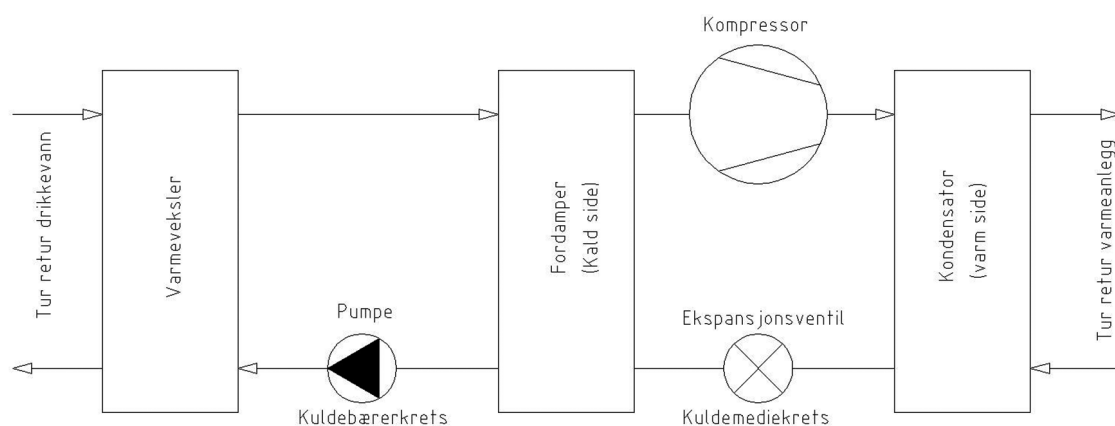




Varmepumper i drikkevannsforsyningssystem



Norsk Vann Rapport

(Tidligere NORVAR-rapporter)

Det utgis 3 typer rapporter:

Rapportserie A:

Dette er de opprinnelige hovedrapportene. Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre. Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B:

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C:

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall

Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Viderealg/formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.



Norsk Vann

Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no

Forsidefoto: Terje Halsan, Sweco.

Norsk Vann Rapport

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norsk vann.no
Internettadresse: norsk vann.no

Rapportnummer: B19 - 2013
ISBN 978-82-414-0343-9 ISSN 1890-9248 (elektronisk utg.)
Dato: 10.06.2013
Antall sider (inkl. bilag): 28
Tilgjengelighet: Åpen: x Begrenset:

Rapportens tittel: Varmepumper i drikkevannsforsyningssystem	
Forfattere: Lars Enander og Terje Halsan, Sweco.	
Ekstrakt: Et minste anbefalt sikkerhetsnivå for bruk av varmepumper i drikkevannssystem er basert på indirekte varmeveksling, hvilket innebærer bruk av en mellomkrets mellom kretsen med drikkevann og kretsen med kuldemedium. Denne mellomkretsen må bestå av en kuldebærer som ikke er helseskadelig. Videre må det sikres at det er en trykkdifferanse mellom kretsen med drikkevann og mellomkretsen med kuldebærer, der kretsen med drikkevannet har et høyere trykk. Systemet må videre omfatte trykksensorer som vil sørge for at varmepumpen stopper automatisk hvis trykkdifferansen i systemet ikke blir opprettholdt. Det anbefales videre å heve sikkerhetsnivået i et varmepumpesystem som benytter drikkevann som varmekilde ytterligere: ✓ Etablering av to uavhengige trykksensorer og styringsenheter som stenger to automatiske ventiler i både tur og retur på drikkevannet før og etter varmeveksler. ✓ Varmevekslere med størst mulig motstandsdyktighet mot korrosjon velges. Dette betyr varmevekslere i enten syrefast stål eller titan. ✓ Varmevekslere med doble rør eller plater representerer en ytterligere heving av sikkerheten. Notatet belyser ved siden av tekniske forhold også en rekke forvaltningsmessige utfordringer ved bruk av varmepumper i drikkevannssystem. Notatet er utarbeidet på oppdrag fra Vannkomiteen i Norsk Vann BA for å vurdere ulike prinsipielle løsninger for varmepumper og risikoen knyttet til disse ut fra et vannhygienisk perspektiv. Med basis i rapporten har Vannkomiteen i Norsk Vann kommet med en anbefaling om ikke å tillate bruk av varmepumper som benytter vann fra ledningsnettet i vannforsyningssystem. En mer utførlig begrunnelse for standpunktet foreligger som et kort notat på Norsk Vanns nettsider – norsk vann.no.	
Emneord, norske: Vannforsyning, varmepumper, risikovurdering, sikkerhet i vannforsyningen	Emneord, engelske: Drinking water distribution systems, heat pump, risk assessment, safety in water distribution systems

Forord

Flere vannverk har varmepumper som benytter vann fra ledningsnettet i vannforsynings-systemet. Flere andre har fått forespørsel om installasjon av slike anlegg. Vurdering av slike installasjoner har både en praktisk og en prinsipiell side.

På oppdrag fra Vannkomiteen i Norsk Vann BA har Sweco Norge AS utarbeidet et notat som belyser ulike prinsipielle løsninger for varmepumper og vurderer risikoen for disse ut fra et vannhygienisk perspektiv. Notatet er utarbeidet våren 2013, av Swecos oppdragsleder Lars Enander som har forestått de vannhygieniske og forvaltningsmessige vurderingene, og Terje Halsan som har vært fagekspert for presentasjon og vurdering av de ulike varmepumpeløsningene. For Norsk Vann BA har Vestfold Interkommunale Vannverk ved prosjektleder Jan Morten Jansen fungert som oppdragsgivers representant. Notatet utgis som en Norsk Vann B-rapport i elektronisk format.

Med basis i rapporten har Vannkomiteen kommet med en anbefaling om ikke å tillate bruk av varmepumper som benytter vann fra ledningsnettet i vannforsyningssystem. En mer utførlig begrunnelse for standpunktet foreligger som et kort notat på Norsk Vanns nettsider – norskvann.no.

Hamar, 10. juni 2013
Kjetil Furuberg

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Innholdsfortegnelse	3
Sammendrag	4
1. Hva er en varmepumpe?	8
1.1. COP	8
1.2. Litt grunnleggende varmepumpeteknologi	8
2. Aktuelle typer varmepumper	10
2.1. Nr. 1 Varmepumpe med kompressor	10
2.2. Nr. 2 Absorpsjonsvarmepumpe	10
2.3. Nr. 3 Hybrid varmepumpe	10
3. Kuldemedier	11
3.1. Varmepumper av type Nr. 1	11
3.2. Varmepumper av type Nr. 2	11
3.3. Varmepumper av type Nr. 3	11
4. Kuldebærere	13
4.1. Hva er en kuldebærer?	13
4.2. Kuldebærere	13
4.2.1. Vann	13
4.2.2. Vann blandet med glykol	13
4.2.3. Vann blandet med alkohol (teknisk sprit)	13
4.2.4. Andre kuldebærere	14
4.3. Hvilken kuldebærer egner seg best?	14
4.4. Valg av kuldebærer ut fra sikkerhetshensyn	15
4.4.1. Med hensyn til helseaspekter	15
4.4.2. Med hensyn til risiko for lekkasjer grunnet korrosjon	16
5. Årsak til forurensning fra et indirekte system	17
6. Tiltak for å redusere risiko for forurensning i et indirekte system	18
6.1. Nødvendig «basissikkerhet» i et indirekte system	18
6.2. Materialvalg som risikoreduserende tiltak	18
6.3. Sikring av trykkdifferanse som risikoreduserende barriere	18
6.4. Bruk av dobbeltveggede platevekslere	19
6.5. Varmepumpe med dobbeltvegget rørvarmeveksler	19
7. Risikovurdering	21
7.1. Innledning	21
7.2. Sikkerhetsbarrierer	21
7.2.1. Trykkdifferanse mellom drikkevannet og kuldebæreren	21
7.2.2. Materialvalg	21
7.2.3. Utforming med doble plater eller dobbeltvegget rørvarmeveksler	21
7.2.4. Driftsovervåking	22
7.2.5. Ekstra hyppig tilsyn og service	22
7.2.6. Oppsummering	22
7.3. Risikoanalyse	22
7.3.1. Sannsynlighet	23
7.3.2. Konsekvens	23
7.3.3. Risikotoleranse	24
8. Forvaltningsmessige forhold	25
8.1. Er energien i drikkevannet et felles gode eller er det først til mølla?	25
8.2. Hvem skal ha ansvaret for drift og vedlikehold?	25
8.3. Vannverkseiers krav til drift og vedlikehold	26
8.4. Tilknytningsavtale	26
8.5. Krav fra Mattilsynet	27
9. Konklusjon og anbefalinger	28

Sammendrag

Et system som baseres på uttak og sirkulering av drikkevann gjennom et varmpumpeanlegg må ha en stor grad av sikkerhet. Et varmpumpeanlegg som benytter drikkevann som varmekilde må som minimum sikkerhet ha en mellomkrets mellom kretsen med drikkevann og kretsen med kuldemedium, dvs. være basert på indirekte varmeveksling. Denne mellomkretsen må bestå av en kuldebærer som ikke er helseskadelig. Videre må det sikres at det er en trykkdifferanse mellom kretsen med drikkevann og mellomkretsen med kuldebærer, der kretsen med drikkevannet har et høyere trykk. Systemet må videre omfatte trykksensorer som sørger for at varmpumpen stopper automatisk hvis trykkdifferansen i systemet ikke blir opprettholdt.

Sikkerheten i forhold til forurensing av drikkevannet vil øke ytterligere ved etablering av to uavhengige trykksensorer og styringsenheter som stenger to automatiske ventiler i både tur og retur på drikkevannet før og etter varmeveksler. Det anbefales i tillegg at man velger varmevekslere med størst mulig motstandsdyktighet med hensyn på korrosjon. Dette betyr at man i stedet for å benytte standardprodukter må bestille veksler i enten syrefast stål eller titan. Varmevekslere med doble rør eller plater representerer en ytterligere heving av sikkerheten. Her vil en lekkasje lekke ut på gulvet og kan detekteres før det har skjedd en gjennomtæring av begge rør eller plater.

