

# Jordvarmeanlæg

Teknologier og risiko for jord- og grundvandsforurening

Bente Villumsen, COWI A/S

Miljøprojekt **Nr. 1238** 2008

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>INDHOLD</b>	<b>3</b>
<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>13</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>15</b>
1.1 BAGGRUND	15
1.2 PROJEKTETS FORMÅL	16
1.3 PROJEKTETS OMVERDEN	16
1.4 RELEVANTE LOVE OG BEKENDTGØRELSE	18
1.5 DEFINITIONER	19
<b>2 JORDVARMEANLÆG</b>	<b>20</b>
2.1 GENERELT OM JORDVARMEANLÆG	20
2.2 VARMESLANGER I JORD (HORIZONTAL ANLÆG)	26
2.3 JORDVARME BORINGER (VERTIKALE ANLÆG)	28
2.4 JORDVARMEANLÆG MED KOMPAKTOPTAGERE	33
2.5 ANLÆG MED DIREKTE FORDAMPNING	34
2.6 HVILKE KRAV SKAL STILLES TIL JORDVARMEANLÆG	34
2.7 REGISTRERING OG AFMÆRKNING AF JORDVARMEANLÆG	38
2.8 DRIFT OG KONTROL	39
2.9 SLØJFNING AF JORDVARMEANLÆG	40
<b>3 AFSTANDSKRAV TIL VANDFORSYNINGSANLÆG</b>	<b>41</b>
3.1 FORMÅL OG METODE	41
3.2 RISIKO FOR UHELD, HVOR VÆSKEN SLIPPER UD AF ANLÆGGET	41
3.3 KONSEKVENSER VED SPILD	46
3.4 ANDRE RISICI	63
3.5 FASTSÆTTELSE AF AFSTANDSKRAV	64
<b>4 ANBEFALINGER</b>	<b>71</b>
4.1 NY BEKENDTGØRELSE	71
4.2 ADMINISTRATION AF DEN GÆLDENDE BEKENDTGØRELSE	75
<b>5 KOMMUNERNES SAGSBEHANDLING</b>	<b>78</b>
5.1 INDLEDNING	78
5.2 ANSØGNING OG TILLADELSE	78
5.3 SAGSBEHANDLING	79
5.4 FORHOLDSREGLER VED UHELD	84
5.5 TILSYN	84
5.6 GODT AT VIDE	85
<b>6 REFERENCER</b>	<b>86</b>

## APPENDIKS

APPENDIKS A SPØRGESKEMAUNDERSØGELSE I KOMMUNERNE

APPENDIKS B PROBLEMSTILLINGER I FORHOLD TIL EKSISTERENDE  
REGULERING

APPENDIKS C GRUNDLAG FOR RISIKOVURDERING AF JORDVARMEANLÆG

## BILAG

**BILAG 1 ANLÆGSTYPER**

**BILAG 2 SKEMAER**

BILAG 2.1 SKEMA TIL ANSØGNING, VARMESLANGER I JORD

BILAG 2.2 SKEMA TIL ANSØGNING, JORDVARMEBORING

BILAG 2.3 SKEMA TIL FÆRDIGMELDING

BILAG 2.4 SKEMA TIL ÅRLIGT EFTERSYN

BILAG 2.5 SKEMA TIL SLØJFNING

**BILAG 3 PARADIGMER**

BILAG 3.1 PARADIGMA FOR TILLADELSE, VARMESLANGER I JORD

BILAG 3.2 PARADIGMA FOR TILLADELSE, JORDVARMEBORING

**BILAG 4 HJEMMESIDE OM JORDVARMEANLÆG**

**BILAG 5 TJEKLISTE TIL SAGSBEHANDLINGEN**

# Forord

Miljøstyrelsen har i efteråret 2007 igangsat et projekt om jordvarmeanlæg med det formål at tilvejebringe et samlet, opdateret videngrundlag om de forskellige jordvarmeanlæg og den forureningsrisiko, som er forbundet med dem. Projektet beskriver state of the art for jordvarmeteknologien og de forskellige anlægstyper samt deres fordele og ulemper, herunder specielt risikoen for jord- og grundvandsforurening. På denne baggrund belyses det, hvordan ulemper kan håndteres eller minimeres.

Rapporteringen af projektet foreligger hermed.

Projektet er blevet fulgt af en følgegruppe med repræsentanter for følgende organisationer mm.:

Miljøstyrelsen Erhverv  
Miljøstyrelsen Jord og Affald  
By- og Landskabsstyrelsen Vand  
Statens Miljøcentre  
Foreningen af Vandværker i Danmark, FVD  
Dansk Vand- og Spildevandsforening, DANVA  
Varmepumpefabrikanterne i Danmark  
Kommunernes Landsforening, KL

Følgegruppen har især beskæftiget sig med de principielle spørgsmål om, hvilke krav, der skal stilles til jordvarmeanlæg, og med afstandskravene til vandforsyningsanlæg.

Projektet er gennemført af COWI A/S med Teknologisk Institut, Center for Varmepumpeteknologi som underrådgiver. En arbejdsgruppe har desuden bidraget til gennemførelse af projektet. Arbejdsgruppen har haft følgende medlemmer:

Dorte Hansgaard Hansen, Miljøstyrelsen  
Jeanette Toftdal, Rudersdal Kommune  
Charlotte Tofteng, Egedal Kommune  
Claus Frydenlund, Gladsaxe Kommune  
Peter Aaen Erichsen, Odder Kommune  
Henrik Andersen, Guldborgsund Kommune  
Erik Klemmensen, DS/Dantex A/S  
Jens Baumann, Foreningen af Danske Brøndborere  
Niels Peter Skov, Varmepumpefabrikanterne i Danmark  
Søren T. Larsen, Varmepumpefabrikanterne i Danmark

Arbejdsgruppen har bidraget med erfaringsopsamling, udarbejdet forslag til skemaer og paradigmer og skrevet om sagsbehandlingen i kommunerne. Desuden har arbejdsgruppen bidraget til beskrivelsen af anlæggene og givet forslag til, hvilke krav der bør stilles til jordvarmeanlæg. Endelig har arbejdsgruppen været en engageret samarbejdspartner på projektet og har givet uvurderlig inspiration og sparring igennem hele projektforløbet.



# Sammenfatning og konklusioner

## Klare regler for jordvarmeanlæg

Kommunerne har siden kommunalreformen fået en stor og stigende opgave med at godkende jordvarmeanlæg, som er blevet meget populære på grund af de stigende energipriser. Reglerne har imidlertid været uklare, og sagsbehandlingen har derfor ofte taget lang tid. I projektet her er fortolkningen af reglerne afklaret, og der er udarbejdet skemaer og paradigmer, som skal lette kommunernes sagsbehandling. Desuden gives der forslag til ændring af bekendtgørelsen for at lette den fremtidige sagsbehandling yderligere.

## Baggrund og formål

Jordvarme udnytter den naturlige varme i jorden til opvarmning af boliger og varmt brugsvand. Det er en teknologi, som er energibesparende, og som derfor kan bidrage til opfyldelsen af målene for reduktion af Danmarks CO<sub>2</sub>-udslip.

Et jordvarmeanlæg med indhold af kemikalier vil alt andet lige udgøre en potentiel forureningstrussel for jord og grundvand. Derfor kræver det tilladelse at etablere et jordvarmeanlæg, og generelle regler for anlæggenes udførelse mv. skal sammen med kommunernes sagsbehandling på området sørge for, at beskyttelsen af grundvandet sikres tilstrækkeligt.

Dette projekt beskæftiger sig udelukkende med den del af jordvarmeanlæg, som indebærer risiko for forurening af jord og grundvand, dvs. med varmeop-tagersystemet.

Ved kommunalreformen er kommunernes ansvar udvidet til at omfatte alle typer af jordvarmeanlæg. Samtidig er interessen for jordvarme stor på grund af stigende energipriser, og der er kommet nye typer anlæg på markedet. Derfor er der behov for et opdateret teknisk grundlag som støtte for sagsbehandlingen.

Projektets formål er at tilvejebringe et samlet, opdateret videngrundlag om de forskellige typer af jordvarmeanlæg og den forureningsrisiko, som er forbundet med dem. Projektet skal desuden belyse, hvordan ulemper kan håndteres eller minimeres.

## Undersøgelsen

Projektet har omfattet indsamling af informationer om og erfaringer med jordvarmeanlæg fra producenter, leverandører, kommuner, brøndborere m.fl. Der er desuden indsamlet skriftligt materiale fra tidligere dansk udredningsarbejde, tyske retningslinjer og svenske erfaringer mv.

Risikovurdering og fastsættelse af afstandskrav til vandforsyningsboringer er sket på baggrund af et litteraturstudium af de anvendte kemiske forbindelser samt beregninger af transport og omsætning af stofferne i jord og grundvand, suppleret med usikkerhedsvurderinger. Desuden er forholdet til anden regulering, herunder andre afstandskrav inddraget.

Endelig har brugere og interessenter været inddraget i en løbende dialog for at sikre, at projektets resultater er direkte anvendelige, og at der opnås størst mulig konsensus om, hvilke forhold, der skal inddrages i sagsbehandlingen, og hvilke krav, der skal stilles.

#### Hovedkonklusioner

Varmeoptagersystemet kan udformes på forskellige måder, og der kan anvendes forskellige materialer. Den billigste og langt mest udbredte løsning er et traditionelt jordvarmeanlæg, som består af plastslanger, som er nedgravet vandret over et passende areal. En oversigt over relevante anlægstyper ses i nedenstående tabel.

Anlægstyper, varmeoptagersystemer

	Anlæg med væske	Direkte fordampning (gas)
Vandrette varmeslanger	Traditionelt jordvarmeanlæg	Direkte fordampning, normalt i kobberør
Kompaktanlæg	Kollektoranlæg, f.eks. udformet som "radiatorer" eller spiraler	Kollektorer
Boringer	Varmeslanger i boring Koncentriske rør Alternative materialer	Direkte fordampning i boring Alternative materialer

Rapporten beskriver anlægstyperne og giver forslag til, hvilke tekniske krav, der bør stilles til dem. Det foreslås blandt andet, at der stilles følgende krav:

- Jordvarmeanlæg skal tæthedsprøves med rent vand, inden de tages i brug.
- Anlægget skal være forsynet med en sikkerhedsanordning, som udløser alarm og stopper anlægget, hvis der opstår utæthed. Anlægget må ikke kunne genstarte automatisk.
- Jordvarmeanlæg skal efterses en gang om året for at kontrollere, at sikkerhedsforanstaltningerne stadig fungerer, og at der ikke er mistet væske.

Desuden foreslås det, at

- antallet af tilladte kemiske forbindelser reduceres,
- der stilles krav om dokumentation for anlæggets udførelse og installation
- kommunen registrerer anlæggets placering og afstand til aktiviteter, der potentielt kan føre til beskadigelse af anlægget

Det har ikke været muligt at finde erfaringer med utætte jordvarmeanlæg. På den baggrund antages det, at jordvarmeanlæg normalt er tætte og driftssikre.

Samlet set anbefales de afstandskrav, som fremgår af nedenstående tabel. Afstandskravene gælder fra henholdsvis varmeslanger (horisontale anlæg) og jordvarmeboringer (vertikale anlæg) og til henholdsvis andres vandforsyninger og egen boring eller brønd.



## Anbefalede afstandskrav til vandforsyningsanlæg

Anlægstype	Almene og ikke almene vandforsyningsanlæg	Eget vandforsyningsanlæg
Varmeslanger i jord (horisontale anlæg)	50 m	50 m <sup>1)</sup>
Jordvarmeboringer (vertikale anlæg)	300 m	50 m
Anlæg med direkte fordampning, terrænnær varmeoptager	10 m	5 m
Anlæg med direkte fordampning i boringer	300 m	50 m

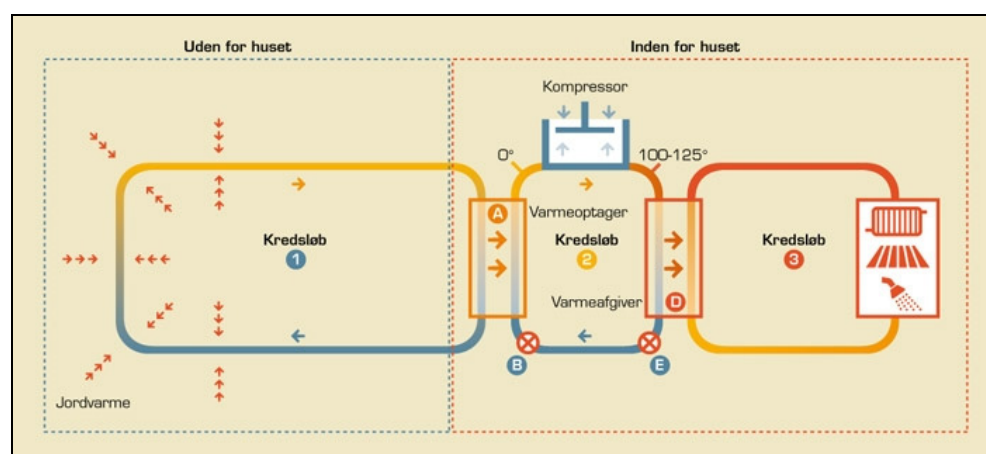
1) Der kan dispenseres ned til 5 m fra indvindingsanlægget, når varmeslangerne lægges i såkaldte bøsningssør.

## Projektresultater

Jordvarmeanlægget består af et varmeoptagersystem, som optager varmeenergi fra jorden, og et varmepumpeanlæg, som omsætter denne varmeenergi til et højere temperaturniveau. Ofte omtales varmeoptagersystemet som "den kolde side", mens husets opvarmningssystem betegnes "den varme side".

Nedenstående figur illustrerer jordvarmeanlæggets princip.

- Kredsløb (1) er jordslangerne, varmeoptageren, som optager varme fra omgivelserne. I dette kredsløb er der vand, som er tilsat frostsikringsmiddel.
- Kredsløb (2) er selve varmepumpen, hvor der cirkulerer et kølemiddel, dvs. en gas.
- Kredsløb (3) er husets opvarmningssystem, hvor der cirkulerer vand.



Principskitse af jordvarmeanlæg. Figur fra IVT Naturvarme

Traditionelle jordvarmeanlæg er baseret på et varmeoptagersystem, som består af plastslanger, som er nedgravet vandret over et passende areal. Disse anlæg er fortsat de mest almindelige. Andre typer varmeoptagersystemer udføres enten som boringer til større dybde eller som såkaldte kompaktanlæg, som har mere begrænset udstrækning såvel vertikalt som horisontalt. Med hensyn til varmeoptagelse og selve varmepumpeanlægget svarer teknologien for disse anlægstyper til teknologien for anlæg baseret på varmeslanger i jord.

Desuden er der i mindre omfang etableret anlæg med såkaldt direkte fordampning, hvor selve kølemidlet cirkuleres direkte i et varmeoptagersystem i jorden.

Hidtil er de fleste jordvarmeanlæg udført som anlæg til enkelte husstande, men der ses nu en stigende interesse for at etablere større anlæg til f.eks. hoteller eller etageejendomme. Der sker i øjeblikket en løbende teknologiudvikling på området, og der markedsføres derfor stadig nye anlægstyper.

#### *Risikovurdering*

Det har ikke været muligt at finde erfaringer med utætte jordvarmeanlæg. Trods en stor spørgeskemaundersøgelse i kommunerne og indhentning af oplysninger fra producenter, leverandører, varmepumpeordningen m.fl. samt indhentning af vandanalyser fra GEUS er der ikke fundet dokumenterede erfaringer med jordvarmeanlæg, som er utætte. Nogle få overgravninger er beskrevet på anekdoteniveau. På den baggrund antages det, at jordvarmeanlæg med velfungerende sikkerhedsanordninger normalt er tætte og driftssikre.

Ifølge bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg må følgende stoffer anvendes som frostsikringsmiddel:

- ethylenglycol
- propylenglycol
- natriumklorid
- blandinger af calcium- og magnesiumklorid
- betain
- IPA-sprit (ethanol denatureret med isopropanol)

Desuden er en række korrosionsinhibitorer tilladt. I praksis er det dog kun glycoler og IPA-sprit samt eventuelt ren sprit, der anvendes i jordvarmeanlæg.

