	12
Transportbånd	62
transportskruer	51; 52
Transportskruer	62
trepellets	29; 30; 31; 46; 47; 48; 50; 52; 53; 54; 59
Trepellets	29; 31; 37; 52; 53
trepelletsfyr	48
Trepulver	42; 44; 45
Treveisventilen	81
trykkgassen	74
trykkløse solvarmeanlegg	96
trykksatte	88; 89; 93; 94; 95
Trykksatte solvarmeanlegg	92
trykkventilen	71; 72
Turbokompressoren	72
Turbokompressorer	71
turtallsregulering	71; 72
Tørr industriflis	43
tørrfordamper	73
tørrfordampere	73; 75
tørstoffinnhold	43

U

ultral lyd	52
under/gruppesentral	114
Undermaterstoker	47; 49
undertrykksmåling	49
utekompenserer	80; 81
utekompensering	79; 80; 81; 82
utekompenseringen	80
uteluft	39; 83
utetemperatur	11; 80; 82; 116
Utluftere	156
Utluftingsrøret	50
utmatingsystem	62
U-verdi glass/vinduer/dører	9
U-verdi gulv	9
U-verdi tak	9
U-verdi yttervegg	9
U-verdiene	10; 12
U-verdier	8; 10; 11; 22; 24; 25

V

Vakuumbør	90
Vakuumbørsoverflate	89
Vannbehandling	159
vannbåren varme	8; 29; 30

vannbårent system	30; 31; 77
vannbårene anlegg	30
vannkappe	47; 59; 60
Vannskader	115
varmeanlegg	20
varmebehov	14; 16; 17; 19; 22
Varmebehovet	17
Varmebehovsberegningene	16
varmebehovsberegninger	8
varmedistribusjonssystemene	113
varmeelementer	113
varmegjenvinneren	83
Varmeinnhold	37; 46
varmekilde	68; 73; 75; 78; 83; 84
varmekurser	48
varmeovergangsforhold	73
varmepumpe	31; 32; 33; 34; 68; 69; 75; 77; 78; 79; 80; 82; 83; 95; 107; 111; 118; 119; 120; 121; 123
Varmpumpe	29; 81
varmepumpeanlegg	70; 72; 73; 74; 78
Varmpumpen	31; 68; 76; 78; 79; 80
varmepumper	31; 112
Varmpumper	31; 68; 69; 75; 81; 83
varmepumpeteknologi	68
varmesentralen	42; 79; 114
varmesentraler	44; 118; 119; 120; 121
Varmesentraler	38; 111; 118
varmetap	9; 16; 17; 18; 21; 22; 24
varmetapsrammen	21; 22
Varmetapsrammen	22
varmetapstall	21; 22; 24
varmetapstallet	21; 22
Varmetransportkoeffisienten	21; 22
varmetransportkoeffisienten	21
varmeveksler	33; 48; 59; 65; 78; 83; 89; 95; 106; 111; 113; 115; 117; 119; 150; 151
Varmevekslere	72; 150
Varmt forbruksvann	20
varmtvannsbehovet	84; 97; 107
varmtvannsberedning	80; 81; 82; 83
Ved	42
vedfyring	42; 54
vedfyrte ovner og peiser	40
vedkjeler	64; 65
Vegetabilsk olje	35
Veggvarme	147
Vekselventiler	157
vektceller	52
Vektet U-verdi	11
ventilasjonsanlegg	8; 9; 13
Ventilasjonsluft/luft varmepumper	75
Ventilasjonsluft/vann varmepumper	75
ventilasjonsluftmengde	14
Ventilasjonstap	9
Ventilasjonsvarmepumper	78
Ventilasjonsvarmetap	13
vifteeffekt	9; 14; 25
viftekonvektor	150
Vip-Energy	24
virkningsgrad	14; 31
Virkningsgrad	37
volumendringer	115
værdata	102
væske/vann	29; 31; 77
Væske/vann varmepumper	75
væsketilførsel	75

Ø

økonomisk optimalt..... 81

Å

Åpne ekspansjonskar156
årstemperaturvirkningsgrad9
Årvarmefaktoren81

Enova eies av Olje- og energidepartementet og er etablert for å ta initiativ til å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Vi har som mål at det skal bli lettere for både husholdninger, næringsliv og offentlige virksomheter å velge enkle, energieffektive og klimavennlige løsninger.

Ønsker du mer informasjon om Enova, se www.enova.no eller kontakt:

Enova Svarer

Telefon: 08049

E-post: svarer@enova.no

Enova
Professor Brochsgt. 2
NO-7030 Trondheim