Uansett hvor mange sikkerhetsbarrierer som bygges inn i systemet, må en akseptere at det er et risikomoment knyttet til at det kan lekke kuldebærer inn i drikkevannssystemet. Risikoen for at dette skjer er meget liten, men kan ikke utelukkes. Bruk av en ufarlig kuldebærer er derfor meget viktig. En slik kuldebærer er Propylenglykol. Brukes Propylenglykol vil det måtte lekke store mengder inn i drikkevannet før det medfører helsefare. Videre er det maksimalt ca. 30 prosent Propylenglykol i kuldebæreren som sirkulerer i systemet. Denne blandingen mellom Propylenglykol og vann vil fortynnes ytterligere ved lekkasje til drikkevannssystemet. Med de mengder av drikkevann som må sirkuleres gjennom varmeveksleren for å få nok effekt vil konsentrasjonen av propylenglykol i drikkevannet bli meget liten med de sikkerhetstiltak som er skissert.

Den samlede risikoen knyttet til varmpumpeanlegg som er utført med flere sikkerhetsbarrierer mot lekkasje, og med en kuldebærer som ikke er helsefarlig, er svært liten. Det finnes ut fra et ROS-analyseperspektiv med stor sannsynlighet flere andre faktorer i et ordinært vannforsyningssystem som representerer en betydelig større risiko enn et varmpumpeanlegg som er bygget med tilfredsstillende sikkerhetsbarrierer.

Anlegg med en høy grad av sikkerhet er mer kostbare enn anlegg i standardutførelse. Ut fra en helhetsvurdering vil det derfor i mange tilfeller være å foretrekke å basere varmpumpeanleggene på uttak av grunnvann fra borebrønner i stedet for uttak og sirkulasjon av drikkevann.

Det finnes en rekke forvaltningsmessige utfordringer knyttet til bruken av drikkevann i varmpumper. Diskusjonen er i utgangspunktet knyttet til hvordan uttak fra drikkevannssystemet skal håndteres. Forvaltningsmessig vil spørsmål om hvem som egentlig skal få ta ut varme komme opp. Så lenge varmeuttaket til varmpumper er begrenset er dette kun en prinsippdiskusjon, men dersom flere interessenter ønsker å benytte drikkevann som energikilde for varmpumper, vil senkning av temperaturen på enkelte deler av et distribusjonssystem kunne bli så merkbar at denne vil kunne påvirke oppvarmingskostnaden for varmtvann eller øke risikoen for frysing på ledningsnettene eller hos abonnenter. Et likebehandlingsprinsipp vil i praksis bety at ingen eksterne aktører bør få tillatelse til å benytte det offentlige vannforsyningssystemet som varmekilde for varmpumper.

Et grunnleggende spørsmål for vannverkseier er videre om man ønsker å benytte ferdigbehandlet drikkevann i varmepumpeanlegg på veien ut til abonnent. Drift av en energisentral ligger uten tvil ved siden av kjernevirksomheten for vannverkseierne.

Det finnes videre flere motforestillinger til å tillate andre driftsorganisasjoner enn vannverkseiers egen å ha ansvaret for varmepumpeanleggets drift og vedlikehold. Krav til beredskapsrutiner, internkontroll og kompetanse er her sentrale elementer.

Det er således lite som peker i favør av å benytte drikkevann fra det offentlige vannforsyningssystemet i varmepumper. Bruk av grunnvann fra borebrønner synes å være et bedre alternativ, både ut fra tekniske og forvaltningsmessige grunner.

English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norsk vann.no
Website: www.norwegian-water.no / www.norsk vann.no

Report no: B19 - 2013
Report title: Heat pumps in water distribution systems
Date of issue: 10.06.2013
Number of pages: 28

Keywords: Drinking water distribution systems, heat pump, risk assessment, safety in water distribution systems

Authors: Lars Enander og Terje Halsan, Sweco

ISBN: 978-82-414-0343-9
ISSN 1890-9248 (electronic edition)

Summary:

A system based on the extraction and circulation of public drinking water through a heat pump system must have a high level of security. A heat pump system that uses drinking water as a heat source must at least have a safety circuit between the circuit with water and the circuit with refrigerant i.e. be based on indirect heat exchange. The intermediate circuit must contain brine that is not harmful. Furthermore, it must be ensured that there is a pressure difference between the circuit with water, and the intermediate circuit with brine, where the circuit with drinking water has a higher pressure. The system must also include pressure sensors to ensure that the heat pump will automatically stop if the pressure difference in the system is not being maintained.

Safety in relation to the contamination of drinking water will further increase with establishment of two independent pressure sensors and controllers that closes two automatic valves in inflow and outflow of drinking water, before and after the heat exchanger. It is also recommended to choose a heat exchanger with the greatest possible resistance to corrosion. This means using an exchanger in stainless steel or titanium, instead of a standard product. Heat exchanger with double tubes or plates represents a further level of safety, because a leak onto the floor can be detected before either both tubes, or plates, have been breached.

No matter how many security barriers are built into the system, one must accept that there is an element of risk attached with brine leaking into the drinking water. The risk of this happening is very small, but cannot be excluded. Use of harmless brine is therefore very important. One such brine is Propylene Glycol. When Propylene Glycol is used a large amount is necessary to cause health hazard in the distribution system. There is a maximum of approx. 30 percent Propylene Glycol in brine circulating in the system. This mixture between Propylene Glycol and water will be further diluted by leakage into the water system. With the amount of water that must be circulated through the heat exchanger to obtain sufficient effect, the concentration of Propylene Glycol in the drinking water will be very small with the safety measures that have been outlined.

The overall risk-value of heat pump systems equipped with multiple safety barriers against leakage and circulating non-hazardous brine, is very low. From a risk-analysis perspective, there are several other factors in an ordinary water distribution system with

high probability, that represent a significantly greater risk, than a heat pump system built with adequate safety-barriers.

Installations that have a high degree of safety are more expensive than standard installations. Based on an overall assessment, it will in most cases be preferably to make heat pump systems with water withdrawal from groundwater, instead of withdrawal and circulation of drinking water.

There are a number of administrative challenges related to the use of drinking water as heat reservoir for heat pumps. Basically there is a discussion relating to how the withdrawal of drinking water should be handled. For management purposes, the regulation of the amount of heat withdrawn in the distribution system, will come up. As long as the heat output to heat pumps is limited, this is only a principle discussion, but if several interested parties wishes to use water as an energy source for heat pumps, the lowering of temperature at individual parts in the distribution system could be so noticeable that it would increase the heating cost of water or increase risk of pipes freezing in the system or at the subscribers. The principle of equal treatment would in practice mean that no external parties should be allowed to use the public water supply system as a heat source for heat pumps.

A fundamental question for waterworks owners is if you want to use processed and cleaned water for heating pumps on its way to customers. Operation of a power plant is arguably beside the core business of waterworks owners.

There are further objections to allow other organizations than waterworks owner's own to be responsible for the heat pump system operation and maintenance. Requirements for emergency procedures, internal control and competence are central elements.

Thus, there are few arguments in favor of using drinking water from public water supply systems in heat pumps. Use of groundwater from wells seems to be a better option, both for technical and administrative reasons.

1. Hva er en varmepumpe?

En varmepumpe er en teknisk innretning, eller maskineri som tar varme fra en varmekilde med lav temperatur og leverer varmen til omgivelser med en høyere temperatur. Den «pumper» varme fra en lav temperatur opp til en høyere, for å få til dette kreves det at varmepumpen tilføres energi. Jo større forskjell det er mellom temperaturen hvor en henter varmen og temperaturen hvor en leverer varmen jo mer energi kreves.

1.1. COP

For at varmepumpa skal ha noen hensikt må den levere mer energi (varme) enn det den bruker.

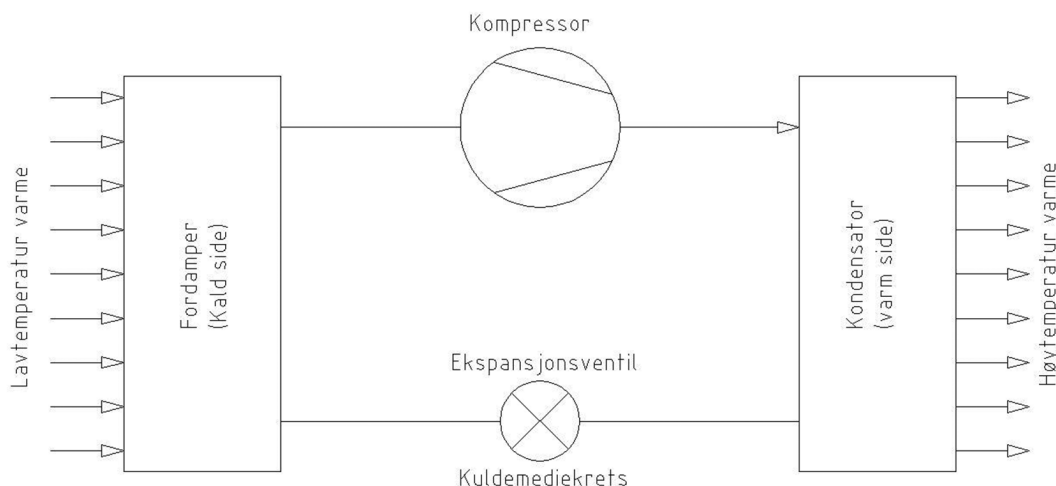
Vi sier at COP må være større enn 1.

COP = Coefficient of performance.
$$\text{COP} = \frac{\text{Avgitt energi}}{\text{Tilført energi}} > 1$$

Hvis COP er lik 1 eller mindre enn 1 ville en ha samme eller større effekt ved å benytte en vanlig panelovn.

1.2. Litt grunnleggende varmepumpeteknologi

De mest vanlige varmepumpene består av fordamper, kompressor, kondensator og ekspansjonsventil. (Se figur 1)



Figur 1

I fordamperen er det en væske (kuldemedium) som koker og fordamper. Væsken må få tilført energi (varme) for å fordampe, akkurat som kaffevannet når det koker. Når kaffevannet koker kommer det damp ut av tuten på kaffekjelen. Skruer vi av strømmen vil kokingen opphøre og det kommer ikke mer damp ut av tuten på kaffekjelen. Vi vet også at hvis vi tetter tuten på kaffekjelen slik at dampen ikke kommer ut så vil trykket inne i kaffekjelen øke og lokke sprette av. Ved hvilken temperatur vannet koker avhenger også av trykket inne i kaffekjelen. Ved vanlig atmosfæretrykk koker vannet ved 100 grader. På toppen av Mount Everest vil vannet koke ved mye lavere temperatur fordi det er lavere atmosfæretrykk i høyden.