Der er foretaget et litteraturstudium af de anvendte stoffer. Resultaterne viser, at stofferne er meget vandopløselige og transporteres let i jord og grundvand. Desuden er de let nedbrydelige, især når der er ilt til stede, men også under iltfrie forhold. Stofferne er desuden meget lidt giftige.

Størrelsen af eventuelle udslip er undersøgt og vurderet. På grund af manglende erfaringer er der opstillet antagelser om tre typer uheld: En revnet slange, en overgravning og en fuldstændig tømning af anlægget. Disse tre typer uheld er brugt som udgangspunkt for en række beregninger af transport og nedbrydning under forskellige hydrogeologiske forhold. Resultaterne er sammenholdt med 1 års strømningsafstanden til forskellige størrelser af indvindinger som grundlag for fastsættelse af afstandskrav.

Konsekvenserne ved spild afhænger dels af spildets størrelse, dels af stofspecifikke og stedspecifikke faktorer, som generelt er dårligt bestemt. På baggrund af tidligere og nye beregninger vurderes det, at den forurening, som vil ske ved de mest sandsynlige uheld, vil være så lille, at risikoen for at forurene vandforsyningsboringer i større afstand end 50 meter er minimal.

#### *Fastsættelse af afstandskrav*

Der er givet forslag til afstandskrav til vandforsyningsanlæg på baggrund af en samlet vurdering af følgende væsentlige faktorer:

- Risiko for uheld, hvor væsken slipper ud af anlægget
- Konsekvenser ved uheld
- Eksisterende og tidligere regler
- Afstandskrav for andre, sammenlignelige anlæg

Eksisterende og tidligere afstandskrav er fastsat på baggrund af en antagelse om, at hele anlæggets indhold løber ud og forurener grundvandet ved eventuelle utætheder. Reglerne er desuden fastsat i 1980, hvor der ikke var væsentli-

ge erfaringer med driften af jordvarmeanlæg, herunder erfaring med om anlæggene med tiden ville blive utætte.

Ved sammenligning med afstandskrav for andre, sammenlignelige anlæg er der fundet et misforhold i forhold til andre anlæg, som antages at være tætte. Afstandskravenes primære funktion er at sikre, at der er tid til at opdage og afværge en forurening, inden den spreder sig til grundvandsmagasinet og eventuelle nærliggende indvindingsboringer til vandforsyningsformål. Specielt sammenligningen med olietanke er vigtig, da et jordvarmeanlæg i mange tilfælde vil erstatte en olietank.

#### *Kommunernes sagsbehandling*

Sagsbehandlingen i kommunen har til formål at sikre, at de generelle krav til jordvarmeanlæg overholdes. Det er således kombinationen af de generelle regler, kommunens sagsbehandling og kommunens tilsyn med anlæggene, som samlet sikrer beskyttelsen af jord og grundvand.

Dette afsnit skal tjene til inspiration til sagsbehandlingen i kommunerne, når en ansøgning om jordvarmeanlæg skal behandles. Som støtte til sagsbehandlingen er der i bilagene til rapporten vedlagt følgende:

- ansøgningskemaer
- færdigmeldingsskema
- skema til årligt eftersyn
- skema til sløjfning
- paradigmer for tilladelser
- forslag til hjemmeside om jordvarmeanlæg
- tjekliste til sagsbehandlingen

Materialet kan hentes i i Word-format på Miljøstyrelsens hjemmeside, så kommunerne har mulighed for at tilpasse layout mv. til kommunens eget brug.



# Summary and conclusions

Ground source heat systems utilise the natural heat in the ground to heat houses and domestic hot water. The technology is energy-saving and can therefore contribute to the targets of reducing Denmark's CO<sub>2</sub> emissions.

All else being equal, a ground source heat system containing chemicals poses a potential contamination risk to soil and groundwater. Therefore a permit is required when installing a ground source heat system, and the general regulations for implementing the system etc. combined with the municipality's administrative procedures for the area must ensure sufficient protection of the groundwater.

This project only deals with the heat exchanging system, which is the part of the ground source heat system which involves risk of soil and groundwater contamination.

With the introduction of the municipality structural reform in Denmark in 2007, the responsibility of the municipalities was extended to include all types of ground source heat systems. At the same time, interest in ground source heat has increased because of the increases in energy costs, and new types of systems have been introduced on the market. This results in the need for an updated technical basis to support the administrative procedures.

The aim of the project is to procure an overall updated knowledge base about the different types of ground source heat systems and the contamination risk associated with them. The project also reviews how disadvantages can be managed or minimized.

Ground source heat systems can be designed in different ways, and different materials can be used. The cheapest and by far most common solution is a traditional ground source heat system consisting of plastic pipes which are buried horizontally over a suitable area. An overview of relevant types of system is given in the table below.

Types of system, heat exchangers

	Systems with liquid	Direct evaporation (gas)
Horizontal heat pipes	Traditional ground source heat system	Direct evaporation, usually in copper pipes
Compact systems	Collector system e.g. designed as a 'radiator' or as loops	Collectors
Boreholes	Heat pipes in borehole Concentric pipelines Alternative materials	Direct evaporation in borehole  Alternative materials

The report describes the types of system and presents recommendations for the technical requirements which should be made:

- Ground source heat systems must be tested to ensure they are watertight with pure water before use.

- The system must be equipped with a safety device which starts an alarm and stops the system if a leak occurs.
- Ground source heat systems must be inspected once a year in order to monitor the performance of the safety devices, and to check that liquid has not been lost.

Furthermore, it is proposed that:

- the number of chemical compounds allowed is reduced,
- documentation for implementation and installation of the system is demanded,
- the municipality registers the siting of the system and the distance to activities, which could potentially cause damage to the system.

It has not been possible to find descriptions of previous experience of leaking ground source heat systems. On this basis, it is assumed that ground source heat systems are normally watertight and reliable.

Overall, the demands regarding distance which are described in the table below are recommended. The demands regarding distance apply from heating pipes (horizontal systems) and ground source heat boreholes (vertical systems) respectively, to other people's water supply and own borehole or well respectively.

Recommended demands on distance to water supply

Type of system	Public and non public water supplies	Own water supply
Heat pipes in the ground (horizontal systems)	50 m	50 m <sup>1)</sup>
Ground source heat boreholes (vertical systems)	300 m	50 m
Systems with direct evaporation in ground level heat pumping	10 m	5 m
Systems with direct evaporation in the boreholes	300 m	50 m
<sup>1)</sup> A reduction in this distance down to 5m from the system is permissible, if the heat pipes are mounted in sleeves		

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

Jordvarme udnytter den naturlige varme i jorden til opvarmning af boliger og varmt brugsvand. Det er en teknologi, som er energibesparende, og som derfor kan bidrage til opfyldelsen af målene for reduktion af Danmarks CO<sub>2</sub>-udslip.

Et jordvarmeanlæg med indhold af kemikalier vil alt andet lige udgøre en potentiel forureningstrussel for jord og grundvand. Derfor kræver det tilladelse at etablere et jordvarmeanlæg, og generelle regler for anlæggenes udførelse mv. skal sammen med kommunernes sagsbehandling på området sørge for, at beskyttelsen af grundvandet sikres tilstrækkeligt.

Etablering af jordvarmeanlæg kræver tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19, som handler om beskyttelse af jord og grundvand.

I 1970'erne blev tilladelse til jordvarmeanlæg givet af Miljøstyrelsen. Med den første bekendtgørelse om etablering af jordvarmeanlæg (varmeslanger i jord) fik kommunerne i 1980 kompetence til at give tilladelse til almindelige jordvarmeanlæg, når de holdt sig inden for bekendtgørelsens rammer. Tilladelse til anlæg, der ikke opfyldte bekendtgørelsens krav, skulle fortsat gives af Miljøstyrelsen.

I slutningen af 1980'erne overgik kompetencen efter miljøbeskyttelseslovens § 19 fra Miljøstyrelsen til amterne. I den samme periode blev det mere almindeligt at anvende IPA-sprit i jordvarmeanlæggene, da det på baggrund af undersøgelser publiceret i 1986 /10/ blev anset for mere miljøvenligt i relation til grundvandsbeskyttelsen. Miljøstyrelsen tillod derfor halvering af afstandskravet, når der anvendtes IPA-sprit. IPA-sprit var imidlertid ikke omfattet af bekendtgørelsen, og det blev derfor i praksis Miljøstyrelsen og senere amterne, der kom til at give mange af tilladelserne.

Bekendtgørelsen om varmeslanger i jord blev ved kommunalreformen den 1. januar 2007 afløst af den nye bekendtgørelse om jordvarmeanlæg. På det tidspunkt var den gamle bekendtgørelse forældet, både hvad angår de tekniske krav og reguleringen i øvrigt.

Den nye bekendtgørelse afspejler, at den generelle kompetence efter miljøbeskyttelseslovens § 19 ved kommunalreformen blev flyttet fra amterne til kommunerne. Den nye bekendtgørelse er således ikke blot en delegering af ansvaret for de mest almindelige jordvarmeanlæg (varmeslanger i jord), men generelle regler for alle jordvarmeanlæg. Ændringen indebar, at en del af bekendtgørelsens meget detaljerede regler om anlæggenes indretning og afstandskrav blev fjernet i den nye bekendtgørelse. Manglen på specifikke bestemmelser for anlæggene har imidlertid betydet, at kommunerne nu mangler et sammenhængende grundlag for at give tilladelse til de forskellige typer af jordvarmeanlæg. De spørgsmål, der er rejst i denne forbindelse, er samlet i appendiks B.

Miljøstyrelsen har derfor igangsat dette projekt med titlen "Jordvarmeanlæg. Undersøgelse af teknologier til jordvarmeanlæg og vurdering af fordele og ulemper, herunder risiko for jordforurening og grundvandsforurening".

## 1.2 Projektets formål

Projektets formål er at tilvejebringe et samlet, opdateret videngrundlag om de forskellige jordvarmeanlæg og den forureningsrisiko, som er forbundet med dem. Resultaterne skal kunne indgå i udarbejdelsen af en eventuel vejledning om jordvarmeanlæg til brug for kommunernes behandling af sager efter jordvarmebekendtgørelsen. Projektets resultater vil også være anvendelige for producenter og installatører af anlæg.

Derfor skal projektet beskrive state of the art for jordvarmeteknologien og de forskellige anlægstyper samt deres fordele og ulemper, herunder specielt risikoen for jord- og grundvandsforurening. På denne baggrund skal det belyses, hvordan ulemper kan håndteres eller minimeres.

Ved gennemførelse af projektet er der lagt særlig vægt på følgende forhold:

- Sammenfatning af "state of the art" ud fra eksisterende viden, beskrevet så kommunale sagsbehandlere, der ikke har særlig indsigt i teknologien, kan forstå og bruge oplysningerne.
- Anvendelse af metoder til risikovurdering og fastsættelse af afstandskrav, som korresponderer med de metoder og afstandskrav, som anvendes inden for miljøområdet i øvrigt.
- Dialog med brugere og interessenter, så projektets resultater bliver direkte anvendelige, og så der opnås størst mulig konsensus om, hvilke forhold, der skal inddrages i sagsbehandlingen, og hvilke krav, der skal stilles.

Rapporten indeholder i første del en beskrivelse af jordvarmeanlæg, forskellige anlægstyper og de krav, der anbefales stillet til anlæggene. Anden del indeholder risikovurdering i forhold til jord og grundvand og anbefalinger om afstandskrav. Efter et afsnit med opsamling af rapportens anbefalinger findes et afsnit med forslag og anbefalinger til kommunernes sagsbehandling.

Til rapporten hører en række bilag, som skal fungere som støtte for den kommunale sagsbehandling. I det første bilag er der en mere detaljeret beskrivelse af de forskellige typer af jordvarmeanlæg. De efterfølgende bilag indeholder skemaer, paradigmer, informationsmateriale og en tjekliste til brug for kommunens sagsbehandling.

Baggrundsmateriale for rapporten er samlet i tre appendiks.

## 1.3 Projektets omverden

### 1.3.1 Jordvarme i Danmark

Jordvarmeanlæg har været kendt siden 1950'erne, men først i slutningen af 1970'erne blev de anlægstyper, som kendes i dag, almindelige. I de følgende år er der blevet etableret flere anlæg, især i perioder med høje energipriser, og der skønnes nu at være omkring 25.000 jordvarmeanlæg i Danmark. Dette skøn er baseret på Varmepumpeordningens statistik, som har været ført siden slutningen af 1970'erne. Statistikken er blandt andet baseret på Energistyrelsens statistik over udbetalte tilskud, indtil tilskuddet bortfaldt i 2002 /17/.



På grund af de stigende energipriser oplever jordvarmebranchen i øjeblikket en stigende interesse fra forbrugerne. Dette forstærkes yderligere af, at mange olietanke skal sløjfes fra 2008 og fremefter på grund af olietankebekendtgørelsens regler om sløjfningsterminer. Forbrugerne interesserer sig nu for billigere og mere miljøvenlige opvarmningsmetoder.

I de seneste år er der udviklet nye typer af jordvarmeanlæg, og der markedsføres stadig nye typer af anlæg. Nye typer anlæg anvender forskellige former for varmeoptagersystemer, og der anvendes forskellige materialer i varmeoptagersystemerne. Desuden kommer nye typer frostsikringsmidler på markedet, og anlæg med direkte fordampning i varmeoptagersystemet markedsføres.

Til brug for kommunernes sagsbehandling er der behov for en samlet beskrivelse og vurdering af de forskellige anlægstyper i forhold til grundvandsbeskyttelsen.

### **1.3.2 Vandforsyning og grundvandsbeskyttelse**

I Danmark er vandforsyningen (mere end 99 %) baseret på grundvand, og den generelle politik er, at drikkevand skal fremstilles ud fra rent grundvand uden anden vandbehandling end hvad naturligt forekommende indhold af jern mv. nødvendiggør. Desuden er det den generelle politik for prioritering af grundvandsressourcen, at befolkningens forsyning med rent drikkevand har første prioritet i forhold til andre behov.

Vandforsyningen i Danmark er meget decentral med mere end 2.500 vandværker og over 10.000 indvindingsboringer til almene vandværker (vandværker der forsyner mindst 10 ejendomme). Beskyttelsen af grundvandet i forhold til vandværkernes indvinding berører derfor meget store dele af landets areal. Derudover findes der et stort antal - antagelig ca. 50.000 - private indvindingsboringer og -brønde, som heller ikke må forurenes.

For at prioritere midlerne til den supplerende grundvandsbeskyttelse i de områder, som er vigtigst for den fremtidige vandindvinding, er der udpeget områder med særlige drikkevandsinteresser. Områderne er tidligere udpeget i regionplanerne, men skal i fremtiden optages i kommuneplaner og vandplaner. I disse områder foretager statens miljøcentre en detaljeret hydrogeologisk kortlægning for at afdække beskyttelsesbehovet, og kommunerne udarbejder indsatsplaner for grundvandsbeskyttelse, efterhånden som kortlægningen afsluttes.

Derudover kan der være udpeget boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) omkring indvindingsboringer til almene vandværker efter miljøbeskyttelseslovens § 24 /1/. Kommunalbestyrelsen kan beslutte, at der inden for disse områder ikke kan etableres jordvarmeanlæg, og der kan stilles krav om at eksisterende jordvarmeanlæg sløjfes. Etablering af disse beskyttelsesområder skal tinglyses, og der betales erstatning til grundejeren.

I indvindingstilladelser til almen vandforsyning kan der desuden fastlægges et beskyttelsesområde efter miljøbeskyttelseslovens § 22, hvor forhold, der er omfattet af miljøbeskyttelseslovens § 19, kan forbydes. Der fastsættes normalt et beskyttelsesområde på 300 meter, og beskyttelsesområdet anvendes primært i forhold til nedsivningsanlæg for spildevand. Bestemmelsen finder normalt ikke anvendelse i forhold til jordvarmeanlæg.

### 1.3.3 Afgrænsning

Projektet om jordvarme beskæftiger sig udelukkende med varmeoptagersystemer i jord og den dertil knyttede risiko for jord- og grundvandsforurening.