En vanlig villavarmepumpe tar varme fra utelufta og leverer varmen til innelufta i villaen. Hvordan er det mulig å ta energi fra luften hvis det er minus 5 grader ute og det er pluss 22 grader inne i stua? Varmepumpa har en fordamper (kjøler) med vifte plassert ute. Viften sirkulerer luft gjennom fordamperen som består av rør med finner på. Inne i

rørene er det en væske som koker ved lavere temperatur enn minus 5 grader. Væsken har en temperatur på, la oss anta minus 12 grader, lufta som er minus 5 grader er derfor 7 grader varmere enn den kokende væsken. Luften avkjøles og avgir varme til væsken som koker inne i rørene. Kompressoren i varmepumpesystemet suger inn dampen som dannes slik at trykket inne i rørene ikke stiger. Væsken blir ikke varmere, akkurat som vannet i kaffekjelen ikke blir varmere enn 100 grader mens vannet koker. Varmen som tas fra utelufta går ikke med til oppvarming av væsken, men til å lage damp som suges inn i kompressoren.

I villavarmepumpa tar vi varme fra minus 5 graders uteluft og skal levere denne til 22 graders luft i stua. Dette får vi til ved at kompressoren komprimerer dampen til et høyere trykk før vi kondenserer den. Kompressoren trykker dampen inn i kondensatoren som, lik fordamperen, består av rør med finner på. Dampen er inne i rørene og en vifte sirkulerer 22 graders stueluft på utsiden av rørene. Hvis kompressoren har komprimert dampen til et trykk som tilsvarer at den kan kondensere ved 30 grader så vil stuelufta varmes opp når den strømmer på utsiden av rørene i kondensatoren. Når lufta varmes opp, avkjøles dampen slik at den kondenserer og blir til væske igjen. Dampen har avgitt varmen som ble opptatt fra utelufta til lufta inne i stua. For å komprimere dampen må vi tilføre energi. Desto større forskjell det er mellom temperaturene ute og inne jo mer energi må en bruke for å pumpe varmen inn i villaen. Det aller meste av energien som går med til kompresjonen overføres til dampen og blir med inn i kondensatoren og overføres til stuelufta.

Avgitt varme til stuelufta = Opptatt energi fra utelufta + tilført energi til kompressoren.

Vi har selvfølgelig tap som reduserer dette, men vi ser bort fra dette i vårt eksempel.

$$COP = \frac{\text{Opptatt energi} + \text{Tilført energi}}{\text{Tilført energi}} > 1$$

Vi ser at så lenge det er mulig å oppta energi fra utelufta så vil COP være større en 1. Dette vil selvfølgelig påvirkes ved dårlig utnyttelse eller dårlig konstruksjon av varmepumpa.

2. Aktuelle typer varmepumper

Det finnes flere typer varmepumper. De mest vanlige er:

1. Varmepumpe med kompressor
2. Absorbsjonsvarmepumper
3. Hybridvarmepumper.

Det finnes også andre typer for spesielle formål, men dette er som nevnt ovenfor de mest vanlige.

2.1. Nr. 1 Varmepumpe med kompressor.

Denne har vi beskrevet ovenfor. COP vil minske vesentlig ved høye temperaturløft.

2.2. Nr. 2 Absorbsjonsvarmepumpe

En slik varmepumpe har ikke kompressor, dampen som dannes i fordamperen absorberes av et sekundærmedium som pumpes opp til ett høyere trykk hvor dampen kokes ut ved å tilføre varme.

Varmen som avgis i kondensatoren er summen av opptatt varme og tilført varme minus tap. Denne type varmepumper har dårligere COP enn pumper med kompressorer og vil kreve større investeringer. Fordelen er at COP er mindre avhengig av temperaturløftet. Varmen kan tilføres som elektrisk energi, ved forbrenning av gass eller olje eller høytemperatur spillvarme.

2.3. Nr. 3 Hybrid varmepumpe.

Dette er en blanding av Nr. 1 og Nr.2. Absorbsjonsanlegg med kompressor.

Disse kan levere varme ved høye temperaturer med gode COP verdier. Systemet har vært vanskelig å få til å fungere i praksis, men funksjonen er i henhold til leverandøren nå vesentlig forbedret.

3. Kuldemedier

Et kuldemedium er det mediet varmepumpen bruker for å transportere varme. Kuldemediet fordampes i fordampere, kompressoren trykker dampen inn i kondensatoren hvor mediet kondenserer og blir til væske som igjen strømmer inn i fordampere.

3.1. Varmepumper av type Nr. 1

Disse kan bruke mange forskjellige typer kuldemedier.

Syntetiske som: HFK (Hydrofluorkarboner)

Naturlige som: NH_3 (Ammoniakk), CO_2 (Kullsyregass), Hydrokarboner (Propan, Butan etc.)

3.2. Varmepumper av type Nr. 2

De mest vanlige typene bruker NH_3 (Ammoniakk) og vann eller Litium Bromid og vann.

3.3. Varmepumper av type Nr. 3

De som fungerer i dag bruker NH_3 (Ammoniakk) og vann.

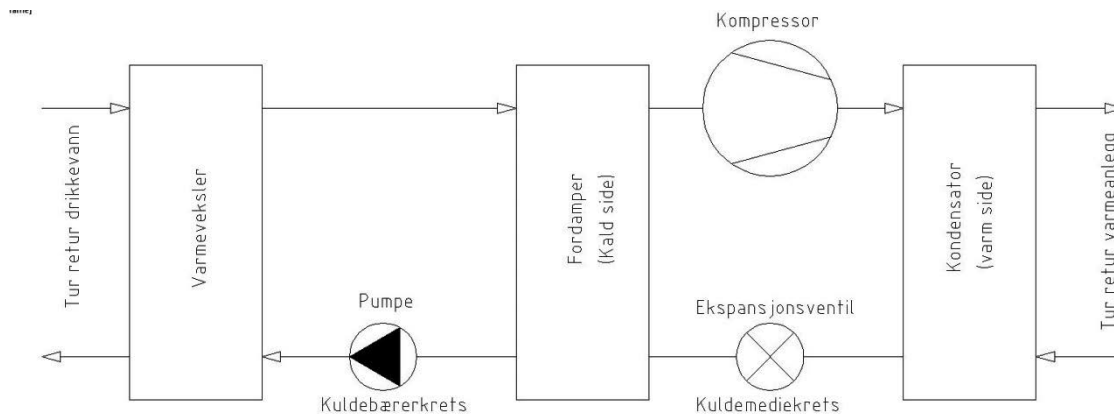
Av de stoffene som er nevnt ovenfor er det kun CO_2 som er ikke kategorisert som farlig i forbindelse med næringsmiddel. CO_2 finnes i brus, øl, musserende viner etc. En eventuell lekkasje mellom kuldemedium og drikkevann ville derfor i utgangspunktet ha en mindre konsekvens enn for øvrige kuldemedier.

CO_2 brukt i en varmepumpe vil normalt være forurensset av smørolje fra kompressoren. Dette betyr at en vil risikere at smørolje havner i drikkevannet sammen med kullsyren. De oljetyper som normalt brukes er kategorisert som miljøgift og noen er også mistenkt for å være kreftfremkallende. Det finnes oljefrie kuldekompressorer, men om disse kan brukes med CO_2 er usikkert. Et slikt anlegg vil i alle tilfelle involvere en god del pionerarbeid.

En varmepumpe brukt i forbindelse med drikkevann bør derfor uavhengig av hvilken type varmepumpe en velger prosjekteres slik at kuldemediet ikke kan komme i kontakt med drikkevannet som brukes som varmekilde.

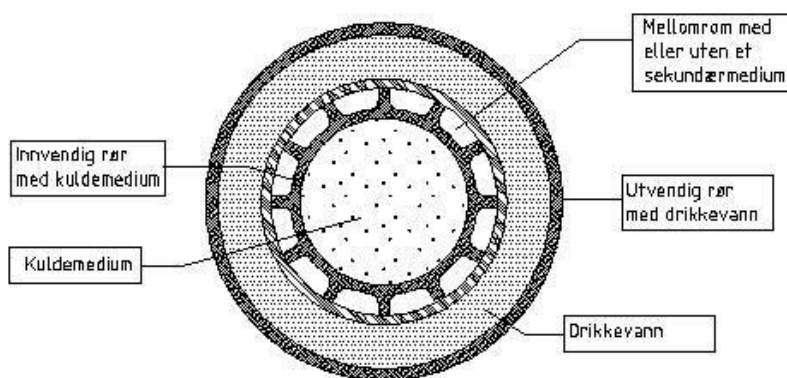
Det er flere måter dette kan ordnes på, de mest vanlige er:

1. Indirekte varmeopptak. Dette medfører at varmepumpa kjøler en kuldebærer som ikke er giftig eller helseskadelig, kuldebæreren avkjøler deretter drikkevannet. Se figur 2
2. Dobbeltvegget rørvarmeveksler med eller uten sekundærmedium. Dette er en kostbar og plasskrevende varmeveksler med dårlig varmeoverføringsevne. Se figur 3



Figur 2

Indirekte varmeopptak som vist i figur 2 er analogt med system brukt for varmepumpe med energibrønner (grunnvannspumper). Den vanligste kuldebærer er i slike anlegg en blanding av vann og sprit eller en blanding av vann og propylenglykol. En varmepumpe med energibrønner har ikke varmeveksler slik som vist på figur 2, men lange rørslynger ned i alle borehullene.



Figur 3

4. Kuldebærere

4.1. Hva er en kuldebærer?

Vannet i et radiatorsystem er en varmebærer. Dvs. det frakter varme fra fyrkjelen og avgir den til omgivelsene i radiatorene. En kuldebærer frakter også varme. Forskjellen er at en kuldebærer opptar varme og avgir den i fordampere på varmepumpa eller kjølemaskinen.

4.2. Kuldebærere

4.2.1. Vann

Vann er en meget god varme- og kuldebærer. Det er vann i radiatorsystemene til varmeanlegg og det er vann i isvannssystemene på klimakjølingen i store bygg. Vann med normalt trykk koker ved 100 grader og fryser ved 0 grader. Vann har stor spesifikk varmekapasitet og det er god varmeovergang mellom veggen i varmeveksleren og vannet. Rent vann er et næringsmiddel og derfor ikke i utgangspunktet helseskadelig, men man kan ikke utelukke bakterievekst i et vann som benyttes som kuldebærer. Sammen med oksygen er vannet korrosivt. Ulempen er at rent vann ikke kan brukes for systemer hvor temperaturen er under null grader.

4.2.2. Vann blandet med glykol

Dersom en skal bruke en kuldebærer som har lavere temperatur enn null grader må kuldebæreren ha et frysepunkt som også ligger under null grader. Det mest vanlige er å benytte en blanding av vann og glykol. Den mest vanlige glykolen er den vi benytter som frostvæske på biler dvs. etylenglykol. Etylenglykol har gode egenskaper ved de lave temperaturene en har i anlegg i Norge. Etylenglykol er dog karakterisert som miljøgift og derfor uegnet i forbindelse med drikkevann.

I næringsmiddelindustrien benyttes propylenglykol som i henhold til produktdatablader ikke er helseskadelig på samme måte som etylenglykol. Propylenglykol har dårligere varmeegenskaper enn etylenglykol. Den er mer viskøs og har derfor dårligere varmeovergang mellom veggen i varmeveksleren og vann glykolblandingen. Større viskositet medfører også større effektforbruk på pumpene.

Vann - glykolblandinger har også dårligere spesifikk varmekapasitet enn vann.

4.2.3. Vann blandet med alkohol (teknisk sprit)

En blanding av vann og sprit er en god kuldebærer. Det er god overgang mellom veggen i varmeveksleren og spritblandingen, viskositeten er liten slik at effektforbruket til pumpene blir omtrent som for vanlig vann. Spesifikk varmekapasitet er også nesten som for rent vann.

Vann blandet med sprit er brennbar, jo mer sprit dess større brennbarhet. En annen ulempe er at hvis det kommer oksygen inn i spritblandingen så blir den svært korrosiv. Et vannbehandlingsanlegg som fjerner oksygen i denne kretsen er derfor påkrevet. For å hindre at luft kommer inn i et hvert system med kuldebærer er det nødvendig å holde overtrykk i hele kuldebærerkretsen.

Spritblandingen som selges er såkalt teknisk sprit, dvs. sprit som er denaturert. De er ikke drikkbare, men ikke kategorisert som helsefarlige.

4.2.4. Andre kuldebærere

Det finnes også andre typer kuldebærere som er benyttet. Klorkalsiumlake benyttes i kjølesystemet til mange av skøytebanene. Klorkalsiumlake er svært korrosiv hvis den kommer i kontakt med oksygen og er lite ønskelig i drikkevannet.

Kaliumformiat har også blitt brukt i næringsmiddellegg. Det har vært store problemer med lekkasjer. Om anlegget er tett under trykkprøving med vann kan det lekke når blandingen med Kaliumformiat fylles på. Kuldebæreren er svært korrosiv i forbindelse med oksygen.

En blanding av vanlig salt (NaCl) og vann er også et alternativ. Problemet er også at dette er svært korrosivt. Ut fra et helseperspektiv så er faren svært liten med de lekkasjemengdene vi snakker om.

4.3. Hvilken kuldebærer egner seg best?

For å kunne svare på dette må en vite hvilke temperaturer en opererer med.

For å ta ut varme fra drikkevannet må dette avkjøles. Jo varmere vannet er jo mer kan det avkjøles før vi nærmer oss frysepunktet på null grader.

Effekten som kan tas ut av vannet kan regnes ut fra følgende formel:

$$P = m * c * \Delta t$$

P = Effekt i kW

m = sirkulert mengde kg/s

c = spesifikk varmekapasitet kJ/kg °C

Δt = temperaturdifferanse °C

Vannet har størst tetthet (egenvekt) ved +4 grader. Dette vil normalt være temperaturen på dypt vann om vinteren. Har vi vann med +4 grader om vinteren når vi har størst varmebehov, så kan vi senke temperaturen maksimalt 4 grader før vannet begynner å fryse. Ved å senke temperaturen så mye risikerer vi frost i varmeveksleren. Vi bør derfor i praksis holde oss over frysepunktet og gå ut fra avkjøling ned til maks +1 grad for å være på den sikre siden. Vi bør også dimensjonere varmeveksleren slik at minimumstemperaturen på plateveggene ikke kommer under null grader. Skjer dette kan vi få lokal påfrysning av is som hindrer gjennomstrømningen til vannet. Dette vil igjen akselerere påfrysningen og vi ender opp med en igjenfrosset varmeveksler.

Ut fra hva som nevnes ovenfor blir maksimal temperaturdifferanse (Δt) som kan utnyttas 3 grader.

Med en sirkulert vannmengde gjennom varmeveksleren på 1kg/s (dvs. 1 l/s) kan vi da ta ut maksimalt:

$$1 \times 4,19 \times 3 = 12,57 \text{ kW}$$

Hvis temperaturdifferansen økes til det dobbelte vil vi kunne ta ut dobbelt så stor effekt. Minkes temperaturdifferansen til det halve vil vi få halvparten så stor effekt. Hvis vi kan senke temperaturen kun 1 grad vil vi kunne ta ut en varmeeffekt på 4,19 kW for en sirkulert mengde på 1kg/s (1 l/s).

Vi ser her at ved små temperaturdifferanser blir det relativt store vannmengder som må sirkulere gjennom varmeveksleren. Dette gjelder også for kuldebæreren fordi denne ikke kan være svært mye kaldere enn vannet hvis vi skal unngå frost. Skal vann og kuldebærer pumper så resulterer dette i store pumper og stor varmeveksler.

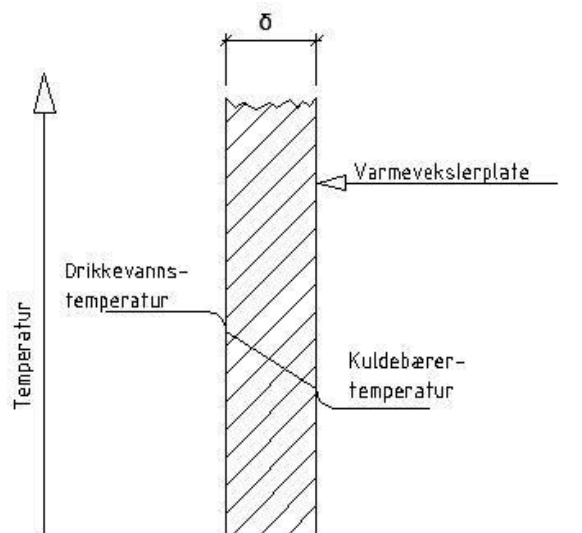
Hvis vi ønsker en varmeeffekt på 300 kW ut av varmepumpa så kan vi som en tommelfingerregel si at vi må ta ut $300:1,3 = 231$ kW fra drikkevannet. Avgitt varme blir da varme tatt fra drikkevannet pluss motoreffekten til kompressoren som til sammen blir 300 kW.

Senkes temperaturen 3 grader vil dette tilsvare en sirkulert drikkevannsmengde på 18,38 kg/s.

Hvis vanntemperaturen kun kan senkes 1 grad vil dette tilsvare en sirkulert mengde på 55,13 l/s.

Når vi har så lave temperaturer er vi også avhengige av at kuldebærertemperaturen har et lavere frysepunkt enn null grader.

Hvis varme skal kunne overføres fra drikkevannet til kuldebæreren må vi ha en temperaturdifferanse. Det trengs en temperaturdifferanse for å overføre varme fra vannet til platen i varmeveksleren, det trengs videre en temperaturdifferanse for å transportere varme gjennom plateveggen og det trengs også en temperaturdifferanse for å transportere varme fra den andre siden av plateveggen til kuldebæreren, se figur 4.



Figur 4

Det samme skjer i fordamperen til varmepumpa. Kuldemediet i varmepumpa som skal oppta varmen vil ved lave vanntemperaturer være flere grader under null.

Hvis vi ikke har en kuldebærer som har et lavere frysepunkt enn null grader så vil kuldebæreren fryse. Vi ser også at selv om det ikke fryser i varmeveksleren så kan det være frostfare i fordamperen til varmepumpa hvor vi har den laveste temperaturen.

4.4. Valg av kuldebærer ut fra sikkerhetshensyn

4.4.1. Med hensyn til helseaspekter

Det beste ville være rent vann, men dette er kun mulig hvis temperaturene på varmekilden (dvs. drikkevannet) er relativt høy. Vanlige vintertemperaturer på maks +4 grader er ikke høye nok. Er vannkilden ellevann vil temperaturen kunne synke ned mot null grader. I et slikt tilfelle kan en ikke benytte varmepumpe.

Av de andre kuldebærerne en har erfaring med peker propylenglykol og spritblandinger seg ut. Siden både propylenglykol og spritblandinger er godkjent for bruk i varmepumper som henter varme fra grunnvannet kan miljøfaren ikke være karakterisert som stor med de konsentrasjoner en vil oppnå ved en lekkasje.

4.4.2. Med hensyn til risiko for lekkasjer grunnet korrosjon

En blanding av vann og propylenglykol er i liten grad korrosiv. Vanlige blandinger av etylenglykol og vann er heller ikke korrosive hvis en kan hindre at det kommer oksygen inn i kuldebæreren. Men her er en avhengig av et fungerende renseanlegg for kuldebæreren. Man har med dette introdusert en ny avhengighet som kan svikte. Propylenglykol vil ut fra dette være det beste alternativet. Det er meldt om problemer med korrosjon på anlegg med spritblandinger, men det er ikke meldt om korrosjonsproblemer som vi vet om med propylenglykol. Dette bekreftes også av et av de større kjølefirmaene som leverer varmepumper og kjøleanlegg til forskjellige anlegg i hele Norge. Ved å velge de alternativene som det konkluderes med ovenfor, vil risiko for forurensning være redusert så langt det er mulig med et indirekte system.