Der findes adskillige andre typer af varmeoptagersystemer som i deres funktion ligner jordvarmeanlæg, men som ikke er omfattet af reglerne om varmeoptagersystemer i jord. Det drejer sig for eksempel om:

- Varmeslanger i søer (søvarme)
- Varmeslanger i gyllekanaler
- Varmeoptagersystemer i luft
- Grundvandsvarme

Disse anlægstyper er kun omfattet i det omfang de kombineres med varmeoptagere i jord. Grundvandsvarmeanlæg er omfattet af bekendtgørelse om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg. I disse anlæg anvendes der ikke kemikalier, og problemstillingen er derfor en lidt anden.

I projektet behandles spørgsmål, som har betydning for risiko for jord- og grundvandsforurening. Andre relevante spørgsmål som f.eks. anlæggenes energieffektivitet, driftssikkerhed, indretning og hensigtsmæssig udførelse i øvrigt er ikke omfattet af rapporten, medmindre de har betydning for risikoen for jord- og grundvandsforurening.

### 1.4 Relevante love og bekendtgørelser

I rapporten refereres til mange love og bekendtgørelser. For overskuelighedens skyld har vi samlet dem her:

#### **Love**

Miljøbeskyttelsesloven, lovbekendtgørelse nr. 1757 af 22. december 2006.

Jordforureningsloven, lovbekendtgørelse nr. 282 af 22. marts 2007.

Undergrundsloven, lovbekendtgørelse nr. 889 af 4. juli 2007.

#### **Bekendtgørelser**

Bekendtgørelse (historisk) nr. 522 af 2. december 1980 om etablering af jordvarmeanlæg (varmeslanger i jord).

Bekendtgørelse nr. 552 af 2. juli 2002. om regulering af visse industrielle drivhusgasser.

Bekendtgørelse nr. 1141 af 14. november 2005 om anvendelse af trykbærende udstyr.

Bekendtgørelse nr. 1203 af 20. november 2006 om jordvarmeanlæg.

Bekendtgørelse nr. 1206 af 24. november 2006 om varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg.

Bekendtgørelse nr. 1335 af 6. december 2006 om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM)

Bekendtgørelse nr. 1000 af 26. juli 2007 om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land.

Bekendtgørelse nr. 1453 af 11. december 2007 om uddannelse af personer, der udfører boringer på land.

## 1.5 Definitioner

I rapporten er anvendt følgende begreber:

Almen vandforsyning: Vandforsyningsanlæg som forsyner mindst 10 ejendomme (jf. vandforsyningsloven).

Ikke almen vandforsyning: Vandforsyning, som forsyner 1-9 ejendomme samt andre indvindinger, hvor der er krav om drikkevandskvalitet.

Andre vandindvindingsanlæg: Vandindvindingsanlæg uden krav om drikkevandskvalitet, f.eks. markvandingsboringer.

Brine: Den væske som er i jordvarmeanlægges slanger (varmeoptagersiden), dvs. vand som er tilsat frostsikringsmiddel

Frostsikringsmiddel: Den væske som vandet tilsættes for at undgå at væsken fryser og som også betegnes brinen. Der anvendes normalt ethanol, ethylenglycol, IPA-sprit eller Propylenglycol.

Kølemiddel: Kølemedie (en gas), som benyttes i varmepumpens lukkede kredsløb. Kølemediet reguleres ikke i jordvarmebekendtgørelsen.

Tæthedsprøvning: En afprøvning, som skal sikre at det samlede anlæg er tæt. Den foretages med rent vand inden anlægget tages i brug.

Trykprøvning: En kontrol af om de enkelte materialer/komponenter lever op til de standarder, som de er produceret til. Trykprøvning sker ved højere tryk end tæthedsprøvning og foretages i forbindelse med produktion af anlæggets dele.

## 2 Jordvarmeanlæg

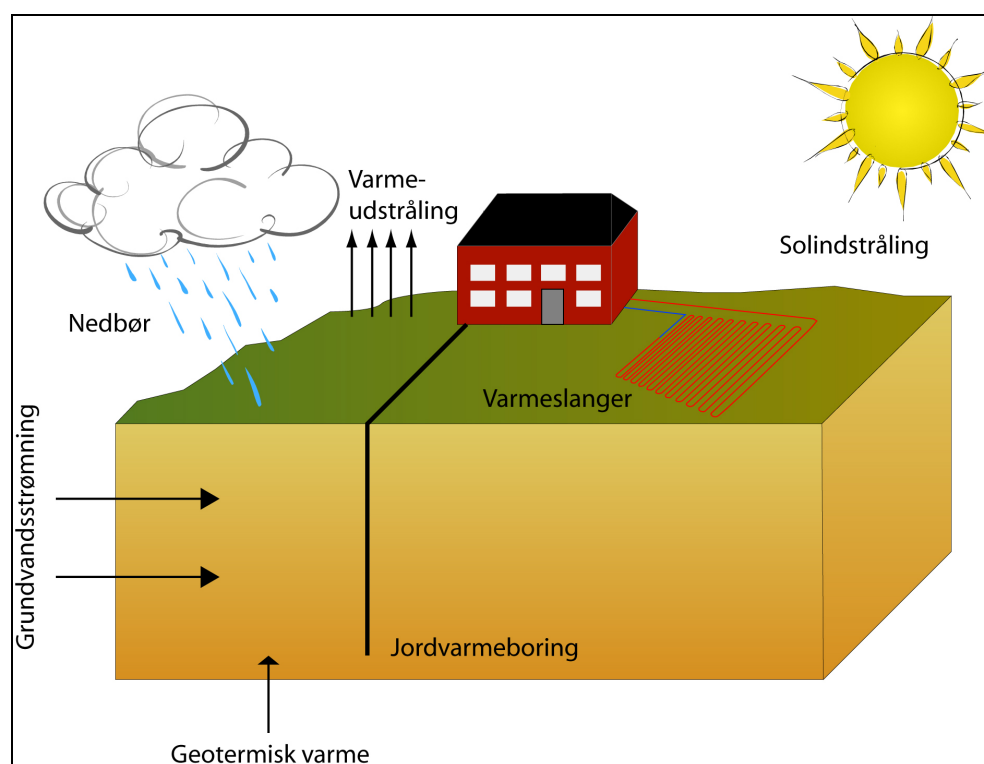
### 2.1 Generelt om jordvarmeanlæg

#### 2.1.1 Hvad er et jordvarmeanlæg, og hvordan virker det

Jordvarmeanlæg anvendes til at udnytte varmen fra jorden primært til opvarmning af boliger, men også til varmt vand.

Jordvarmeanlægget består af et varmeoptagersystem, som optager varmeenergi fra jorden, og et varmepumpeanlæg, som omsætter denne varmeenergi til et højere temperaturniveau. Ofte omtales varmeoptagersystemet som "den kolde side", mens husets opvarmningssystem betegnes "den varme side".

Varmen i jorden stammer fra solindstråling, nedbør, grundvandsstrømning og geotermisk energi, sådan som det fremgår af Figur 2.1.



Figur 2.1 Varmekilder, der udnyttes i jordvarmeanlæg

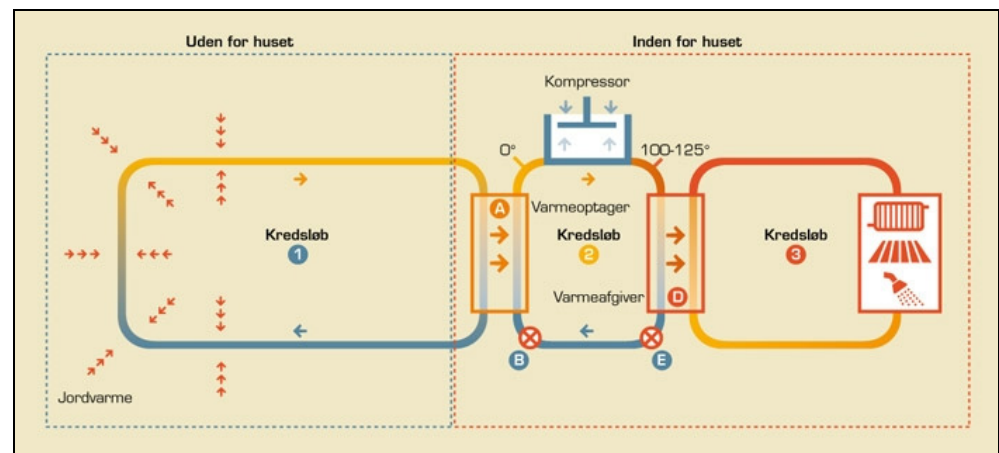
Forskellige anlægstyper udnytter disse energikilder forskelligt – et traditionelt anlæg med varmeslanger, der er nedgravet i 0,6-1,2 meters dybde udnytter primært den varme i de øverste jordlag, som skyldes solindstråling. Nedbøren kan i nogle sammenhænge også have en væsentlig rolle her. Boringer udnytter i Danmark primært varme tilført med grundvandsstrømning. Da grundvands strømnings hastighed varierer meget afhængigt af geologiske og hydrogeologiske forhold, er mængden af tilført varme meget varierende. Tilførslen af geotermisk varme er lille i forhold til de øvrige kilder.

I områder med grundfjeld spiller tilførslen af opmagasineret varme fra selve klippen en væsentlig rolle. De anlæg, som benytter sig af "bjergvarme", fungerer selv uden tilførsel af grundvand, men de har til gengæld en mere begrænset levetid på grund af afkøling af den omkringliggende klippe.

Varmepumpen omsætter energien fra det lave temperaturniveau, som findes i jorden, til et højere temperaturniveau, som kan anvendes til opvarmning og varmt brugsvand.

Figur 2.2 illustrerer jordvarmeanlæggets princip.

- Kredsløb (1) er jordslangerne, som optager varme fra omgivelserne. I dette kredsløb er der brine, dvs. vand som er tilsat frostsikringsmiddel.
- Kredsløb (2) er selve varmepumpen, hvor der cirkulerer et kølemiddel, dvs. en gas.
- Kredsløb (3) er husets opvarmningssystem, hvor der cirkulerer vand.



Figur 2.2 Principskitse af jordvarmeanlæg. Figur fra IVT Naturvarme

Selve kredsprocessen i varmepumpen består af

- fordampning (A), hvor kølemidlet optager varme fra jordslangekredsløbet ved et lavt temperaturniveau,
- kompression, hvor kølemidlets tryk hæves, hvorved temperaturen stiger,
- kondensering (D), hvor kølemidlet afgiver varme til husets varmesystem ved et højt temperaturniveau og tryk og
- drøvling (E-B), hvor kølemidlets tryk sænkes og temperaturen falder, inden det ledes til fordamperen igen.

På grund af meget lave temperaturer i varmepumpen er det nødvendigt at frostsikre den væske, som cirkulerer i varmeoptagersystemet.

Mere detaljerede tekniske forklaringer findes i bilag 1, hvor der desuden er informationer om dimensionering af jordvarmeanlæg, godkendelsesordninger mv.

## 2.1.2 Anlægstyper

Traditionelle jordvarmeanlæg er baseret på et varmeoptagersystem, som består af plastslanger, som er nedgravet vandret over et passende areal. Disse anlæg er fortsat de mest almindelige. Der findes imidlertid andre anlægstyper, og der sker i øjeblikket en løbende teknologiudvikling på området. Der markedsføres derfor stadig nye anlægstyper.

Andre typer varmeoptagersystemer udføres enten som borerer til større dybde eller som såkaldte kompaktanlæg, som har mere begrænset udstrækning såvel vertikalt som horisontalt. Med hensyn til varmeoptagelse og selve varmepumpeanlægget svarer teknologien for disse anlægstyper til teknologien for anlæg baseret på varmeslanger i jord.

Desuden er der i mindre omfang etableret anlæg med direkte fordampning, hvor der ikke anvendes brine, men selve kølemidlet cirkuleres direkte i et varmeoptagersystem i jorden. Her bliver varmeveksleren overflødig.

Hidtil er de fleste jordvarmeanlæg udført som anlæg til enkelte husstande, men der ses nu en stigende interesse for at etablere større anlæg til f.eks. hoteller eller etageejendomme.

Ved fastsættelsen af tekniske krav og afstandskrav til jordvarmeanlæg under hensyntagen til risikoen for jord- og grundvandsforurening er det hensigtsmæssigt at fastsætte kravene afhængigt af varmeoptagersystemets udformning og de stoffer, som cirkuleres i slangerne.

En oversigt over de anlægstyper, som skal tages i betragtning, ses i Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Anlægstyper, varmeoptagersystemer

	Anlæg med brine	Direkte fordampning
Vandrette varmeslanger	Traditionelt jordvarmeanlæg	Direkte fordampning, normalt i kobberør
Kompaktanlæg	Kollektoranlæg, f.eks. udformet som "radiatorer" eller spiraler	Kollektorer
Borerer	Varmeslanger i boring Koncentriske rør Alternative materialer	Direkte fordampning i boring Alternative materialer

Varmeoptagersystemerne etableres i forskellig dybde: Vandrette varmeslanger i jord ligger normalt i mindre end 1 meters dybde, kompaktanlæg etableres i indtil 5 meters dybde, mens borerer kan være op til omkring 200 meter dybe. Dette har betydning for risikoen for forurening af grundvandet, idet transporten af eventuelle stoffer fra terrænnære anlæg forsinkes af den tid, det tager for stofferne at bevæge sig fra anlægget ned til grundvandsmagasinet.

Af hensyn til reguleringen af anlæggene er det dog mere praktisk at stille krav til varmeoptagersystemerne med udgangspunkt i, hvordan de etableres. Derfor skelnes der ved fastsættelse af krav til anlæggene imellem

- terrænnære anlæg, som graves eller pløjes ned, og
- borerer, som etableres med boreteknikker, jf. bekendtgørelse om borerer.

Herved vil visse typer af kompaktoptagere, som etableres med boreudstyr, blive opfattet som borerer, hvilket det kan være nødvendigt at tage hensyn til i reguleringen.

Der findes desuden såkaldte hybridsystemer, hvor jordvarmeslanger kombineres med et varmeoptagersystem placeret i luften eller med solfangeranlæg. Anlæggene vil typisk være monteret med en kortere jordslange end traditionelle systemer. Den del af et hybridsystem, som befinder sig i jorden, kræver tilladelse efter jordvarmebekendtgørelsen ligesom andre jordvarmeanlæg.

En ny type anlæg, som drives af varme (fjernvarme), kan ikke køle væsken i varmeoptageren under 0 °C, og hvorfor frostsikring ikke er nødvendig i disse anlæg.

De mest almindelige anlægstyper er beskrevet i afsnit 2.2 - 2.5. Desuden findes en mere detaljeret beskrivelse i bilag 1.

### 2.1.3 Materialevalg og materialernes holdbarhed

For at jordvarmeanlæg er og forbliver tætte, er det nødvendigt at anvende materialer, som er modstandsdygtige over for de anvendte kemikalier og kan tåle lang tids ophold i jorden. Levetiden for materialerne skal vurderes på baggrund af det miljø, de skal fungere under. Udover de anvendte stoffer og forholdene i jorden skal der tages hensyn til driftstrykket, som har betydning for levetiden af nogle materialer.

Nedenfor beskrives kort de materialer, som anvendes i jordvarmeanlæg p.t. Plastslangerne (PE) er velkendte og gennemprøvede, og der kan derfor stilles specifikke krav til dem. Når der anvendes andre materialer eller andre plastkvaliteter, bør der stilles krav til leverandøren om uvildig og saglig dokumentation for materialernes holdbarhed under de givne betingelser.

#### *Plast*

PE (polyethylen) er det mest anvendte materiale til varmeslanger og anvendes såvel ved vandrette anlæg som i borer. Slangerne godkendes og mærkes i henhold til normen EN 13244.

PE-slang er fås i forskellige kvaliteter. Der kan stilles krav til trykklassen (PN), til selve materialet og til forholdet mellem slangens diameter og godstykkelse (SDR).

Trykklassen betegnes ved PN, hvor tallet efter PN er det tryk i bar, slangen kan tåle ved vedvarende belastning ved 20°C i minimum 50 år. Til varmeslanger i jord anvendes PN6, og til jordvarmeboringer PN16.

De materialer, som anvendes som varmeslanger i jordvarmeanlæg er PE40 (kaldes også PEL) og PE80. PE40 er det blødeste materiale, og det er derfor nødvendigt med en større godstykkelse til samme trykklasse end for PE80. Til gengæld er slangen mere bøjelig, og kravet til bøjningsradius er derfor mindre.