Varmepumpa vil være relativt rimelig siden det benyttes standard komponenter som er «hyllevare» og masseproduseres. Benyttes en dobbeltvegget varmeveksler vil dette øke prisen en del. Dobbeltveggede vekslere leveres likevel etter bestilling. Som ekstra sikkerhet kan en velge plater i en slik veksler utført i Titan. Titan er dyrt og vil øke prisen i forhold til for eksempel syrefast stål. Se mer om dobbeltveggede varmevekslere i punkt 6.4.

5. Årsak til forurensning fra et indirekte system

Risiko for at kuldebæreren i et indirekte system skal kunne forurense drikkevannet kan være et reelt problem. Hvis det er en lekkasje i varmeveksleren vil selvfølgelig kuldebæreren kunne lekke ut og forurense drikkevannet.

De mest effektive varmevekslerne er platevarmevekslere, hvor det er drikkevann på den ene siden av platen og kuldebærer på den andre siden. Mellom platene er det normalt pakninger. Det finnes også vekslere som er loddet, dvs. uten pakninger. Fordelen med vekslere med pakninger er at den kan åpnes, inspiseres og rengjøres. Hvor ofte dette må gjøres avhenger av hvor mye partikler det finnes i vannet. Hvis det er råvann vil det naturlig være mer partikler enn hvis vannet er rensset, men selv rent vann vil kunne inneholde partikler etter transporten i ledningsnett, for eksempel ulike korrosjonsprodukter.

I en veksler med pakninger er det mulighet for lekkasje i pakninger og lekkasje på grunn av at platene har korrodert. Hvis det er lekkasje i pakningene vil mediet som lekker renne ut på gulvet hvor veksleren er plassert. En pakningslekkasje vil normalt ikke medføre lekkasje mellom mediene.

En lekkasje mellom drikkevannssiden og kuldebærersiden vil kunne oppdages relativt enkelt og hurtig ved at trykket i kuldebærererkretsen endres siden denne er en lukket krets. Dersom trykket i drikkevannskretsen er større enn trykket i kuldebærererkretsen vil det lekke vann inn i kuldebærekretsen til trykket er utjevnet. Kuldebæreren vil normalt ikke kunne lekke ut før det er likt trykk og da vil utvekslingen mellom vann og kuldebærer være liten hvis hullet som forårsaker lekkasjen ikke er for stort.

Hvis trykket i kuldebærererkretsen er høyere enn trykket i drikkevannskretsen vil kuldebæreren lekke ut i drikkevannet inntil trykket i begge kretsene er like. Deretter vil utvekslingen mellom kuldebærer og drikkevann være som nevnt ovenfor.

For at en lekkasje skal kunne skje må platene i varmeveksleren ha korrodert slik at det har blitt et hull i platene som skiller kuldebærer og drikkevann

6. Tiltak for å redusere risiko for forurensning i et indirekte system

6.1. Nødvendig «basissikkerhet» i et indirekte system

Ut fra hva som er nevnt ovenfor må platene ha korrodert for at det skal kunne skje en lekkasje mellom drikkevann og kuldebærer. I tillegg må trykkforholdene være slik at væske fra kuldebærererkretsen skal kunne trenge inn og forurense drikkevannet. Vi har tidligere presentert varmeveksling i indirekte systemer med bruk av kuldebærere som ikke er helseskadelige og som resulterer i liten konsekvens ved en eventuell lekkasje og med trykkfølere som kontrollerer at trykkforholdene i systemet forhindrer at kuldebærer vil forurense drikkevannet ved en lekkasje. En slik teknisk løsning representerer et basis sikkerhetsnivå for varmevekslere der forurensning av varmekilden (i dette tilfellet drikkevannet) er sterkt uønsket. Sikkerhetstiltak som bidrar til å redusere risikoen ytterligere for forurensning av drikkevannet følger nedenfor.

6.2. Materialvalg som risikoreduserende tiltak

Et tiltak som vil være risikoreduserende er å velge et mer korrosjonsbestandig materiale enn det som forekommer i standardproduktene. Materialer i platene som er mer motstandsdyktige mot korrosjon forårsaket av drikkevannet og/eller kuldebærer enn standardmaterialene er syrefast stål (AISI 316) eller titan. Pakningene må også være motstandsdyktige mot drikkevannet, kuldebærer og gasser i lufta. Faren for lekkasje er da redusert. Platemateriale og pakninger må være laget av et materiale som er godkjent for bruk i drikkevann. Vanligvis vil et slikt materiale være en dårlig varmeleder, men platene er relativt tynne så avstanden varmen skal ledes gjennom er liten. Ved å foreta normalt vedlikehold som også omfatter åpning og inspeksjon av platene og pakningene i veksleren med akseptable intervall vil tilløp til korrosjon og eller elding av pakninger kunne avdekkes før det har skjedd noen skade. Faren for lekkasje er derved ytterligere redusert.

6.3. Sikring av trykkdifferanse som risikoreduserende barriere

Dersom lekkasje forårsaket av korrosjon eller andre årsaker allikevel skulle inntre er det viktig å konstruere systemet slik at vannkretsen har et høyere trykk enn kuldebærererkretsen. Systemet konstrueres med følsomme trykksensorer i kuldebærererkretsen. Man vil da umiddelbart oppdage en lekkasje ved at trykket i kuldebærererkretsen stiger. Når en lekkasje er detektert må varmepumpa stoppes, vannkretsen stenges med automatiske motordrevne ventiler og pumper stoppes. Systemet må ikke startes før feilen er rettet. Som en ekstra sikkerhet kan en slippe av trykket i kuldebærererkretsen ved å åpne en automatisk motordrevet ventil (eller magnetventil). Kuldebæreren som ikke er karakterisert som miljøfarlig kan dreneres i et avløp eller samles i et dertil egnet basseng. Sikkerhetsbarrierene bør utføres med dobbel sikkerhet, dvs. to trykkfølere med separate styringsenheter og to dreneringsmuligheter. Har en også dobbelt sett med motorventiler vil en øke sikkerheten enda mer.

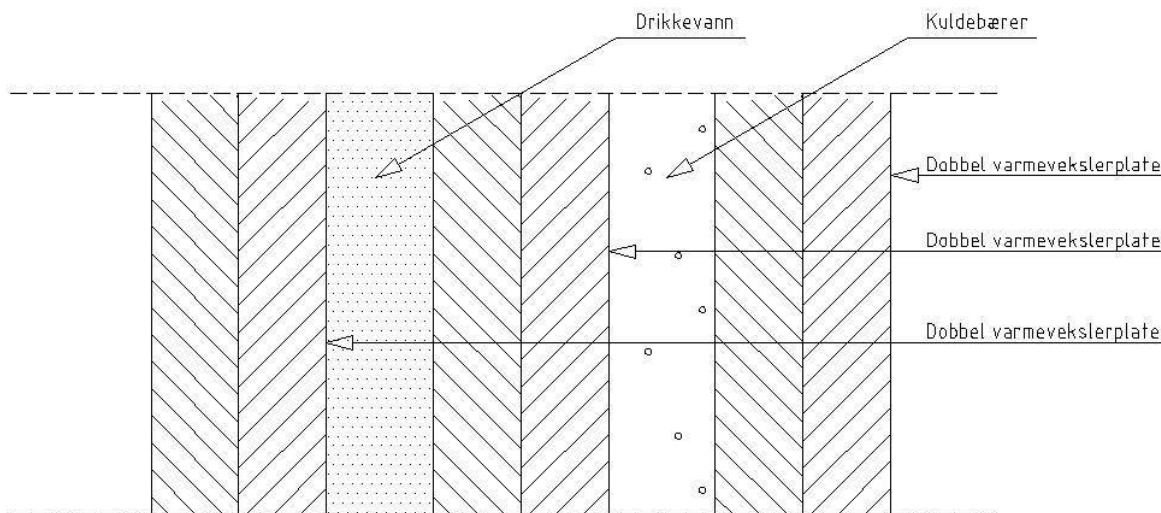
Det er viktig at en ved dobbel sikkerhet gjennomfører dette konsekvent. Det hjelper for eksempel lite at en har to trykksensorer som gir signal til en felles styringsenhet. Styringsenheten kan også svikte. En må derfor utføre systemet med dobbel sikkerhet både med følere og styringsenheter.

Prinsippet for å hindre overføring av kuldebærer inn i drikkevannet er det samme som har vært benyttet for melkepasteurer, hvor en har samme problematikken under pasteurisering av melk.

En lekkasje av kuldemedium inn i varmebæreren vil umiddelbart medføre en trykkøkning i varmebærersystemet som vil kunne detekteres på samme måte.

6.4. Bruk av dobbeltveggede platevekslere

Ønskes enda større sikkerhet kan en benytte en dobbeltvegget plateveksler. Denne har doble plater mellom drikkevann og kuldebærer. Se figur 5



Figur 5

En lekkasje forårsaket av korrosjon vil lekke ut mellom de doble platene og renne ut på gulvet. Her finnes det altså ytterligere en fysisk barriere i tillegg til øvrige sikkerhetstiltak som det er gjort rede for tidligere i notatet. Denne varmeveksleren vil være dyrere og større enn en med enkle plater. Doble plater medfører mer material til plater og mer arbeid i produksjonen. Varmeoverføringsevnen blir dårligere enn en veksler med enkle plater. Dette vil øke størrelsen fordi en må øke den væskeberørte flaten. Leverandøren mener de har brukbare varmeoverføringsegenskaper.

Materialet i platene i platevarmevekslere for dette behovet er som regel syrefast rustfritt stål. Dette angripes hverken av rent drikkevann eller kuldebærer med propylenglykol. Er det derimot store mengder klor i vannet (dvs. i større konsentrasjoner enn det man har i drikkevann) kan klor angripe materialet i platene. Varmevekslere i Titan har enda større motstandsdyktighet mot korrosjon enn syrefast stål.

6.5. Varmepumpe med dobbeltvegget rørvarmeveksler

I en dobbeltvegget varmeveksler som tidligere er vist i figur 3 er inner- og ytterrør adskilt med et mellomrom. Lekkasje på grunn av korrosjon vil normalt skje der hvor veggen er tynnest, altså mellom finnene på innerrørene. Vann eller kuldemedium vil da lekke inn i mellomrommet og skape et trykk som enkelt kan detekteres. En lekkasje vil derfor kunne varsles før det har skjedd noen overføring mellom kuldemedium og drikkevann. Systemet brukes hvor det er helt uaktuelt med kontakt mellom de to mediene som skal varmeveksles.

Ulempen med dette systemet er at varmeveksleren eller fordampere ikke er noen «hyllevare» og må lages spesielt i hvert tilfelle. Selve utførelsen er også tidkrevende og kostbar. For å få stor nok overflate vil det gå med svært mange meter rør, noe som medfører at varmeveksleren blir meget stor, tung og plasskrevende. Materialkostnader

blir som følge av dette også høye. Varmeoverføringsevnen vil være dårlig på grunn av konstruksjonen og av at det må benyttes korrosjonssikkert materiale som er godkjent for drikkevann. Dette er materialer som normalt er dårlige varmeledere. Dette må også kompenseres med mer rør som igjen medfører ytterligere kostnader.

Varmevekslere av denne typen er brukt i forbindelse med farmasøytisk produksjon og i spesielle installasjoner offshore.

En varmeveksler av denne type i en varmepumpeinstallasjon vil etter all sannsynlighet medføre at en varmepumpe ikke blir regningssvarende og derfor ikke installert.

7. Risikovurdering

7.1. Innledning

En tradisjonell risikoanalyse består av en vekting av sannsynlighet for at en hendelse inntreffer på den ene siden og konsekvensen dersom hendelsen allikevel inntreffer på den andre siden. I dette tilfellet er det utført en forenklet variant av en risikovurdering basert på ulik teknisk utførelse av varmepumpeanlegget og med utgangspunkt i en vekting av sikkerhetsbarrierene i de ulike tekniske løsningene. Vi har ikke hatt grunnlag for å kvantifisere sannsynlighet for ulike hendelser, men har forsøkt å angi noen kvalitative faktorer som referanse og sammenligningsgrunnlag for de identifiserte sikkerhetstiltakene ovenfor.

7.2. Sikkerhetsbarrierer

Sikkerhetsbarrierene mot forurensing av drikkevannet er avhengig av barrierenes antall, barrierevirkning og graden av uavhengighet. Vi skal nedenfor gjøre en gjennomgang av de ulike presenterte tekniske løsningene for å forhindre at kuldebæreren lekker over til drikkevannet.

7.2.1. Trykkdifferanse mellom drikkevannet og kuldebæreren

Varmepumpesystemet har en trykkdifferanse mellom kretsen med drikkevann og kretsen med kuldebærer (f.eks. etanol + vann). Dette er en nødvendig sikkerhet dersom en lekkasje oppstår. Dersom systemet har en trykksensor som er koblet til en automatisk avstengningsventil, representerer dette en sikkerhetsbarriere. Dersom systemet har to uavhengige trykksensorer med to uavhengige styringsenheter som er koblet til to ulike automatiske avstengningsventiler, øker barrierevirkningen vesentlig. Dette bedømmer vi vil representere ytterligere en sikkerhetsbarriere.

7.2.2. Materialvalg

Plater og pakninger representerer den fysiske barrieren i varmeveksleren mellom drikkevannet og kuldebæreren. Denne fysiske barrieren kan bli brutt og lekkasje kan oppstå, enten ved korrosjon gjennom de tynne platene i veksleren, eller ved lekkasjer gjennom pakninger. En lekkasje i pakningene vil normalt lekke ut på gulvet. Overføring av medium via pakningslekkasje er lite sannsynlig, men kan ikke utelukkes. For å forhindre dette bør platevekslere velges med ekstra høy materialkvalitet. Varmevekslere i drikkevannssystem bør således velges i syrefast stål (AISI 316) eller i Titan og pakninger bør velges med høy kvalitet og god bestandighet mot elding og kjemisk påvirkning. Et godt materialvalg vil styrke den fysiske barrieren i varmeveksleren og vi bedømmer at dette tiltaket tilsvarer en faktor på 1,5.

7.2.3. Utforming med doble plater eller dobbeltvegget rørvarmeveksler

Som presentert tidligere gir løsninger som består av doble vegger en ytterligere vesentlig fysisk barrierevirkning ved at en forurensing av drikkevannet forutsetter at kuldebæreren må trenge igjennom doble plater. Dersom det oppstår en lekkasje i den platen som er nærmest kuldebæreren, som i utgangspunktet er den mest korrosive væsken, vil væsken avledes mellom platene i veksleren og en alarm vil varsle om at lekkasje har oppstått uten at dette har resultert i noen forurensing av drikkevannet. Denne løsningen bedømmes som den mest sikre løsningen og vi mener at dette bør vektas med en faktor 3 for å demonstrere den innbyrdes sikkerheten i forhold til de andre presenterte løsningene.

7.2.4. Driftsovervåking

Vesentlig driftsdata som driftsstatus og alarmer bør overføres til vannverkseiers driftssentral for at denne raskt skal kunne agere dersom en uønsket hendelse skulle oppstå, i tillegg til overvåkingen som utføres av den som har driftsansvaret for varmepumpestasjonen. Driftsovervåkingen representerer ikke isolert en sikkerhetsbarriere, men er en nødvendig del av anlegget.

7.2.5. Ekstra hyppig tilsyn og service

Som en del av anleggets driftsopplegg og internkontrollen for anlegget, må anlegget tilses jevnlig og med bakgrunn i at anlegget er tilknyttet til vannforsyningssystemet bør det innføres hyppige serviceintervaller med fokus på funksjonen av anleggets sikkerhetsbarrierer. Dette representerer ingen ytterligere sikkerhetsbarriere, men øker forutsetningen for at foreliggende sikkerhetsbarrierer skal ha tilsiktet funksjon.

7.2.6. Oppsummering

Utgangspunkt (basisforutsetning) for den tekniske løsningen der man benytter drikkevann som varmekilde for varmepumper er indirekte varmeveksling med et høyere trykk i drikkevannskretsen enn i kretsen med kuldebærer, og at systemet har en trykksensor som stenger en automatisk ventil på utløpssiden av varmeveksleren. I tillegg til dette kan sikkerhetsnivået i systemet heves ved følgende sikkerhetstiltak med vektete skjønnsmessige faktorer:

- ✓ Dublering av trykksensor med to uavhengige styringsenheter og automatisk avstengningsventil: Faktor 2
- ✓ Varmeveksler i spesialutførelse med ekstraordinær materialkvalitet: Faktor 1,5
- ✓ Varmeveksler med doble plater eller dobbeltvegget rørvarmeveksler: Faktor 3

7.3. Risikoanalyse

Den tekniske gjennomgangen har vist at det finnes tekniske løsninger som gir en svært sikker installasjon med hensyn på forurensning av drikkevannet. Vi kan se på hvordan dette kan presenteres i en mer tradisjonell risikoanalyse, der vurdering av sannsynlighet og konsekvens danner grunnlaget for en klassifisering av tiltakets risiko, se figur 6 nedenfor.

Sannsynlighet	<i>Svært stor</i>					
	<i>Stor</i>					
	<i>Moderat</i>					
	<i>Liten</i>					
	<i>Meget liten</i>					
		<i>Ubetydelig</i>	<i>Lav</i>	<i>Moderat</i>	<i>Alvorlig</i>	<i>Svært alvorlig</i>
Konsekvens						

Figur 6

7.3.1. Sannsynlighet

Sikkerheten i forhold til forurensning av drikkevannet i et varmepumpesystem med indirekte varmeveksling og med de sikkerhetsbarrierer som ligger i det vi har definert som et basisalternativ er høy. Sannsynligheten for at en forurensning allikevel skal skje bedømmes som mindre enn en gang per 10 år. Dette tilsvarer normalt sannsynlighetsklasse 2 – «Liten». Dersom varmepumpesystemet suppleres med ytterligere sikkerhetstiltak som tilsvarer en økning av sikkerhetsnivået med en samlet faktor på 3 eller mer, mener vi at det er grunnlag for å innplassere varmepumpesystemet i sannsynlighetsklasse 1 – «Meget liten» (sannsynlighet for en hendelse er mindre enn en gang per 100 år).

7.3.2. Konsekvens

Konsekvensen av en forurensning er avhengig av flere forhold, herunder

- ✓ Valg av kuldebærer og dennes grad av helsefare
- ✓ Mengden av væske (kuldebærer) som kan lekke ut
- ✓ Fortynning på veien til abonnent
- ✓ Antallet abonnenter som blir påvirket av forurensning

Det forutsettes at man i utgangspunktet velger kuldebærere med liten grad av helsefare (toksisitet). Av den grunn er den vanligste kuldebæreren i et varmepumpesystem som benytter drikkevann en blanding av propylenglykol og vann.

Mengden kuldebærer vil variere mellom ulike stasjoners oppbygging og størrelse, men en varmepumpestasjon som er besøkt i forbindelse med denne utredningen hadde i følge driftsansvarlig mellom 300 – 400 l kjølevæske i kuldebærerkretsen.

Spredningen på nettet ved en eventuell lekkasje er vanskelig å vurdere, men de abonnenter som eventuelt ville blitt rammet, vil sannsynligvis ikke få verre ubehag enn

kvalme og eventuelt oppkast. Forurensningen vil ikke resultere i varige men for de som skulle være så uheldige å få i seg forurenset drikkevann.

Konsekvensen settes derfor i konsekvensklassen «Moderat», dvs. klasse 3.

7.3.3. Risikotoleranse

Som vi ser av figuren over gir en kombinasjon av liten eller meget liten sannsynlighet og moderat konsekvens en gul hendelse (tiltak vurderes) i risikodiagrammet. Dette er i seg selv en indikasjon på at man i utgangspunktet bør være restriktiv i forhold til å gi tillatelse for denne type anlegg.

Spørsmålet om akseptabel risiko handler i stor grad om hvilket toleransenivå man har for å introdusere en ny potensiell risiko i vannforsyningssystemet som ikke har relevans til egen kjernevirksomhet. Dersom vannverkseier ikke ønsker å introdusere ny risiko i sitt vannforsyningssystem, er følgelig risikotoleransen lav, uavhengig av om risikovurderingen peker på at sannsynligheten for forurensning er svært lav og konsekvensen er moderat. Det som da vil være avgjørende er at man ikke er beredt til å akseptere en potensiell risiko knyttet til forurensning av drikkevannet.