PE100 anvendes kun i jordvarmeboringer, hvor der ikke er behov for at bøje slangen. PE80 og PE100 kan svejses, hvilket ikke er tilfældet for PE40.

SDR er forholdet mellem slangediameteren og godstykkelsen på slangen, og beregnes ved at dividere den udvendige diameter af slangen med den specificerede minimale godstykkelse. SDR afhænger således af materialet og trykklassen. Til varmeslanger i jord anvendes enten PE40 SDR11 eller PE80 SDR 17, hvor den sidste har mindre godstykkelse. Kravene til PE-slang i henholdsvis vandrette og lodrette anlæg fremgår af afsnit 2.2 og 2.3.

PE bliver skørt med tiden, hvis det udsættes for lys, men ved ophold i jorden er levetiden meget lang, ifølge producenterne mere end 100 år. Hvis PE befinder sig under højt tryk, forkortes levetiden. Desuden har lægningen af slangerne betydning for levetiden; slanger der ligger i komprimeret stenfrit sand,

har længere levetid end slanger der er pløjet ned. I jordvarmeanlæg vurderes levetiden af slangerne under alle omstændigheder at være mindst 50 år /17/.

PE kan desuden beskadiges ved mekanisk påvirkning. Ved frysning bliver materialet hårdere og kan holde til mindre mekanisk belastning.

Når slanger af PE ældes, vil det første tegn være, at diameteren øges ganske lidt på grund af trykket i slangerne. Først i løbet af en årrække vil dette føre til utætheder. Dette vil få trykket i et jordvarmeanlæg til at falde. Et trykovervågningssystem kan således anvendes til at overvåge, at slangerne ikke er begyndt at give sig på grund af ælde.

### *Kobber*

Kobber anvendes i anlæg med direkte fordampning. Kobberrørene vil oftest være forsynet med en beskyttelseskappe af PE eller lignende. Beskadigelse af PE-kappen kan føre til nedbrydning af kobberrørene i jorden, hvilket udover utætheder også kan føre til forurening af jord og grundvand.

Der anvendes typisk rør med en diameter på 10 mm, og rørene er trykprøvet til 45 bar (4500 kPa).

### *Aluminium*

En ny type boringer til varmeoptagelse fra jord anvender aluminiumsrør, jf. beskrivelsen i afsnit 2.3. Der anvendes Al-legering EN AW 60606/T6 med 25 µm eloxering. Der anvendes ikke andre metaller i anlægget.

Generelt er der store betænkeligheder ved anvendelse af aluminium i konstruktioner under jorden, da der vil være en betydelig risiko for korrosion. En lang række forskellige forhold spiller ind på korrosionsrisikoen. De væsentligste risici for korrosion af aluminiumsrørene vurderes at være

- sur eller meget basisk jord
- saltholdige aflejringer / saltholdigt porevand
- selv små beskadigelser af rørene under etableringsarbejdet
- korrosion i samlinger

Også andre forhold kan spille ind, og der er risiko for korrosion også under andre forhold. Problemstillingen er beskrevet nærmere i bilag 1. Anlæg af aluminium kræver derfor særlig korrosionssikring.

### *Rustfrit stål*

Der markedsføres p.t. en type anlæg, som består i boringer med direkte fordampning. Her udføres "slangen" som et rør i rustfrit stål. Der er ikke p.t. nærmere kendskab til, hvilken legering der anvendes, og dens egenskaber i jord.

#### **2.1.4 Sikring af anlæggets tæthed**

Jordvarmeanlæggets tæthed skal kontrolleres både ved etableringen og i forbindelse med den efterfølgende drift. Tætheden sikres ved

- tæthedsprøvning ved installation
- kontinuerlig overvågning af tryk med alarm og stop af anlægget ved trykfald
- årligt eftersyn med kontrol af sikkerhedsanordninger
- sløjfning af anlæg, inden de bliver utætte på grund af ælde.



### *Tæthedsprøvning*

Inden anlægget tages i brug, skal det samlede anlæg tæthedsprøves med rent vand. Tæthedsprøvning må ikke forveksles med trykprøvning, hvor det kontrolleres, at materialerne lever op til de standarder, som de er produceret til. Trykprøvning sker ved højere tryk end tæthedsprøvning og foretages i forbindelse med produktion af anlæggets dele.

For varmeoptagersystemer udført med PE slanger udføres tæthedsprøvning som følger:

Ved tæthedsprøvning skal alle samlinger være synlige. Hvis det er praktisk muligt, skal tæthedsprøvning ske inden slangerne tildækkes, hvilket dog ikke er en mulighed, hvis jordslangerne pløjes ned.

Prøvetrykket skal være 1,5 gange driftstrykket, dog mindst 400 kPa (40 m Vs), målt ved varmepumpen. Varmepumpen afspærres ved tæthedsprøvning. For højt prøvetryk kan beskadige anlægget. Under prøven må ingen dele af slangerne være udsat for direkte sol.

1. Slangerne pumpes op til prøvetrykket, som herefter holdes. Slangerne luftes ud om nødvendigt.
2. Når trykket falder, pumpes slangerne op til prøvetrykket igen. Dette gentages indtil prøvetrykket er konstant.
3. Efter 15 min. kontrolleres, om trykket er faldet.
4. Er dette tilfældet, skal lækage stedet findes og repareres, hvorefter der igen pumpes op til prøvetrykket.
5. Dette gentages, indtil trykket ikke er faldet efter 15 min. fra sidste op-pumpning.

Tæthedsprøvning skal altid ske med rent vand. Hvis tæthedsprøvningen sker med frostsikringsmiddel tilsat, vil utætheder føre til forurening af jord og grundvand. Det betyder, at det er nødvendigt at udskifte brinen med rent vand, hvis anlægget skal tæthedsprøves efter ibrugtagning.

### *Overvågning af tryk*

For at sikre, at eventuelle utætheder opdages straks, og anlægget stoppes, skal jordvarmeanlægget være forsynet med en kontinuerlig overvågning af trykniveauet. Hvis trykket falder, skal der udløses en alarm, og anlægget skal stoppes. Det er et krav, at anlægget ikke kan genstarte automatisk. I princippet kan ejeren selv genstarte anlægget, men i praksis vil det som regel kræve, at der tilkaldes en professionel installatør. Normalt skal der efterfyldes væske, før anlægget kan genstartes, og installatøren vil desuden vurdere årsagen til udfaldet.

Der findes to typer af trykovervågningssystemer, som i branchen kaldes en miljøpressostat eller niveauvagt:

- Miljøpressostat er en pressostat til overvågning af anlæggets overtryk. Her vil selv et lille trykfald, svarende til et udslip på maksimalt to liter, i praksis formentlig væsentligt mindre, føre til stop af anlægget.
- Niveauvagt, dvs. en plastbeholder, hvor alarmen udløses når væskniveauet falder til under følerens niveau. Denne type anvendes til såkaldte

trykløse anlæg, hvor overtrykket kun er ca. 0,5 bar. Også her vil et udslip på maksimalt to liter, i praksis formentlig væsentligt mindre, føre til stop af anlægget.

Ældre anlæg kan være udført med automatisk udluftning, som kan have "sat sig" og derfor medføre, at der kan trænge luft ind i jordslangen. Det vil føre til større spild i tilfælde af utætheder. Eventuel trykovervågning vil heller ikke fungere på disse anlæg, og anlæggene bør ændres til en tidssvarende standard.

#### *Årligt eftersyn*

Der skal ved servicering af anlæg ligeledes gennemføres kontrol af anlæggets tæthed. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 2.8.

#### *Levetid*

Der er ikke praksis for fastsættelse af levetid for jordvarmeanlæg. Som nævnt ovenfor, vil trykket i slangerne langsomt begynde at falde i plastslanger, når materialet ældes. Der er ikke erfaring for, hvornår dette sker. Der er således ikke grundlag for at fastsætte en maksimal levetid for disse anlæg. For anlæg, hvor der anvendes andre materialer, må vurdering af levetiden foretages på baggrund af den dokumentation, som leverandøren skal tilvejebringe i forbindelse med tilladelsen.

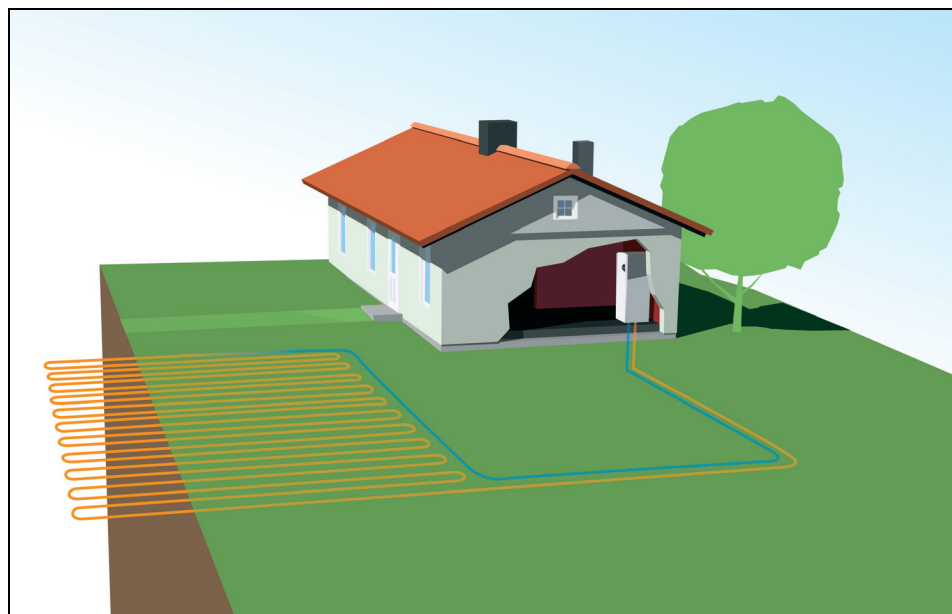
Det kan overvejes at fastsætte en gyldighedsperiode for tilladelsen, hvorefter den skal forlænges. Hvis levetiden af anlægget forudsættes at være mere end 50 år, vil det dog formentlig være vanskeligt at håndhæve, blandt andet fordi der er en betydelig sandsynlighed for at anlægget har skiftet ejer en eller flere gange i den mellemliggende periode.

I stedet anbefales det, at anlæggene registreres hos kommunen, og at det med mellemrum kontrolleres om anlæggene fortsat er i drift – specielt for de ældste anlæg.

## 2.2 Varmeslanger i jord (horisontale anlæg)

### 2.2.1 Generelt

Denne type anlæg er som beskrevet i det foregående den mest almindelige, og der er meget omfattende erfaringer med etableringen og driften af disse anlæg. Overholdes anbefalinger og forskrifter, er anlæggene særdeles sikre og driftssikre. Figur 2.3 viser en principtegning af et almindeligt jordvarmeanlæg, hvor den kolde væske løber ud fra varmepumpen og opvarmes i jorden, inden den løber tilbage i varmepumpen.



Figur 2.3 Jordvarmeanlæg med vandrette varmeslanger. Figuren er udlånt af IVT Naturvarme.

Nedgravningsdybden er normalt 60-120 cm. Varmeenergien i denne dybde stammer primært fra solens opvarmning, og jordlagene genopvarmes hver sommer efter vinterens afkøling. Disse anlæg løber derfor ikke tør for energi.

En mere detaljeret beskrivelse af anlægstypen og de krav, der stilles, gives i bilag 1.

### 2.2.2 Slanger og samlebrønd

Jordslanger til jordvarmeanlæg bør være af typen PE40, SDR11 eller PE80, SDR 17, EN 13244. Andre typer af slanger kan principielt godt anvendes, men der kræves dokumentation for slangernes egenskaber, jf. bilag 1.

I den tidligere bekendtgørelse var der et krav om mindst 60 cm jorddækning, hvilket kan være hensigtsmæssigt som sikring imod beskadigelse af anlægget ved de mest almindelige aktiviteter, herunder gravning og pløjning.

Slangerne kan deles i flere strenge for at reducere tryktabet i slangen og dermed pumpeenergien. Ved flere strenge samles slangerne i en samlebrønd, hvori der er placeret en fordelingsmanifold, der ligeledes kan sikre korrekt indregulering af de enkelte strenge, så væsken fordeles korrekt imellem slangerne under drift. Manifolderne skal give mulighed for at lukke for de enkelte strenge af hensyn til muligheden for individuel tæthedsprøvning og afspærring i tilfælde af uheld. Hvis der kun etableres én streng, monteres denne direkte ind på varmepumpen.

De enkelte strenge kan være op til 400 meter lange, afhængig af slangediameteren. Varmeslanger kan fås i længder på op til 600 meter til brug ved anlæg i større huse, og ved etablering af større anlæg i f.eks. idrætshaller, etageejendomme etc. kan de enkelte strenge derfor ofte være længere.

Normalt bør det derfor ikke være nødvendigt at samle slangerne andre steder end i samlebrønden. Eventuelle samlinger af slangerne kan dog være nødvendige, f.eks. ved senere reparationer. Samling af slangerne udføres da med trækfaste samlinger, og det sikres at samlingen kan inspiceres, f.eks. ved etab-

lering af en inspektionsbrønd. Samling af slangerne skal ske 0,5 m over slangernes højeste niveau, og der skal altid udføres tæthedsprøvning efter samling af slangerne.

Til samlinger af slanger, som udføres i forbindelse med reparationer, bør anvendes elektro-svejs fittingskompatible med PE-slangerne i anlægget, eller trækfaste VA-godkendte<sup>1</sup> fittings til mekaniske samlinger. Ved reparationer på eksisterende anlæg udføres samlingen og afmærkes efterfølgende på ledningsplanen.

Bemærk at der kan være problemer med opbygning af is i samlebrønden, låget bør derfor slutte tæt og må gerne være isoleret. På grund af isdannelse kan der desuden være behov for isolering af udløbsslangen gennem sokkel og indtil 1,5 m fra huset og ved samling af slangerne i samlebrønden. Til samlebrønden skal der anvendes korrosionsbestandige materialer.

### 2.2.3 Montering af varmeslanger

Til ethvert jordvarmeanlæg skal der medfølge en detaljeret monteringsvejledning til installatøren, der i detaljer beskriver de enkelte arbejdsgange i installationsprocessen. Det er forskelligt fra produkt til produkt hvorledes anlægget skal installeres. En række forhold går dog igen, og i bilag 1 er der opstillet generelle anbefalinger i forbindelse med installation af varmeslanger.

Jordslangerne kan enten graves ned på traditionel vis eller pløjes ned med udstyr, der er indrettet til det. Ved nedgravning og lægning i stenfrit sand er levetiden længere, men nedpløjning er hurtigere og billigere og giver en fuldt forsvarlig nedlægning af slangerne.

Der stilles ikke krav til uddannelsen af de personer, der etablerer varmeslangerne i horisontale jordvarmeanlæg, og miljøbeskyttelsesloven giver ikke mulighed for at stille sådanne krav. Sikkerhed for, at anlægget etableres hensigtsmæssigt, og at det er tæt, når det sættes i drift, fås ved tæthedsprøvningen. For at sikre, at tæthedsprøvningen finder sted og udføres korrekt, bør der foreligge dokumentation for dette. Dokumentationen kan være et skema, som den der udfører tæthedsprøvningen, udfylder og underskriver, og som efterfølgende sendes til kommunen.