Dersom man ser på et varmepumpeanlegg på lik linje med øvrige anlegg på vannforsyningssystemet og velger å legge en tradisjonell risikovurdering til grunn, er det vanskelig å finne grunner til å totalforby varmepumpeanlegg ut fra et rendyrket teknisk og vannhygienisk ståsted.

8. Forvaltningsmessige forhold

8.1. Er energien i drikkevannet et felles gode eller er det først til mølla?

Ved bruk av varmepumper tar man ut energi, dvs. senker temperaturen, i det medium som benyttes som energikilde. Dette betyr at temperaturen på drikkevannet vil være noe lavere nedstrøms varmepumpeanlegget enn oppstrøms. Dersom det er flere anlegg i serie på den samme hovedledningen/vannforsyningsstrengen, vil temperaturen senkes ytterligere fra anlegg til anlegg. Graden av temperaturpåvirkning vil selvsagt være avhengig av hvor mye energi som tas ut av varmepumpeanlegget, herunder temperaturgradienten og vannmengden som benyttes i varmevekslingen samt hvor stor denne vannmengden er i forhold til den totale vannmengden i ledningen.

Forvaltningsmessig vil spørsmål knyttet til hvem som egentlig skal få ta ut varme komme opp. Så lenge varmeuttaket til varmepumper er begrenset er dette kun en prinsippdiskusjon, men dersom flere interessenter melder seg vil senkning av temperaturen på enkelte deler av et distribusjonssystem kunne bli så merkbar at denne vil kunne påvirke oppvarmingskostnaden for varmtvann. Man vil med andre ord få en situasjon der noens bruk av drikkevannet som energikilde vil resultere i et oppvarmingsbehov for andre. Det er naturlig at eier av varmepumpeanlegget/energisentralen betaler for energien som tas ut. En slik inntekt vil komme VA-kollektivet til gode, samtidig som varmetapet kun påvirker de abonnentene som er tilknyttet nedstrøm den grenen av distribusjonssystemet der varmeuttaket pågår.

Senkning av vanntemperaturen ut over hva som er normalt vinters tid vil også øke faren for frost i ledningene. Mange vannverkseiere ville nok derfor være svært tilbakeholdne med bruk av varmepumper som resulterer i en merkbar temperaturpåvirkning på vannet.

Hvordan skal uttak av varmeenergi fra drikkevannet reguleres? Hvem skal få lov til å ta ut energi? Vannverkseierne må forholde seg til flere prinsipielle spørsmål ved behandling av interessenter som ønsker å benytte drikkevannet som energikilde for varmepumpeanlegg.

8.2. Hvem skal ha ansvaret for drift og vedlikehold?

Vannverkseiers driftspersonell har dedikerte oppgaver knyttet til driften av hele vannforsyningssystemet, fra vannkilde til tappekran. Driftspersonellet har som regel en relevant opplæring knyttet til denne funksjonen og har fokus på at vannverkseier skal levere et godt og hygienisk trygt drikkevann i springen. Virksomheten er videre regulert i et regelverk der drikkevannsforskriften gir de viktigste føringene. Dette innebærer blant annet krav til et internkontrollsystem som følges opp av Mattilsynet.

Drift- og vedlikeholdsoppgaver knyttet til en varmepumpestasjon som ikke er en del i vannforsyningssystemet eller som ikke er en del av oppvarming av vannverkseiers egne anlegg, tilhører naturlig nok ikke vannverkseiers kjerneoppgaver. De fleste vannverkseiere vil nok derfor ikke påta seg driftsansvaret for et slikt anlegg. Driftsorganisasjonen for varmepumpeanlegget finner man sannsynligvis i kommunale eller private eiendomsforvaltningsorganisasjoner, avhengig av hvem som er anleggseier. Dette betyr at ansvaret for forvaltning, drift og vedlikehold i de fleste tilfeller ligger utenfor vannverkseiers umiddelbare innflytelse og videre at fokus og primær målsetting med virksomheten ikke er relatert til vannforsyning. Dette representerer en usikkerhet for vannverkseier, selv om det stilles omfattende krav til beredskapsordning, internkontrollsystem og kompetanse til den som utøver drift og vedlikehold av anlegget.

Dersom vannverkseier av formelle eller praktiske grunner ikke påtar seg ansvaret for drift- og vedlikehold av varmepumpestasjonen, bør vannverkseier i det minste påse at driften gjennomgås med jevnlig revisjoner og at alle signaler og alarmer som er relevante for vannverkseiers drift av vannforsyningssystemet, overføres til vannverkseiers driftssentral.

8.3. Vannverkseiers krav til drift og vedlikehold

Vannverkseier bør i prinsippet forlange den samme drifts- og vedlikeholdsinnsatsen på et varmepumpeanlegg som benytter drikkevann som varmekilde, som for alle andre anlegg i vannforsyningssystemet. Følgende tre områder anses i den forbindelse som spesielt sentrale:

- ✓ **Overvåking.** Vannverkseier bør ha mulighet for å få driftssignaler oversendt til vannverkseiers driftssentral som viser at varmepumpeanlegget er i fungerende drift, samt alle alarmer som kan indikere mulig brudd i sikkerhetsbarrierene. Dette kan være alarm fra trykksensor som indikerer lavt trykk på innkommende vannsiden eller alarm som indikerer at trykket på kuldebærersiden er høyere enn på vannsiden. Direkte overføring av signaler gjør vannverkseiers driftsorganisasjon i stand til å vurdere feil på varmepumpestasjonen som kan ha konsekvens for vannforsyningen. I tillegg medfører en slik kontinuerlig oppfølging at vannverkseiers driftsorganisasjon blir mer bevist på anleggets funksjon, selv om dette ikke er at anlegg som vannverkseier har det daglige driftsansvaret for.
- ✓ **Krav til regelmessig og relevant tilsyn.** Vannverkseier må sikre at anlegget gis regelmessig tilsyn med tilfredsstillende frekvens og at tilsynet har et innhold og kvalitet som er relevant i forhold til anleggets tilknytning til drikkevannssystemet. Vannverkseier bør herunder sikre at eieren av varmepumpeanlegget har et tilfredsstillende internkontrollsystem med relevante sjekklister som benyttes i det regelmessige tilsynet. Komponenter og instrumenter som har relevans for anleggets barrierer for å forhindre at kuldebæreren lekker ut i drikkevannet, må gis spesiell oppmerksomhet.
- ✓ **Hyppig serviceintervall.** Varmepumpeanlegg har som regel en årlig service der anleggets funksjon gjennomgås og enkelte slitasjedeler eventuelt skiftes ut. Ut fra et risikosynspunkt i forhold til vannforsyningen, bør varmepumpeanlegg som benytter drikkevann som energikilde ha hyppigere service. Dette gjelder spesielt på all instrumentering som benyttes for å overvåke anleggets barrierer mellom drikkevannet og kuldebærer og videre for varmeveksleren som representerer den fysiske kontaktflaten mellom hhv drikkevann og, kun adskilt av de tynne platene i veksleren.

8.4. Tilknytningsavtale

Dersom vannverkseier tillater tilknytning av varmepumpe til drikkevannssystemet bør det inngås en avtale som regulerer alle relevante forvaltningsmessige forhold. Viktige momenter i en slik avtale er (listen er ikke uttømmende):

- ✓ Krav til sikkerhetsbarrierer i anlegget
- ✓ Krav til internkontroll, drift og vedlikehold
- ✓ Krav til overvåking, alarm

- ✓ Vederlagsordning
- ✓ Avtaleperiode
- ✓ Kriterier i forhold til forlengelse av avtalen
- ✓ Oppsigelsesklausul ved mislighold av avtalen eller ved endrede rammebetingelser

De avtalemessige vilkårene bør på plass i en tidlig fase av prosjektet siden dette kan være styrende for både den anleggstekniske utførelsen og de økonomiske rammebetingelsene for prosjektet. Vannverkseier bør tidlig kommunisere hvilke vilkår som skal legges til grunn for en eventuell etablering av en varmepumpestasjon.

8.5. Krav fra Mattilsynet

Etablering av en varmepumpestasjon med uttak fra drikkevannssystemet er ikke bare et avtalemessig forhold mellom vannverkseier og utbygger av et varmepumpeanlegg. Etablering av uttak og tilbakeføring til drikkevannssystemet til en varmepumpestasjon skal normalt godkjennes av det lokale Mattilsynet siden dette er et anlegg som kan påvirke vannkvaliteten og som innebærer at vannet tilbakeføres til vanndistribusjonssystemet. Mattilsynet har tidligere gitt oppstartstillatelse for et varmepumpeanlegg i Vestfold i henhold til drikkevannsforskriftens § 8, basert på en risikovurdering av sikkerhetsbarrierene i det planlagte anlegget og under forutsetning av at det skulle etableres et internkontrollsystem for oppfølging i driftsfasen.

Mattilsynet sentralt har ingen fast policy knyttet til bruk av varmepumper i drikkevannssystem og det kan virke som at vurderingen av slike installasjoner i vannforsyningssystemet i stor grad er opp til det enkelte distriktskontor.

9. Konklusjon og anbefalinger

Et minste anbefalt sikkerhetsnivå for bruk av varmepumper i drikkevannssystem er basert på indirekte varmeveksling, hvilket innebærer bruk av en mellomkrets mellom kretsen med drikkevann og kretsen med kuldemedium. Denne mellomkretsen må bestå av en kuldebærer som ikke er helseskadelig. Videre må det sikres at det er en trykkdifferanse mellom kretsen med drikkevann og mellomkretsen med kuldebærer, der kretsen med drikkevannet har et høyere trykk. Systemet må videre omfatte trykksensorer som vil sørge for at varmepumpen stopper automatisk hvis trykkdifferansen i systemet ikke blir opprettholdt. Man bør vurdere å heve sikkerhetsnivået i et varmepumpesystem som benytter drikkevann som varmekilde ytterligere:

- ✓ Etablering av to uavhengige trykksensorer og styringsenheter som stenger to automatiske ventiler i både tur og retur på drikkevannet før og etter varmeveksler.
- ✓ Varmevekslere med størst mulig motstandsdyktighet mot korrosjon velges. Dette betyr varmevekslere i enten syrefast stål eller titan.
- ✓ Varmevekslere med doble rør eller plater representerer en ytterligere heving av sikkerheten.