## 2.3 Jordvarme boringer (vertikale anlæg)

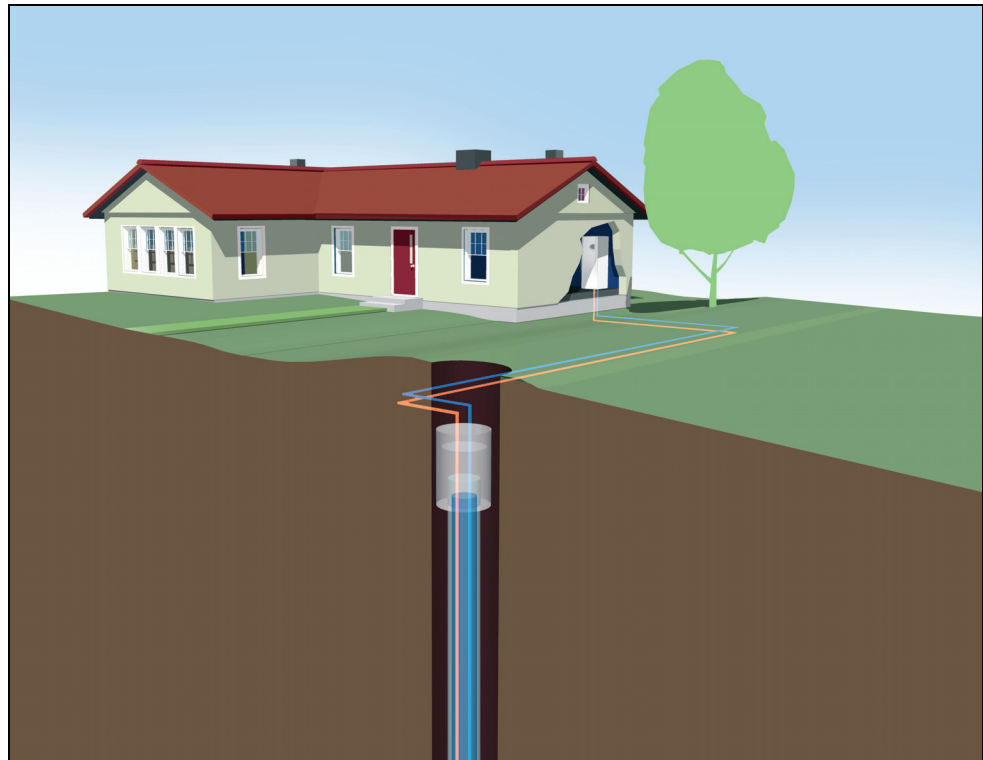
### 2.3.1 Generelt

Jordvarmeanlæg baseret på boringer har været meget lidt udbredt i Danmark hidtil. Der er etableret enkelte anlæg løbende, men anlægsformen har størst udbredelse på Bornholm, hvor anlæggene udføres som såkaldt bjergvarme. Flere af vores nabolande har en del erfaringer med lodrette varmeoptagersystemer, bl.a. i Tyskland og Sverige har man mange års erfaring med løsningen. Anlæg baseret på boringer har den store fordel, at de kun berører et lille areal på jordoverfladen.

Figur 2.4 viser princippet for denne type anlæg. Jordvarmeboringen fungerer i princippet på samme måde som vandrette varmeslanger, bortset fra at væsken løber ned og op i boringen i stedet for rundt i et vandret kredsløb.

---

<sup>1</sup> Godkendelse til vandforsyningsanlæg, se [www.etadanmark.dk](http://www.etadanmark.dk)



Figur 2.4 Jordvarmeanlæg med boring (eller bjergvarme). Figur fra IVT Naturvarme.

Varmeoptagelsen i disse systemer sker hovedsagelig fra det grundvand, som strømmer omkring boringen, men ved bjergvarme har varmeoptagelse fra selve klippen også betydning. Den tilgængelige varmemængde i klippe er dog begrænset, og anlæggene har en levetid på 10-15 år, alt efter den tilgængelige varme. I områder, hvor der er grundvandsstrømning omkring jordvarmeboringen, tilføres der løbende varme herfra. Hvis grundvandsstrømmen er tilstrækkelig, er anlæggets levetid ikke begrænset af tilførslen af varme.

Derudover er der mulighed for såkaldt vinterreversering, hvor varmepumpen vendes om sommeren, og borehullet opvarmes, så den mængde varme der er til rådighed næste vinter, er større. Opvarmning af borehullet kan f.eks. ske ved at anvende anlægget til aircondition om sommeren, men da dette kræver supplerende installationer, ses det kun på større anlæg.

For de dele af anlægget, som går fra boringen frem til huset gælder de krav, som er beskrevet for varmeslanger i jord i afsnit 2.2.

### 2.3.2 Krav til udførelse af boringer

Boringer til jordvarmeanlæg skal ligesom andre boringer udføres i henhold til den gældende bekendtgørelse om boringer, og arbejdet skal udføres af en uddannet brøndborer, jf. bekendtgørelsen om uddannelse. Dette gælder også installation af slangerne i boringen og eventuel efterfølgende servicering af den del af anlægget, som har med boringen at gøre.

Boringer etableres normalt indtil ca. 200 meters dybde. Boringer, som er mere end 250 meter dybe, kan kræve tilladelse efter undergrundsloven, hvilket kan afklares i den enkelte sag ved kontakt til Energistyrelsen.

De generelle krav til boringer omfatter jf. bekendtgørelsens § 9, at borearbejdet skal tilrettelægges og udføres sådan, at boringen ikke medfører risiko for, at grundvandet forurenes. Mellemrummet mellem forerør og omkringliggende jordlag skal tættes ved opfyldning med materialer, som sikrer, at grundvand ikke forurenes ved nedsivning langs forerøret, og så uønsket vandudveksling mellem forskellige magasiner ikke finder sted.

Bekendtgørelsen om boringer stiller i § 16 bl.a. krav om, at de anvendte materialer skal besidde tilstrækkelig styrke og holdbarhed til, at de kan modstå mekaniske påvirkninger, erosion samt kemisk og galvanisk korrosion. Dette krav gælder alle boringer.

I bekendtgørelsen om boringer på land er boringer opdelt mellem kategori A og kategori B. Grundprincippet i opdelingen er, at A-boringer er permanente boringer med faste installationer, mens B-boringer er midlertidige boringer.

Med de gældende regler for boringer og jordvarmeanlæg opfattes jordvarmeboringer som kategori B-boringer. B-boringer kan udføres uden tilladelse, blot efter anmeldelse. Der er dog samme tekniske krav som til A-boringer med hensyn til tætning af jordlag og anvendelse af materialer. Kommunalbestyrelsen kan i øvrigt gøre indsigelse imod udførelse af en anmeldt B-boring inden for en 14 dages frist, f.eks. hvis der ikke er givet tilladelse til selve jordvarmeanlægget, eller hvis boringen ikke opfylder de krav, kommunen vil stille i denne tilladelse.

Da jordvarmeboringer er permanente anlæg, som der skal gives tilladelse til, er det ikke hensigtsmæssigt, at boringen kan udføres uden tilladelse. Det anbefales derfor, at der stilles krav om tilladelse til jordvarmeboringer ved en eventuel fremtidig revision af bekendtgørelsen om jordvarme. Boringsbekendtgørelsens krav til kategori A-boringer kan anvendes; dog er bekendtgørelsens krav til overbygning, forerørsafslutning og pumpeinstallationer (§§ 11-15) dog ikke anvendelige i forhold til jordvarmeboringer.

Det er imidlertid allerede efter de gældende regler muligt at stille krav til boringen i tilladelsen til selve jordvarmeanlægget. Relevante vilkår i forbindelse med jordvarmeboringer er f.eks.

- Borearbejdets formål.
- Udførelse og indretning af boring og overbygning, herunder tætning og anvendte materialer.
- Underretning af kommunalbestyrelsen om tidspunkt for udbygning og tætning.
- Koordinat- og kotesætning af boringen.
- Indberetning til GEUS, jf. kapitel 5 i boringsbekendtgørelsen.
- Mærkning af boringen til identifikation
- Hvornår og hvordan boringen skal sløjfes.

Hvis kravene til boringen ikke overholdes, kan kommunalbestyrelsen afslå tilladelse til etablering af jordvarmeanlægget i boringen.

For at øge sikkerheden mod udslip af kølevæske (brine) til grundvandet kan der stilles krav om, at boringen forsegles med bentonit/cementsuspension.

### 2.3.3 Etablering af boringer med varmeoptagere

Jordvarmeboringer udnytter varme i undergrund og grundvand og er som regel 100-150 meter dybe. Teknikkerne til etablering og udbygning af boringer med varmeoptagere er forskellig alt efter de geologiske forhold.

I områder med klippegrund kan jordvarmeboringer (bjergvarme) etableres ved blot at fore og faststøbe de øverste få meter af borehullet. Herunder står borehullet åbent. I borehullet ophænges en varmeslange, svarende til de slanger, der anvendes i horisontale anlæg. Denne metode er meget udbredt i Sverige, men den er ikke anvendelig i løse aflejringer, og den kan give problemer i områder med drikkevandsinteresser.

I løse aflejringer er det nødvendigt at benytte borerør eller boremudder for at holde borehullet åbent under borearbejdet. I praksis vil der i de aktuelle dybder altid anvendes skylleboringsteknikker og boremudder.

I områder, hvor der er klippe, kalk, sandsten eller anden fast bjergart under et lag løse jordarter, kan varmeslanger i åbent hul principielt godt benyttes. Her er det nødvendigt at fore borehullet ned gennem den løse lagserie, svarende til den teknik der anvendes for vandforsyningsboringer, der står åbne i kalk. Denne type anlæg kan specielt tænkes etableret i områder hvor der ikke er væsentlige drikkevandsinteresser, f.eks. på grund af højt saltindhold i grundvandet.

I områder med drikkevandsinteresser er det nødvendigt at sikre, at der ikke sker udveksling af vand imellem grundvandsmagasiner eller f.eks. mellem vandførende horisonter i kalken med forskellig vandkvalitet.

For at imødegå risikoen for udveksling af vand mellem grundvandsmagasiner og for nedsivning af overfladevand og forurening er det nødvendigt at tætne boringerne. I udgangspunktet tættes jordvarmeboringer efter samme principper som andre boringer. Normalt etableres jordvarmeboringer i en forholdsvis lille dimension, som sammen med en stor boreddybde i praksis gør det umuligt at tætne boringen med skiftende sand og ler.

Tætning af jordvarmeboringer sker mest hensigtsmæssigt ved støbning fra bunden med en passende bentonit/cement suspension. Her anvendes normalt en såkaldt storebæltsblanding. Opfyldningen sker i praksis ved at føre en ekstra slange med ned til boringens bund, som bentonit/cement suspensionen kan pumpes igennem. I meget dybe boringer kan det være nødvendigt at anvende to slanger til dette formål, hvor den ene anvendes til opfyldning af boringens nederste halvdel, og en anden stopper midt i boringen og anvendes til opfyldning af den øverste del. Metoden stiller krav til jordvarmeslangernes trykstyrke, som ikke må kollapse på grund af trykket ved opfyldning.

Det bemærkes, at varmeledningsevnen i bentonit generelt er lav, og tætningen omkring varmeslangerne kan derfor fungere som en isolering, der forringer varmeoptagelsen. Der kan evt. tilsættes kvartssand til forbedring af varmeledningsevnen. I /3/ anbefales en sammensætning af bentonit, cement og sand på 1:1:3. Ren bentonit bør ikke anvendes, da den dels har dårlig varmeledningsevne, dels ikke tåler frost. Der fås dog særlige typer bentonit, som er specialfremstillet til jordvarmeboringer, og som har en højere varmeledningsevne. Nogle af disse kan desuden holde til frostgrader uden at miste forseglingssevnen. Tabel 2.2 viser varmeledningsevnen for nogle af disse materialer.

Tabel 2.2 Varmeledningsevne af materialer til tætning af jordvarmeboringer

Materiale	Varmeledningsevne W/(m·K)	Kilde
Bentonit	0,5-0,8	/2/
Cement	0,9-2,0	/2/
Storebæltsblanding	0,9 <sup>2</sup>	/27/
Kvartssand	3,6,-6,6	/2/
Special-bentonit til jordvarmeanlæg	1,5-2,0	/28/

Borehullet kan i princippet udbygges med forskellige typer af rør, sådan som det er beskrevet i bilag 1. De anvendte materialer til anlæg i boringer skal være korrosionsbestandige, jf. § 16 i bekendtgørelse om boringer.

Plastslanger skal være EN 13244 godkendte PE100RC SDR11. Disse slanger kan holde til trykket fra pumpning af bentonit-cementsuspension, de er stive og ridsefaste, og mindre ridser, som kan opstå under etablering af anlægget, udvikler sig ikke efterfølgende. Slangerne samles i bunden af boringen i et støbt emne, som er svejset fast på slangerne inden leveringen. Inden ned-sænkning i borehullet anbefales det, at der foretages en trykprøvning af slangen for at kontrollere, at slanger og svejsninger ikke er blevet beskadiget under transporten. Trykprøvningen skal ske med rent vand, efter DS 455 (slangens nominelle tryk gange 1,3. Trykket må ikke falde indenfor den første time).

For at et lodret jordvarmeanlæg kan fungere, skal der være tilstrækkelig strømning af vand omkring slangen, for at den kan blive ved med at give varme. Alternativt skal jordlaget omkring slangen regenereres ved at tilføre varme om sommeren f.eks. ved veksling med udeluft eller som overskudsvarme fra en bygning. Ved sidstnævnte løsning kan anlægget køle bygningen med et meget lille elforbrug til at drive cirkulationspumpe i brinekredsen. Denne type løsning finder i stigende grad anvendelse ved bygninger og anlæg af en vis størrelse, mens den sjældent ses for enfamiliehuse. En række af vores nabolande har en del erfaringer med sådanne lodrette varmeoptagersystemer, bl.a. i Tyskland og Sverige har man mange års erfaring med løsningen.

Vedrørende dimensionering af anlæggene er der endnu kun begrænsede danske erfaringer. Svenske erfaringer kan anvendes i en vis udstrækning, men de svenske anlæg er ofte baseret på bjergvarme, hvor forholdene er anderledes end i danske grundvandsmagasiner. Tyske erfaringer er tilsvarende anvendelige, men på grund af en lavere gennemsnitstemperatur over året er jordtemperaturen lidt lavere i Danmark end i Tyskland, og der kan ikke trækkes lige så megen varme ud af anlæg i Danmark som i Tyskland. Derudover er fyringssæsonen længere i Danmark, og et højere antal drifttimer betyder, at der er brug for flere boremeter. Den tyske ingeniørforenings retningslinjer /3/ kan derfor overestimere varmeoptagelsen og kan derfor føre til underdimensionerede anlæg under danske forhold. Det er i øvrigt leverandørens ansvar, om anlægget fungerer efter hensigten; kommunen kan ikke stilles til ansvar for at have givet tilladelse til et underdimensioneret anlæg.

I bjergvarmeboringer er der set problemer med opbygning af en iskerne omkring den slange, hvor væsken løber ned i boringen, i de koldeste perioder, hvis vandet fra varmeveksleren kommer under frysepunktet. På grund af kondens og afkøling opbygges et lag is uden om slangen, som kan blive så massivt at det presser på den anden slange, som derved deformeres. Slangen kan ikke

<sup>2</sup> Der er støbt en cylindrisk prøve Ø 70 mm og h=87mm. Prøven er afhærdnet i luft ca 2,5 måned. Herefter er den forsøgt vandmættet med ledningsvand (opnået mætningsgrad på 78%).



holde til gentagne deformationer og vil derfor på et tidspunkt gå i stykker. Denne skade kan forebygges ved at dimensionere anlæggene sådan at indløbstemperaturen til varmepumpen er mindst 2 °C. I praksis kan udløbstemperaturen så godt blive lavere kortvarigt i de koldeste perioder, men der ses ikke opbygning af is omkring slangerne. Der bør stilles et sådant krav i tilladelsen.

I de tyske retningslinjer /3/ angives det, at de øverste to meter af boringsanlæg skal tømmes af med trykluft i de måneder, hvor der kan forventes frost, for at imødegå denne type problemer. Hvis denne løsning vælges, vil det ikke være muligt at anvende jordvarmeanlægget i den periode af året, hvor der er mest brug for det. Det anbefales derfor i stedet at stille krav til temperaturen, som nævnt ovenfor.

Risikoen for uheld i form af overgravning er betydeligt mindre for anlæg i borer end for almindelige varmeslanger i jord. De ovenfor beskrevne problemer med frysning giver kun skader i de øverste meter af anlæggene og vil derfor ikke give anledning til udslip direkte i grundvandsmagasinet.

Normalt afsluttes borer i terræn med en tørbrønd. Terrænaflutningen for jordvarmeboringer udføres afhængigt af anlæggets udførelse. Hvis der ikke er samlinger af slanger og rør i forbindelse med boringsafslutningen, er en tørbrønd eller inspektionsbrønd ikke nødvendig. Det foreslås derfor, at der kun stilles krav om etablering af en inspektionsbrønd eller lign. hvis der forekommer samlinger. I andre tilfælde kan anlægget dækkes helt til under forudsætning af, at der på stedet opbevares en målfast plan over placering af borer og slanger.

#### 2.4 Jordvarmeanlæg med Kompaktoptagere

Kompakte anlæg kan være udformet som "radiatorer", se Figur 2.5, men der findes også andre udformninger findes. En spiralformet type er tilsyneladende på vej ind på markedet. Kollektorerne vil oftest være svejset, og det er her afgørende, at svejsningerne lever op til standarderne for de pågældende materialer og er trykprøvet ved leveringen.



Figur 2.5 Jordvarmeanlæg med kollektorer. Figur fra IVT Naturvarme.

Kollektorerne er som regel udført af samme type materialer, som anvendes i almindelige anlæg med varmeslanger i jord. Kravene til etablering og samling af anlæggene følger derfor retningslinjerne for varmeslanger i jord, jf. afsnit 2.2.

## 2.5 Anlæg med direkte fordampning

Tilbage i 70'erne og 80'erne blev der etableret et antal anlæg med direkte fordampning af kølemiddel i varmeoptagersystemet, som typisk var et kobberør. Umiddelbart vil dette såkaldte DX (direct expansion) anlæg have en højere effektivitet, fordi der spares en varmeveksling og dermed en tabsgivende temperaturdifferens. Også inden for de seneste år har denne teknologi igen vundet interesse.

Varmeoptagersystemerne kan være udformet som vandrette slanger, kompakt-optagere eller borer. Da varmeoptagersystemet skal kunne holde til et betydelig højere tryk end tilfældet er for anlæg med væske, anvendes der metaller i varmeoptagersystemet. Kobber er mest anvendt og coats for at sikre mod korrosion, jf. afsnit 2.1.3.

Der anvendes således ikke frostsikringsvæsker i disse anlæg, men til gengæld sendes kølemidlet direkte ud i varmeoptagersystemet i jord. Det er derfor kølemidlets egenskaber, der er interessante, når risikoen for forurening af jord og grundvand skal vurderes. De anvendte gasser er beskrevet og vurderet i afsnit 3.3.4.

En af de gasser som anvendes, er propan. Propan kendes også som flaskegas, og ved arbejde med propangas skal der tages skridt til sikring mod brand- og eksplosionsfare.

Der er i visse tilfælde rapporteret problemer med, at propangas går i forbindelse med olien, hvis temperaturen i kompressoren bliver for lav. Hvis olien fjernes fra kompressoren, vil anlægget gå i stå, ligesom for store mængder olie i varmeoptagersystemet kan føre til tilstopning.

Etablering af anlæg med direkte fordampning foretages af en autoriseret kølemontør, som har kendskab til reglerne for arbejde med drivhusgasser og trykbærende udstyr.

## 2.6 Hvilke krav skal stilles til jordvarmeanlæg

### 2.6.1 Formålet med kravene

De krav, som stilles til selve indretningen af jordvarmeanlæg i forbindelse med en tilladelse efter jordvarmebekendtgørelsen (og dermed miljøbeskyttelsesloven), har primært til formål at sikre, at

- varmeoptagersystemet er tæt og forbliver tæt
- eventuelle utætheder og udslip af væske opdages hurtigt
- de anvendte stoffer er acceptable i forhold til omgivelserne.

Desuden stilles en række krav til ejeren om kontrol og underretning af kommunalbestyrelsen, som skal sikre, at kommunen kan gribe ind, hvis der opstår risiko for forurening af jord og grundvand.

Kommunalbestyrelsen har principielt ikke noget ansvar for, at de anlæg der gives tilladelse til, også fungerer efter hensigten. Dette ansvar påhviler producenten og leverandøren. Specielt med hensyn til dimensionering af varmeoptagersystemet kan det ikke forventes, at kommunens sagsbehandler har indsigt i beregningsmetoderne, og der påhviler derfor leverandøren et særligt ansvar for dette. De krav, der stilles igennem jordvarmebekendtgørelsen og kommunernes sagsbehandling, har udelukkende til formål at sikre jord og grundvand mod forurening.

Kravene til jordvarmeanlæg kan på denne baggrund omfatte krav til

- materialer med hensyn til styrke og holdbarhed
- metoder til etablering af anlæggene og andre forhold omkring etableringen, som tjener til at forebygge skader
- sikkerhedsforanstaltninger, som skal sikre, at eventuelle utætheder opdages, og at udslip begrænses ved at anlægget stoppes
- anvendte kemiske forbindelser
- kontrol af anlægget inden ibrugtagning
- dokumentation for anlæggets udførelse og installation
- registrering af anlæggets placering og afstand til aktiviteter, der potentielt kan føre til beskadigelse af anlægget
- regelmæssig kontrol af anlægget under driften
- sløjfning af anlæg, inden de bliver utætte på grund af ælde.

En del af disse krav vil være forskellige, alt efter hvilken type anlæg, der er tale om.

Både den eksisterende bekendtgørelse om jordvarme og den tidligere bekendtgørelse indeholder bestemmelser til sikring af nogle af disse forhold. Bestemmelserne gennemgås i det følgende og suppleres med overvejelser om registrering af jordvarmeanlæg og udpegning af sagkyndige personer. Anbefalinger til en fremtidig ændring af bekendtgørelsen om jordvarme er opsamlet i afsnit 4.

### 2.6.2 Den gældende bekendtgørelse (2006)

Bekendtgørelse nr. 1203 af 20. november 2006 om jordvarmeanlæg fastsætter de gældende regler for jordvarmeanlæg. Bekendtgørelsen stiller krav til det materiale, der skal indgå i en ansøgning om et jordvarmeanlæg:

§ 5. Ved ansøgning om tilladelse til etablering af et jordvarmeanlæg skal ansøger over for kommunalbestyrelsen dokumentere

- 1) anlæggets placering,
- 2) anlæggets tekniske udformning og
- 3) de kemiske stoffer, der skal anvendes.

Der er ikke givet nærmere anvisning på, hvordan oplysningerne om anlæggets tekniske udformning skal anvendes.

Der er krav til, hvilke stoffer der må anvendes i jordvarmeanlægget:

§ 6. Som varmetransmissionsmedium skal anvendes vand eller godkendt kølemiddel.

Stk. 2. Som frostsikringsmiddel må kun anvendes ethylenglycol, propylenglycol, natriumklorid, blandinger af calcium- og magnesiumklorid, betain eller IPA-sprit.

Stk. 3. For at modvirke korrosion må ethylenglycol og propylenglycol kun tilsættes op til 0,4 pct. natriumnitrit, 4 pct. natriumbenzoat, 4 pct. borax eller 0,2 pct. benzotriazol. For at modvirke korrosion må natriumkloridopløsninger kun tilsættes natriumkarbonat (so-

da). Tilsvarende må calcium- og magnesiumkloridopløsninger kun tilsættes natriumhydroxyd.  
Stk. 4. Kommunalbestyrelsen kan godkende anvendelsen af andre kemiske stoffer, hvis det kan dokumenteres, at disse er mindst lige så miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen.

Det fremgår ikke, hvad der forstås ved et godkendt kølemiddel, som fremgår af stk. 1. Denne del af bestemmelsen er ny i forhold til den tidligere bekendtgørelse. De øvrige stoffer er med undtagelse af IPA-sprit og betain overført fra den tidligere bekendtgørelse (jf. nedenfor).

Kravene til varmeoptagesystemet er beskrevet på generelt niveau:

§ 7. Varmeoptagesystemet skal være tæt og forsynet med  
1) et trykovervågningssystem samt  
2) en alarm og en sikkerhedsanordning, der i tilfælde af lækage i varmesystemet stopper anlægget.  
Stk. 2. Anlægget må ikke kunne genstarte automatisk.

Der stilles ikke krav til materialer og lægning i bekendtgørelsen.

Bekendtgørelsen indeholder krav til anlægsejerens egenkontrol:

§ 9. Et jordvarmeanlæg skal mindst én gang årligt på foranstaltning af anlæggets ejer efterses af en sagkyndig i jordvarmeanlæg efter kommunalbestyrelsens nærmere bestemmelser.  
Stk. 2. Ejeren af anlægget skal i mindst ti år opbevare resultatet af kontrollen, som efter anmodning skal forevises kommunalbestyrelsen.  
§ 10. Ejeren og brugeren af jordvarmeanlægget skal sikre, at anlægget er i en sådan vedligeholdelsesstand, at der ikke foreligger en åbenbar, nærliggende risiko for, at der kan ske forurening af jord og grundvand, herunder må der ikke være væsentlige synlige tærringer af rørsystemet.  
Stk. 2. Hvis ejeren eller brugeren konstaterer eller får begrundet mistanke om, at anlægget er utæt, skal kommunalbestyrelsen straks underrettes. Desuden skal ejeren eller brugeren straks træffe foranstaltninger, der kan bringe en eventuel udstrømning til ophør, f.eks. ved tømning af anlægget.

Det er ikke klart, hvad der forstås ved en sagkyndig i jordvarmeanlæg.

Bekendtgørelsen er søgt formuleret sådan, at alle typer af jordvarmeanlæg er omfattet – det gælder både varmeslanger i jord og jordvarmeboringer. Formuleringen om kølemidler sigter formentlig på, at bekendtgørelsen også kan bruges til anlæg med direkte fordampning.

### 2.6.3 Den tidligere bekendtgørelse (1980)

Kravene til jordvarmeanlæg var tidligere fastsat i bekendtgørelse nr. 522 af 2. december 1980 om etablering af jordvarmeanlæg (varmeslanger i jord). Bekendtgørelsen fastsatte udelukkende regler for traditionelle anlæg med varmeslanger. Tilladelse til alle andre anlæg skulle gives direkte efter miljøbeskyttelseslovens § 19.

De tekniske krav til anlæggets indretning mv. omfattede krav til varmeslangerens materiale og lægning:

§ 3. Rørene skal være af polyethylen (PEL) og dimensioneret for et tryk på mindst 600 kPa (PN6). Rørene skal være DS-godkendte og mærket med DS 719.

**§ 4.** Rørene skal lægges i åben grav omgivet af stenfrit materiale. Rørene skal lægges, således at de kan trække sig sammen ved afkøling.  
*Stk. 2.* Bøjningsradius i bøjninger skal være i overensstemmelse med fabrikantens forskrifter, dog mindst 15 gange rørenes ydre diameter.  
*Stk. 3.* Ved etablering af anlægget må samling af rørene kun ske med inspektionsadgang i eller udenfor en bygning. Samlinger skal være trækfaste, jfr. stk. 4.  
*Stk. 4.* Samlinger af rør, som udføres i forbindelse med reparationer, skal være trækfaste, af samme kvalitet som VA-godkendte samlinger, men til anvendelse i PN6-rør, og afmærket på en ledningsplan, jfr. i øvrigt § 10.

Der var krav til montering af en sikkerhedsforanstaltning, som kunne stoppe anlægget og give alarm, hvis trykket faldt.

**§ 5.** Jordslangekredsløbet skal være udformet som et lukket system med et hviletryk på mindst 150 kPa (absolut tryk)  
*Stk. 2.* Anlægget skal indrettes på en sådan måde, at en plomberet lavtrykspressostat giver alarm ved faldende tryk i jordslangen. Ved alarm skal anlægget stoppe, og anlægget må ikke automatisk kunne starte igen.

Bekendtgørelsen indeholdt krav om tæthedsprøvning og en anvisning på, hvordan dette gennemføres, samt krav om fremsendelse af en målfast ledningsplan til kommunalbestyrelsen:

**§ 10.** Efter nedlægning skal rørene tæthedsprøves. Eventuelle samlinger skal være fritlagte under prøvningen. Dette gælder også ved reparationer. Anmeldelse skal ske til kommunalbestyrelsen senest 3 dage før tæthedsprøvningen foretages.  
*Stk. 2.* Tæthedsprøvning af rørene skal foretages som angivet i bilag I.  
*Stk. 3.* Efter færdiggørelsen af anlægget skal en revideret, målsat ledningsplan fremsendes til kommunalbestyrelsen. Ledningernes placering i forhold til skel og bygninger skal fremgå af planen.

Desuden var der krav til, hvilke stoffer der måtte anvendes i varmeslangerne. Disse krav er videreført stort set uændret i den nuværende bekendtgørelse.

Der var krav om afstand og isolering i forhold til andre anlæg:

**§ 7.** Hvis rørene placeres mindre end 1,5 m fra bygninger og mindre end 1 m fra vand- og kloakrør, skal rørene isoleres med poretæt isolering. Hvis rørene føres igennem fundament, skal der anvendes bøsningrør.  
*Stk. 2.* Rørene skal ligge mindst 0,6 m fra skel, med mindre særlig tilladelse fra naboen foreligger, jfr. § 18. Rørene skal ligge med mindst 0,6 m jorrdækning.

Derudover indeholdt bekendtgørelsen afstandskrav i forhold til drikkevandsboringer og -brønde. Kravene var fastsat afhængigt af anlæggets indhold af kemikalier. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 3.

Bekendtgørelsen stillede krav om årlig kontrol af anlægget og krav om, at brugeren holdt øje med, om der var tegn på, at anlægget var utæt:

**§ 13.** Brugeren skal sørge for, at anlægget kontrolleres mindst en gang om året, specielt med hensyn til lavtrykspressostatens funktion og anlæggets tæthed. Resultatet af kontrollen skal opbevares i mindst 5 år og på forlangende forevises kommunalbestyrelsen.  
**§ 14.** Hvis brugeren af et jordvarmeanlæg konstaterer, at anlægget er utæt eller fatter begrundet mistanke herom, skal han straks underrette kommunalbestyrelsen.

Endelig fastsatte bekendtgørelsen kommunalbestyrelsens tilsynsbeføjelser, som blandt andet gav mulighed for til enhver tid kræve tæthedsprøvning eller anden kontrol af jordvarmeanlæg samt til at give de nødvendige pålæg om foran-

staltninger til forebyggelse eller imødegåelse af forurening som følge af spild fra et jordvarmeanlæg.

## 2.7 Registrering og afmærkning af jordvarmeanlæg

En hensigtsmæssig registrering af jordvarmeanlæg er nødvendig for at sikre, at anlægget ikke overgraves eller i øvrigt beskadiges ved efterfølgende jordarbejder. Det er endvidere en forudsætning for, at kommunen kan føre tilsyn med anlæggene.

Kommunen bør derfor have et lettilgængeligt register eller oplysninger i GIS-system om, hvor der er oplysninger om, hvor der ligger jordvarmeanlæg, og helst også typen af jordvarmeanlæg. I byggesagsarkivet skal der desuden være oplysninger om jordvarmeanlæggets type og materialer samt mængde og type af væske og anvendte kemikalier sammen med en målfast tegning af anlæggets placering.

I BBR-registeret kan jordvarmeanlæg registreres i to rubrikker:

- Tankanlæg
- Energikilde/ varmeinstallation

En del kommuner har konstateret, at det ikke er muligt at søge jordvarmeanlæg frem i BBR-registeret. Anlæggene er oftest ikke registreret som tankanlæg, og som energikilde er der blot angivet "elvarme" eller evt. "varmepumpe".

BBR er for tiden under revision. I den nye udgave vil rubrikkerne være ændret til:

- Tekniske anlæg
- Energikilde

Under "tekniske anlæg" er det muligt at vælge "varmeslanger i jord". Det er en væsentlig forbedring. Det vil dog være ønskeligt, at det også fremgår, om der er tale om et horisontalt eller et vertikalt anlæg, og helst også om det er direkte fordampning.

I det grønne ejendomsoplysningsskema, som udarbejdes af KL, er der p.t. kun mulighed for at oplyse om jordvarmeanlæg under "andre forhold". Skemaet anvendes i forbindelse med ejendomshandel, og det er vigtigt, at en ny ejer oplyses om at der er jordvarmeanlæg på grunden, samt hvilke forpligtelser der følger med anlægget.