En blanding mellom Propylenglykol og vann i kuldebæreren gir et system med en væske i mellomkretsen som verken er helseskadelig eller som er korrosiv. Med de mengder av drikkevann som må sirkuleres gjennom varmeveksleren for å få nok effekt vil konsentrasjonen av Propylenglykol i drikkevannet bli meget liten ved en eventuell lekkasje med de sikkerhetstiltak vi har skissert.

Den samlede risikoen knyttet til varmepumpeanlegg som er utført med presenterte sikkerhetsbarrierer mot lekkasje og med en kuldebærer som ikke er helseskadelig er svært liten og vurderes som en forsvarlig løsning sett ut fra et teknisk og vannhygienisk ståsted.

Det finnes likevel en rekke forvaltningsmessige utfordringer knyttet til bruken av drikkevann i varmepumper. Spørsmål knyttet til hvem som egentlig skal få ta ut varme må håndteres på en forsvarlig måte. Det kan være problematisk med flere anlegg som tar ut varme fra ledningsnettet. Et likebehandlingsprinsipp tilsier at ingen eksterne aktører bør få tillatelse til å benytte det offentlige vannforsyningssystemet som varmekilde for varmepumper. Det finnes også flere motforestillinger til å tillate andre driftsorganisasjoner enn vannverkseiers egen å ha ansvaret for varmepumpeanleggets drift og vedlikehold.

Utgitte Norsk Vann Rapporter

(Tidligere kalt NORVAR-rapporter)

20. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Sluttrapport
- 20a. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling
- 20b. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering
- 20c. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning
- 20d. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam
21. NORVAR's årsberetning 1991
22. EDB i VAR-teknikken. Fase 1 - kravspesifikasjoner m.m. Status-beskrivelse og forslag til videre arbeid (*Utgått*)
- 23a. Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontroll-håndbok for VA-anlegg.
- 23b. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og omegn avløpsanlegg
- 23c. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk
- 23d. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. Informasjon, avvik og tiltak, verne- og sikkerhetsarbeid, opplæring
- 23e. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved vannbehandlingsanlegg
- 23f. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved avløpsrenseanlegg
- 23g. Interkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Oltedalens kloakkrenseanlegg
- 23h. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Smøla vannverk
- 23i. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel fra Nedre Eiker kommune
24. NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor
25. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam
26. Installering av gassmotor for strømproduksjon ved rensesanlegg
27. Mottak og behandling av avvannet råslam ved rensesanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform
28. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt
29. Regnvannsoverløp
30. Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren (*Utgått*)
31. PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr.1993. Leverandører, produkter, konsulenter (*Utgått*)
32. Bruk av statiske metoder (kjemometri) for å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann
33. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere
34. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finrister
35. Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier (*Utgått*)
36. Filter som hygienisk barriere
37. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning
38. NORVAR-prosjekter 1992/93 (*Utgått*)
39. Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget rensesanlegg (*Utgått*)
40. Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover
41. Metri-tel. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune (*Utgått*)
42. Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekt.
43. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk
44. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994
45. Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminium-klorid høsten 1993 Kartlegging av slam- slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-94
46. Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll
47. Strategidokument for industrikontroll
48. NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt
49. Grunnundersøkelser for infiltrasjon - små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging og separate avløpsanlegg (*Erstattet av 178/10*)
50. Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok (*Erstattet av 145/05*)
51. Slambehandling
52. Bruk av slam i jordbruket
53. Bruk av slam på grøntarealer
54. Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder (*Erstattet av 145/05*)
55. Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger
56. Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til kvalitet. Vannverkenes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen
57. Trykkreduksjon. Håndbok og veileder
58. Karbonatisering på alkaliske filter
59. Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier
60. Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt rensesanlegg
61. Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett
62. Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett
63. Mal for godkjenning av vannverk
64. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge
65. Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett
66. EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren
67. Filter som hygienisk barriere - fase 3
68. Korrosjonskontroll ved Stange vannverk
69. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finrister
70. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder
71. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter
72. Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging i VA-sektoren
73. Etablering av NORVARs VA-infotorg. Bruk av internett som kommunikasjonsverktøy (*Utgått*)
74. Informasjon fra NORVARs faggruppe for EDB og IT. Spesialrapport - 5. Utgave Beskrivelse av 34 EDB-programmer/Moduler for bruk i VA-teknikken (*Erstattet av 133/03*)
75. NORVARs faggruppe for EDB og IT. IT-strategi i VA-sektoren. (*Erstattet av 133/03*)
76. Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger. (*Erstattet av 150/07*)
77. Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt
78. Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere
79. Informasjonssystem fordrikkevann, forprosjekt
80. Sjekkliste/veiledninger for prosjektering og utførelse av VA-hoved og stikkledninger - sanitærinstallasjoner
81. Veileder. Kontrahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
82. Veileder for prøvetaking av avløpsvann
83. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering (*Erstattet av 145/05*)
84. Forfall og fornyelse av ledningsnett
85. Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken
86. Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt
87. Kalsiumkarbonatfiltere for korrosjonskontroll. Utprøving av forskjellige marmormasser
88. Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune
89. VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov
90. Actiflo-prosjektet ved Flesland ra
91. Vurdering av "slamfabrikk" for Østfold
92. Informasjon om VA-sektoren - forprosjekt
93. Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
94. Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner
95. Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken (*Erstattet av 192/12*)
96. Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
97. Slamforbrenning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
98. Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i revidert plan- og bygningslov
99. Veiledning i dokumentasjon av utslipp
100. Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
101. Status og strategi for VA-opplæringen
102. Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
103. Returstrømmer i rensesanlegg. Karakterisering og håndtering
104. Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
105. Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg
106. Effektiv bruk av driftsinformasjon på rensesanlegg/mal for rapportering
107. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave

108. Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
 109. Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
 110. Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
 111. Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
 112. Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp
 113. Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
 114. Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
 115. Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tikk
 116. Scenarier for VA-sektoren år 2010
 117. VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Erstattet av 134/03*)
 118. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (*Erstattet av 138/04*)
 119. Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
 120. Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
 121. Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
 122. Prosessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
 123. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter
 124. Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
 125. Mal for forenklet VA-norm
 126. Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
 127. Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell
 128. Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
 129. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
 130. Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
 131. Effektivisering av avløpssektoren
 132. Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
 133. IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
 134. VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Oppdateres årlig på www.norskvann.no*)
 135. Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
 136. Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
 137. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (*erstattet av 181/2011*)
 138. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
 139. Erfaringar med kloring og UV-stråling av drikkevann
 140. NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
 141. Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
 142. NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
 143. Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykkløs vannledning ved arbeid på ledningsnett
 144. Veiledning i overvannshåndtering (*Erstattet av 162/08*)
 145. Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger
 146. Bærekraftig vedlikehold. Betrakninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
 147. Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
 148. Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
 149. Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
 150. Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
 151. Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
 152. Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
 153. Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
 154. Norm for tagkoding i VA-anlegg
 155. Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
 156. Veiledning for oljeutskilleranlegg
 157. Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
 158. Termoplastrør i Norge – før og nå
 159. Håndbok i kildesporing i avløpssystemet
 160. Driftserfaringer med membranfiltrering
 161. Helsemessig sikkert vannledningsnett
 162. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
 163. Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
 164. Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
 165. Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
 166. Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg
 167. Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
 168. Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
 169. Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
 170. Veileder til god desinfeksjonspraksis
 171. Erfaringer med lekkasjekontroll
 172. Trykktap i avløpsnett
 173. Veiledning for bruk av støpejernsrør
 174. Hygienisering av avløpsslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
 175. Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan E-læring og samlinger
 176. Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
 177. Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
 178. Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
 179. Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
 180. Fjernavlesning av vannmålere
 181. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
 182. Prøvetaking av avløpsvann og slam
 183. Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri
 184. Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde
 185. Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag
 186. Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak
 187. Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak
 188. Veiledning for drift av koaguleringsanlegg
 189. Håndbok for driftsoptimalisering av koaguleringsanlegg
 190. Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer
 191. Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning
 192. Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
 193. Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem
 194. Energikriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg
 195. Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg
 196. Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer
- Rapportserie B:
- B1: Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
 - B2: PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
 - B3: Kvalitetshveving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
 - B4: Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
 - B5: Utslipp fra bilvaskehaller
 - B6: Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
 - B7: Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
 - B8: Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
 - B9: Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
 - B10: Vannkilden som hygienisk barriere
 - B11: Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler
 - B12: Drikkevann i media
 - B13: Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.
 - B14: Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren - forprosjekt
 - B15: Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene
 - B16: Veiledning for kartlegging av energibruk VA-sektoren
 - B17: Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren
 - B18: Kranvannets kokebok for kommunikasjon
 - B19: Varmepumper i drikkevannsforsyningssystem
- Rapportserie C:
- C1: Sårbarhet i vannforsyningen
 - C2: Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnett
 - C3: Samarbeid om økt bruk av avløpsslam på grøntarealer
 - C4: Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling
 - C5: Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning
 - C6: I veien for hverandre - Samordning av rør og kabler i veigrunnen
 - C7: Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet
- De mest aktuelle rapportene ligger som PDF-filer på www.norskvann.no**



- Norsk Vann er en ikke-kommersiell interesseorganisasjon for vann- og avløpssektoren (VA-sektoren). Organisasjonen skal bidra til å oppfylle visjonen om rent vann ved å sikre VA-sektoren funksjonelle rammevilkår og legge til rette for kunnskapsutvikling og kunnskapsdeling.
- Norsk Vann eies av norske kommuner, kommunalt eide VA-selskaper, kommunenes driftsassistanser for VA og noen private andelsvannverk. Norsk Vann representerer ca. 360 kommuner med over 95 % av landets innbyggere. Virksomheten finansieres i hovedsak gjennom kontingenter fra medlemmene.
- Norsk Vann styres av eierne gjennom årsmøtet og av et styre sammensatt av representanter fra eierne.

- I Norsk Vanns prosjektsystem gjennomføres hvert år prosjekter for ca. 8 mill. kroner
- Det er praktiske og aktuelle spørsmål innenfor vann- og avløp som utredes
- Deltakerne foreslår prosjekter, styrer gjennomføringen og får full tilgang til alle resultater