Jordvarmeanlæg bør geokodes i kommunens GIS-system, hvis et sådant findes. Den bedste registrering vil være en polygon med angivelse af anlæggets placering på grunden. Denne kan indmåles med GPS eller fastlægges ud fra grundkort eller ortofoto på baggrund af tegninger. Alternativt kan det registreres, at der findes et jordvarmeanlæg på matriklen. Anlæg baseret på borer registreres blot ved boringens koordinater.

Registreringen af oplysningerne i kommunen skal ske på baggrund af de oplysninger, som ansøgeren fremsender i forbindelse med ansøgning og færdigmelding af anlægget, og det er derfor vigtigt, at kommunens procedurer sikrer, at oplysningerne kommer til veje. Forslag til dette beskrives i afsnit 5.

Ideelt set bør kommunerne gennemgå arkiverne for tilladte jordvarmeanlæg for at få dem registreret og geokodet. På landsplan er der formentlig omkring 25.000 jordvarmeanlæg – det svarer til et anlæg pr. 200 indbyggere. Ifølge arbejdsgruppens undersøgelse har kommunerne p.t. kun oplysninger om ca.

6.500 anlæg, men der kan være flere anlæg registreret i kommunernes arkiver. Overblikket er for tiden lidt mangelfuldt i nogle kommuner på grund af sammenlægning af kommunale arkiver og data i forbindelse med kommunalreformen 1. januar 2007.

Da der er installeret flest anlæg med varmeslanger i jord, foreslås det hovedsagelig at lede efter dem i områder hvor grundene er store nok til at der kan etableres jordvarme. Derudover kan følgende metodik anvendes, når jordvarmeanlæg skal opspores:

- 1) Start med eftersøgning af tilladelser i kommunens arkiver.
- 2) Se på områder uden kollektiv varmforsyning (fjernvarme og gas). I mange tilfælde har jordvarme ikke været tilladt i disse områder, men da det er forskelligt, er det nødvendigt at undersøge det nærmere.
- 3) Se om der er olietank/oliefyr. Disse ejendomme skal normalt sorteres fra.
- 4) Ejendomme med ukendt opvarmningsform bør tjekkes.

## 2.8 Drift og kontrol

Tætheden af jordvarmeanlæg overvåges løbende ved hjælp af en sikkerhedsforanstaltning, sådan som det er beskrevet i afsnit 2.1.4. For at sikre, at jordvarmeanlæg fortsat er tætte, og at sikkerhedsforanstaltningerne virker, stilles der krav om et årligt eftersyn, som skal foretages af en sagkyndig i jordvarmeanlæg.

I den årlige kontrol er det væsentligt, at den sagkyndige er i stand til at vurdere anlæggets tæthed og funktionen af sikkerhedsanordningen. Derfor skal den sagkyndige have en uddannelse, som er relevant i denne forbindelse.

VPO gennemfører uddannelse og certificering af installatører af varmepumper. Derudover har leverandørerne af varmepumper deres egen uddannelse, hvorefter montørerne opnår certifikat. En sagkyndig i jordvarmeanlæg kan være fabrikantens eller leverandørens godkendte installatør eller en autoriseret VVS-installatør eller kølemontør, som har dokumenteret efteruddannelse i varmepumpeanlæg, som kan være VPO-uddannelsen eller tilsvarende.

Ved den årlige kontrol af jordvarmeanlægget bør følgende procedure følges – svarende til VPO's forskrifter:

- Kontrol af varmeoptagersystemets tæthed og tilstand sker ved visuelt at besigtige de anlægsdele der er tilgængelige og deres vedligeholdelsesstand, herunder må der ikke være væsentlige synlige tæring af rørsystemet
- Systemets aktuelle driftstryk undersøges ved anlæg med niveaувagt. Hvis dette ligger indenfor de naturlige temperaturvariationer betragtes systemet som tæt.
- Herefter afprøves trykovervågningssystemets funktion. Det kontrolleres, at alarmen virker, og at anlægget stoppes ved trykfald.

Det vil være hensigtsmæssigt at der i forbindelse med kontrollen også foretages en kontrol af frostsikringsgraden af frostsikringsmidlet.

Ejeren af anlægget skal i mindst ti år opbevare resultatet af kontrollen, som efter anmodning skal forevises kommunalbestyrelsen. Et skema til dokumentation af det årlige eftersyn findes i bilag 2.

Ved begrundet mistanke om, at anlægget er utæt, skal kommunalbestyrelsen straks underrettes. Desuden skal ejeren eller brugeren straks træffe foranstaltninger, der kan bringe en eventuel udstrømning til ophør, f.eks. ved tømning af anlægget.

## 2.9 Sløjfning af jordvarmeanlæg

### *Vandrette jordvarmeslanger og kompaktoptagere*

Jordslangen tømmes for frostsikring og gennemskylles med vand. Slangen aflukkes. Hvis årsagen til sløjfning af anlægget er at slangen ikke længere lever op til kravene, bør sløjfningen ske på sådan vis, at det ikke er muligt at sætte den i drift igen, f.eks. ved afbrydelse, evt. delvis opgravning samt plombering.

### *Boringer*

Ved sløjfning af anlæg skal slangen tømmes for væske, og boringen sløjfes efter reglerne i bekendtgørelsen om boringer. Det vil ikke være muligt efterfølgende at sætte anlægget i drift igen. Bemærk, at for boringer er der i bekendtgørelsen et krav om, at B-boringer sløjfes senest en måned efter at de er taget ud af brug.

### *Anlæg med direkte fordampning*

Anlægget tømmes for gas.

Den væske, som tappes af anlæggene, betragtes som farligt affald, som skal bortskaffes efter kommunens anvisning.

Drivhusgasser skal aftappes af en autoriseret kølemontør efter gældende regler.

Efter sløjfning betragtes de tilbageværende installationer i jorden som affald. Det er normalt uproblematisk at efterlade dem i jorden.

Sløjfning af jordvarmeanlæg bør anmeldes til kommunen med oplysning om årsag og gennemførte foranstaltninger. For boringer er der allerede krav herom i bekendtgørelsen om boringer.

Et skema til dokumentation for sløjfning af jordvarmeanlæg er vedlagt i bilag 2.



## 3 Afstandskrav til vandforsyningsanlæg

### 3.1 Formål og metode

Formålet med at fastsætte afstandskrav for jordvarmeanlæg i forhold til vandforsyningsanlæg er at beskytte disse mod eventuel forurening.

Der findes afstandskrav i forhold til vandforsyningsanlæg for mange typer af anlæg, men der er ikke retningslinjer eller velbeskrevet praksis med hensyn til metoder til fastsættelse af afstandskrav for forskellige anlægstyper i forhold til vandforsyningsanlæg. Som grundlag for at fastsætte afstandskrav for jordvarmeanlæg er der derfor set på følgende:

- Risiko for uheld, hvor væsken slipper ud af anlægget
- Konsekvenser ved uheld
- Eksisterende og tidligere regler
- Afstandskrav for andre, sammenlignelige anlæg

Når der ses på afstanden til vandforsyningsanlæg, skelnes der mellem følgende typer af indvindinger:

1. Almene vandforsyninger, dvs. vandforsyningsanlæg som forsyner mindst 10 ejendomme.
2. Ikke almene vandforsyninger, dvs. vandforsyningsanlæg som forsyner 1-9 ejendomme samt andre indvindinger, hvor der er krav om drikkevandskvalitet.
3. Indvindinger uden krav om drikkevandskvalitet, f.eks. markvandingsboringer.

Desuden er der set på andre risici i form af afkøling omkring anlægget og risikoen for nedsivning af forurening omkring boringer, den såkaldte skorstenseffekt.

Af hensyn til kommunens sagsbehandling er det desuden ønskeligt, at afstandskravene er simple at fastlægge. Det skal tages i betragtning, at kommunerne i 2007 modtog omkring 2500 ansøgninger om etablering af jordvarmeanlæg, og at antallet forventes at stige i de kommende år.

Endelig vil det være ønskeligt, at der skal anvendes så få stedspecifikke data, f.eks. geologiske oplysninger, som muligt, da disse data ofte ikke er umiddelbart tilgængelige. En avanceret model vil derfor ofte ikke kunne anvendes direkte.

### 3.2 Risiko for uheld, hvor væsken slipper ud af anlægget

En vurdering af risikoen for, at kemikalierne i jordvarmeanlægget slipper ud i miljøet, er en vigtig del af grundlaget for risikovurdering af anlæggene og fastsættelse af afstandskrav.

I forbindelse med risikovurderingen af jordvarmeanlæg er det derfor forsøgt at indsamle erfaringer med uheld i forbindelse med jordvarmeanlæg. Erfaringer med uheld vil bidrage til at belyse,

- hvilke risikofaktorer, der er de vigtigste,
- hvor store udslip der kan forventes,
- konsekvenser og spredning i jord og grundvand

Arbejdsgruppen har derfor foretaget en spørgeskemaundersøgelse i kommunerne til opsamling af erfaringerne. Derudover er der indhentet oplysninger om analyser og fund af frostsikringsmidlerne i den landsdækkende database for grundvandsanalyser på GEUS, og alle, der har været i berøring med projektet, er blevet spurgt, om de har kendskab til uheld med jordvarmeanlæg.

### 3.2.1 Spørgeskemaundersøgelse

Arbejdsgruppen har gennemført en spørgeskemaundersøgelse, hvor lidt over halvdelen af landets kommuner er blevet bedt om at besvare følgende spørgsmål:

1. Hvor mange almindelige jordvarmeanlæg (med varmeslanger i jord) er installeret i din kommune?
2. Hvor mange jordvarmeanlæg med vertikale (lodrette) borer er installeret i din kommune?
3. Hvor mange ansøgninger til installation af almindelige jordvarmeanlæg har din kommune fået i 2007?
4. Hvor mange ansøgninger til installation af jordvarmeanlæg baseret på borer har din kommune fået i 2007?
5. Hvor mange ansøgninger har I afslået til almindelige jordvarmeanlæg? Med hvilken begrundelse?
6. Hvor mange ansøgninger har I afslået til jordvarmeanlæg baseret på borer? Med hvilken begrundelse?
7. I hvor mange ansøgninger har I givet dispensation for afstandskravet på 300 meter til almen vandindvinding (i alle de tilladelser I har givet)?
8. I hvor mange ansøgninger har I givet dispensation for afstandskravet på 50 meter til andre vandindvindingsanlæg (i alle de tilladelser I har givet)?
9. Hvilke frostvæsker bliver brugt i anlæggene? IPA-sprit / Ethylenglycol / Propylenglycol / Andre
10. Hvor mange uheld har I registreret?

Der er modtaget besvarelser fra 52 kommuner, som tilsammen repræsenterer 54 % af landets befolkning og 55 % af arealet. Besvarelsesprocenten har været høj, og svarene anses på den baggrund for repræsentative.

13 kommuner oplyser, at de ikke ved, hvor mange jordvarmeanlæg, de har. De resterende 39 kommuner har tilsammen oplysninger om ca. 2600 anlæg; de fleste angiver dog, at det er skøn eller ca.-tal, og enkelte har kun tal for 2007 eller evt. 2006-2007. Skaleret op til landsplan svarer det til oplysninger om ca. 6.500 jordvarmeanlæg. Som nævnt i afsnit 1, vurderes der at være omkring 25.000 jordvarmeanlæg i Danmark.

Der er oplysninger om 47 anlæg baseret på borer, heraf 26 på Bornholm. Anlæggene på Bornholm er formentlig alle såkaldt bjergvarme. Ingen andre kommuner har oplyst at have mere end 5 anlæg baseret på borer. Enkelte har oplyst at have anlæg med direkte fordampning, men de er sjældne.

Ingen af de 52 kommuner har registreret uheld. En enkelt angiver dog, at de er vidende om, at installatører ikke altid indberetter utætheder.

Resultaterne af undersøgelsen er nærmere beskrevet i appendiks A.

### 3.2.2 Grundvandsanalyser

Glycolerne, ethanol og isopropanol indgår ikke i boringskontrolprogrammet, og der analyseres derfor normalt ikke for disse stoffer på vandværkerne. Når der normalt ikke analyseres for disse stoffer, er det formentlig fordi det er vurderet, at man ikke vil finde stofferne i grundvandet.

Fra GEUS er der indhentet resultater af grundvandsanalyser for ethylenglycol, propylenglycol, ethanol og isopropanol. Resultaterne heraf fremgår af Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Analyser og fund af frostsikringsmidler

	Vandforsyningsboringer		Andre boringer	
	Antal analyser	Antal fund	Antal analyser	Antal fund
Ethylenglycol	2	0	6	0
Propylenglycol	0	0	4	0
Ethanol	77	1	271	54
Isopropanol	74	0	278	54

Oplysningerne om vandforsyningsboringerne er fra grundvandsovervågningen 2006, som medtager data for perioden 1993-2006. De øvrige dataudtræk er foretaget i januar 2008. Som det ses, er der tale om et meget lille antal analyser, specielt i vandforsyningsboringer, og i særdeleshed for glycolerne.

Det bemærkes, at der er anvendt meget forskellige detektionsgrænser ved de pågældende analyser. I databasen er der anført detektionsgrænser mellem 0,0002 µg/l og 10.000 µg/l for ethanol og mellem 0,0002 µg/l og 2.000 µg/l for isopropanol. De laveste anførte detektionsgrænse skyldes dog formentlig en enhedsfejl. For glycolerne er detektionsgrænsen oftest 1-2 mg/l.

Vi har set nærmere på boringer, hvor der er fundet ethanol og isopropanol. Det viser sig, at de 54 vandprøver, hvor der er fundet ethanol er udtaget fra 32 boringer. 28 af disse boringer er tilknyttet Kærgård Plantage, hvor der findes en stor, velkendt blandingsforurening. Tre af de boringer, hvor der er fundet ethanol, ligger på Harboøre Tange, hvor der ligeledes findes en omfattende blandingsforurening. Den sidste boring er en privat vandforsyningsboring i Frederikssund, hvor der er fundet 29,7 µg ethanol/l. Der er efterfølgende analyseret to vandprøver, hvor indholdet har været under den anvendte detektionsgrænse på 5 µg/l. Vi kender ikke årsagen til, at der er analyseret for ethanol i den pågældende boring.

De 54 fund af isopropanol er gjort i 33 boringer, heraf 21 beliggende i Kærgård Plantage og to på Harboøre Tange. Fire boringer er udført i forbindelse med forureningsundersøgelser ved Søllerød Gasværk i Holte, og yderligere to ved Søengen 4-8 i Holte, som ligeledes ligger ved Søllerød Gasværk. En enkelt boring er udført i for Oliebranchens Miljøpulje i Kastруп. Den sidste boring tilhører Tårnby Vandværk; her er der fundet 9,2 µg isopropanol/l. Ved en senere analyse har indholdet være under detektionsgrænsen på 5 µg/l. Boringen ligger tæt på Københavns Lufthavns startbaner, og indholdet kan skyldes påvirkning fra de store mængder afisningsmidler, der er anvendt til fly på startbanen.

Samlet set må det konkluderes, at vi reelt ikke ved, om frostsikringsmidlerne findes i noget væsentligt omfang i vandforsyningsboringer. Der er ikke umiddelbart noget der tyder på, at det er et stort problem, men ønskes der sikkerhed for dette, vil det være nødvendigt at udføre analyser for stofferne på et antal vandværker med kendte jordvarmeanlæg i oplandet.

Der er ikke fundet oplysninger om analyser for de tilladte antikorrosionsmidler. De er dog ikke eftersøgt i GEUS's database. Stofferne anvendes også til andre formål, og eventuelle fund vil derfor ikke entydigt pege på jordvarmeanlæg som kilde.

### 3.2.3 Anekdoter

På anekdoteniveau er der fundet oplysninger om seks tilfælde, hvor jordvarmeanlæg har været utætte. Historierne er udokumenterede, og vi kender ikke de pågældende lokaliteter, men vi har valgt at tage dem med alligevel, da de udgør den eneste fundne information om udslip fra jordvarmeanlæg.

I tre tilfælde, vi har hørt om, har tæthedsprøvningen af et anlæg vist, at anlægget var utæt:

- I et tilfælde sås en lang stribe små "springvand" langs slangen, som på grund af en fabrikationsfejl var læk. Der blev tæthedsprøvet med vand, og der skete derfor ikke noget spild.
- I et andet tilfælde var slangen allerede dækket til, og man måtte grave det op for at finde årsagen til utætheden, som også her var en fejl på slangen.
- I et tredje tilfælde var der fyldt frostsikringsmiddel på slangen ved tæthedsprøvningen, og fejl på ca. 50 meter slange medførte udslip af frostsikringsmiddel. Kommunen påbød fjernelse af den forurenede jord.

Disse historier viser, at det er vigtigt at tæthedsprøve anlægget med vand, og at tæthedsprøvning så vidt muligt skal foretages inden slangen dækkes til. Dette er dog ikke muligt hvor slangen pløjes ned.

Derudover har vi hørt om tre tilfælde, hvor jordvarmeslanger er blevet gravet over:

- I et tilfælde var tegningerne over anlæggets placering forkerte. Anlægget blev derfor beskadiget i forbindelse med anlæg af en carport.
- I et andet tilfælde havde ejeren glemt, at han havde et jordvarmeanlæg, da han ville etablere rhododendronbed.
- I et tredje tilfælde lå jordvarmeanlægget på en mark, hvor der skulle graves et elkabel ned. Det vidste entreprenøren godt, men han havde en god forsikring og var ligeglåd med jordvarmeanlægget, hvilket resulterede i, at han gravede anlægget over fem steder.

Vi har ikke kendskab til, hvordan kommunerne i disse sager har håndteret spildene. Historier understreger vigtigheden af korrekt registrering af anlæggene og opmærksomhed hos ejerne om deres ansvar. Desværre kan reglerne ikke helt sikre, at der ikke forekommer ulovligheder eller uopmærksomhed, hvilket er medvirkende til at det er nødvendigt at fastsætte en sikkerhedsafstand til indvindingsanlæg til vandforsyning.

### 3.2.4 Konklusion, risiko for udslip

Det er ikke muligt at vurdere forekomsten af utætheder i varmeslanger i jord på baggrund af erfaringsindsamlingen. Når det er så vanskeligt at finde information om uheld og forureninger, er det formentlig udtryk for, at jordvarmeanlæg oftest er tætte. En del anlæg blev etableret tilbage i 1970'erne, og selv blandt disse er der ikke noget kendskab til lækager.

De manglende fund af jord- og grundvandsforureninger fra jordvarmeanlæg er dog ikke nogen garanti for, at der ikke kan ske udslip af brine. Uanset at bekendtgørelsen angiver, at eventuelle utætheder straks skal indberettes til kommunalbestyrelsen, er det ikke sikkert, at dette sker.

På baggrund af de indsamlede oplysninger vurderes der at være følgende muligheder for udslip af kemikalier fra jordvarmeanlæg:

- 1) Fejl i materialer, herunder uhensigtsmæssigt materialevalg samt tæring eller anden nedbrydning af materialerne, som fører til utætheder.
- 2) Fejl og skader, der opstår under etableringen, herunder fejl i samlinger og uhensigtsmæssigt udførte boringer.
- 3) Efterfølgende beskadigelse, f.eks. overgravning af varmeslanger eller andre dele.

Ad 1)

Tæring eller nedbrydning af materialerne er karakteriseret ved, at det udvikler sig over tid, og at risikoen for denne type skader bliver større, når anlægget bliver ældre. Sikring mod denne type skader kan ske ved

- kontinuerlig overvågning af tryk
- alarm og stop af anlægget ved trykfald
- årligt eftersyn med kontrol af sikkerhedsanordninger
- sløjfning af anlæg, inden de bliver utætte på grund af ælde.

Kravene til materialer og etablering af anlæggene mm. er beskrevet i afsnit 2 og i bilag 1.

Ad 2)

Fejl og skader under etableringen undgås først og fremmest ved at der gives regler og vejledning for etableringen, som forebygger disse risici, samt for boringer at de udføres af en uddannet brøndborer og i henhold til boringsbekendtgørelsens regler.

Fejl og skader, der opstår under etableringen, vil blive opdaget ved den tæthedsprøvning med rent vand, som skal ske inden anlægget sættes i drift.

Krav til etablering og tæthedsprøvning er beskrevet i afsnit 2 og i bilag 1.

Ad 3)

Risikoen for efterfølgende beskadigelse i form af overgravning af anlæg knytter sig hovedsagelig til anlæg med vandrette jordslanger. Her er det afgørende, at anlægget er registreret korrekt, at der findes retvisende tegninger, og at alle, der udfører gravearbejde og lignende på lokaliteten, er klar over, at der er et jordvarmeanlæg på stedet. Der er i dag ikke krav til registreringen af jordvarmeanlæg. Tidligere indeholdt bekendtgørelsen en bestemmelse om fremsendelse af en målfast tegning til kommunen, jf. afsnit 2.6, men ingen krav om hvordan kommunen registrerede anlæggene.

Styret underboring (jordfortrængning) udgør en særlig risiko, da flere slanger kan beskadiges samtidig, og sandsynligheden for at opdage skader med det samme er mindre. Desuden er der en – omend meget lille – risiko for også at beskadige jordvarmeboringer. ved denne metode. Det vil dog i det hele taget være sjældent, at der udføres jordfortrængning på arealer, hvor der ligger jordvarmeanlæg. Trykovervågning vil sikre, at eventuelle uheld opdages.

### 3.3 Konsekvenser ved spil d

#### 3.3.1 Metodiske overvejelser

Hvis der sker et uheld med udslip af kemikalier fra et jordvarmeanlæg, afhænger konsekvenserne for nedstrøms beliggende vandforsyningsanlæg af en række forskellige faktorer, som afgør hvilke mængder og koncentrationer af stoffer, der vil kunne findes i indvindingsboringerne efterfølgende. Det er blandt andet udslippets størrelse, stoffernes egenskaber samt transport og nedbrydning i jord, som er afgørende. De betydende faktorer er beskrevet i afsnit 3.3.2 og uddybet i appendiks C, blandt andet på baggrund af et litteraturstudium.

Den ideelle løsning i forhold til en saglig vurdering af risikoen for grundvandsforurening og forurening af nedstrøms indvindingsanlæg til drikkevand i forbindelse med et jordvarmeanlæg ville være en modelberegning af konsekvenserne i tilfælde af et uheld.

Efter en gennemgangen af de betydende faktorer er det imidlertid vurderet, at mange af faktorerne dels er dårligt bestemt og dels afhænger meget af sted-specifikke forhold. Modellering ville derfor kræve en datamængde, som sjældent er til rådighed, og som det vil være bekosteligt at tilvejebringe. Samlet set vurderes det, at de nødvendige undersøgelser og beregninger vil være helt ude af proportion med den faktiske risiko – ikke mindst i betragtning af manglen på uheldshistorik, som er beskrevet i afsnit 3.2.

Også en simplere vurdering af det enkelte jordvarmeanlæg i forhold til de parametre, der betyder mest i forhold til risiko for forurening af grundvandet, vil kræve data om stof- og stedspecifikke parametre, som ikke umiddelbart er tilgængelige. Det er derfor mest hensigtsmæssigt, hvis der kan opstilles generelle regler, som giver tilstrækkelig sikkerhed under alle omstændigheder.

I det følgende gennemgås først de betydende faktorer for transport og omsætning af stofferne i jord. De forskellige faktorer, deres betydning, usikkerhed på bestemmelsen og naturlige variationer beskrives så godt det har været muligt ud fra eksisterende data. Afslutningsvis er der foretaget en række simple scenarieberegninger, hvor de centrale parametre, som giver de største usikkerheder, er varieret inden for et sandsynligt interval. Herefter er der opstillet forslag til afstandskrav i afsnit 3.5.

#### 3.3.2 Betydende faktorer for transport og omsætning af stofferne i jord

I tilfælde af at der sker et uheld, hvor kemiske stoffer slipper ud af et jordvarmeanlæg, vil risikoen i forhold til indvindingsanlæg afhænge af følgende forhold:

1. Stofmængde (spildets størrelse)
2. Vandopløselighed
3. Flygtighed
4. Sorption

5. Nedbrydelighed
6. Toksiske egenskaber

Herudover er risikoen i forhold til nærliggende vandindvindinger afhængig af:

7. Tykkelse af den umættede zone
8. Tykkelse af (reducerede) lerdæklag over grundvandsmagasinet
9. Infiltration/grundvandsdannelse
10. Grundvandets strømningshastighed og -retning
11. Vandret afstand fra anlæg til indvinding
12. Oppumpet vandmængde

Det er dog kun ved udslip fra jordvarmeanlæg over grundvandsspejlet, alle punkterne er relevante. Hvis udslippet sker under grundvandsspejlet i det grundvandsmagasin, som der indvindes fra, er punkterne 3, 7, 8 og 9 ikke relevante. Ved eventuelle udslip i sekundære magasiner er punkterne 3 og 7 ikke relevante.

En nærmere gennemgang kan findes i appendiks C, hvor der også findes kildehenvisninger for de refererede artikler. I de følgende afsnit resumeres først spørgsmålet om spildets størrelse (1) og stoffernes egenskaber (2-6) og dernæst indflydelsen af de hydrogeologiske forhold (7-12).

### 3.3.3 Størrelsen af spild

En jordslange indeholder normalt op til 300 l væske. Når anlægget bliver større, består det af flere separate slanger. Jordvarmeboringer er fra 60-80 meter op til 200 meter dybe. De indeholder typisk 2 l væske pr. meter, dvs. fra omkring 150 liter op til ca. 400 liter væske

Varmetransmissionsmediet (vand) skal frostsikres til -15 °C af hensyn til varmepumpens drift. Mængden af frostvæske i varmeslangerne udgør derfor ca. 25-30 % af den totale væskemængde i varmeslangerne. Samlet set vil der således normalt være mellem 50 og 130 liter frostsikringsmiddel i et jordvarmeanlæg.

Som beskrevet i afsnit 3.2, er der meget begrænsede erfaringer med udslip af brine (vand med frostsikringsvæske) fra jordvarmeanlæg, og erfaringerne kan derfor ikke danne grundlag for fastlæggelse af et "typisk" spild. På baggrund af erfaringsopsamlingen er det dog muligt at opstille tre forskellige mulige spildscenarier:

1. En revne eller utæthed i slangen opstår f.eks. på grund af for stor bøjning af slangen eller udvikling af en revne, som er initieret af beskadigelse under lægningen.
2. Overgravning af varmeslangen.
3. "Worst case" – hele slangens indhold tømmes ud i jorden.

- Scenarie 1: En revne eller utæthed

Der er ikke konkret kendskab til denne type uheld, men scenariet er teoretisk muligt.

Ved Vølund i Videbæk blev der udført forsøg i 1980'erne med, hvad der sker, når en jordvarmeslange beskadiges. Her blev der skåret en 10 cm lang revne i

en varmeslange på et jordvarmeanlæg i drift. Det resulterede i, at der løb max. 1 dl væske ud, inden pumpen stoppede. Herved var trykket i anlægget faldet så meget, at der ikke skete yderligere udsivning /17/. Disse forsøg er ikke rapporteret.

I scenarie 1 regnes derfor med et udslip på 0,1 liter, svarende til 0,03 kg frostsikringsmiddel.

- Scenarie 2: Overgravning

Teknologisk Institut har i 1980'erne udført forsøg med brud på varmeslanger på instituttets grund i Høje Taastrup for at undersøge, hvor store udslip der i givet fald ville ske. Det viste sig i den forbindelse, at der kun løber nogle få liter ud. Forsøgene er ikke rapporteret /15/.

Når det normalt ikke er hele slangen, der tømmes, skyldes det, at der er tale om et lukket system. Så længe der ikke kan trænge luft ind i slangerne, er den mængde brine, der løber ud, meget begrænset. Det svarer til, hvad der sker i en haveslange, når der lukkes for vandet. Ved flere samtidige brud kan der ske større udslip.

I scenarie 2 regnes med et udslip på 3 liter, svarende til 1 kg frostsikringsmiddel.

- Scenarie 3: Worst case

Denne type uheld er ikke set, og det er vanskeligt at forestille sig en situation, hvor det vil ske. Scenariet medtages for at have en beregning "på den sikre side".

I Scenarie 3 regnes med et udslip på 100 kg frostsikringsmiddel.

Scenarierne bruges i det følgende til at vurdere konsekvenserne af et uheld.

På grund af anlæggenes sikkerhedsforanstaltninger må det antages, at langt de fleste udslip opdages straks, så det vil være muligt at gribe ind med afværgeforanstaltninger omgående. Hvis der sker et udslip i en situation, hvor anlægget er ude af drift, f.eks. i et sommerhus, vil udslippet blive af samme størrelsesorden som ved anlæg i drift, idet der jo ikke pumpes væske rundt i anlægget. Udslippet vil senest blive opdaget ved den årlige kontrol.

Normalt vil det være let at påvise, hvor udslippet er sket, da de uheld, der er kendskab til, alle har relation til overgravning af slangerne. Skulle der opstå utætheder af andre årsager, kan moderne teknikker med sporstoffer, som bruges til lokalisering af utætheder i vandforsyningsledninger, anvendes til at lokalisere utætheden og dermed foretage afværgeforanstaltninger.

I jordvarmeboringer vil det ikke på samme måde være muligt at lokalisere utætheder og bortgrave forurening. Udslip kan formentlig være lidt større på grund af et højere tryk fra den del af vandsøjlen som ligger over grundvandets trykniveau. På den anden side er risikoen for overgravning ikke til stede i større dybde. Skulle der ske et udslip på grund af materialefejl, korrosion eller ælde, vil det være muligt at tømme anlægget forholdsvis hurtigt og derved begrænset udslippets omfang.

Derudover er det vigtigt, at der hurtigt træffes passende forholdsregler til begrænsning af udslippet i tilfælde af uheld. Dette kræver dels, at utætheder op-



dages hurtigt, dels at det er tydeligt for de implicerede, hvem der har ansvaret for at handle, og hvilke afværgeforanstaltninger der skal sættes i værk ved uheld. Dette behandles nærmere i afsnit 5.4.

Det bemærkes, at de nuværende afstandskrav for jordvarmeanlæg er fastsat ud fra den betragtning, at hele mængden af frostsikringsvæske kan løbe ud i jorden, uden at utætheden kan lokaliseres. Afstandskravene er imidlertid fastsat på et tidspunkt, hvor der ikke var erfaringer med, om jordvarmeanlæg var tætte, og hvor der ikke var teknologiske midler til rådighed til at opspore utætheder i slangerne.

I anlæg med direkte fordampning kan det antages, at der siver gas ud, indtil trykket i anlægget svarer til atmosfærisk tryk. Det vil således være hovedparten af anlæggets indhold, der siver ud. I anlæg med direkte fordampning er der normalt 6-10 kg gas.

### 3.3.4 Egenskaber for de anvendte kemiske forbindelser

#### 3.3.4.1 Frostsikringsmidler i anlæg med varmeveksler

Ifølge bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg må følgende stoffer anvendes som frostsikringsmiddel:

- ethylenglycol
- propylenglycol
- natriumklorid
- blandinger af calcium- og magnesiumklorid
- betain
- IPA-sprit (ethanol denatureret med isopropanol)

Kommunalbestyrelsen kan godkende anvendelsen af andre kemiske stoffer, hvis det kan dokumenteres, at disse er mindst lige så miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen.

Ifølge erfaringsopsamlingen fra kommunerne i appendiks A er IPA-sprit det mest anvendte frostsikringsmiddel, men glycolerne anvendes også i et vist omfang. Der er kendskab til enkelte tilfælde, hvor der er anvendt ren sprit efter særlig tilladelse fra Skat. Der er ikke fundet anlæg, baseret på betain eller salte.

Betain er et tensid, som kan fremstilles som et biprodukt i forbindelse med sukkerfremstilling. Stoffet er i praksis ikke fundet anvendt i jordvarmeanlæg, og det er ikke klart, hvorfor stoffet er medtaget i den seneste bekendtgørelse. Der er fundet oplysninger i litteraturen /18/, som tyder på, at der ved anaerob nedbrydning af betain kan forekomme trimethylamin, der har en ubehagelig smag selv ved lave koncentrationer (~1 ppb i vand). Derudover kan betain muligvis mobilisere tungmetaller (se også appendiks C). På den baggrund vurderes det, at betain ikke umiddelbart er attraktivt i jordvarmeanlæg.

Når de nævnte salte ikke anvendes i praksis, er det fordi anvendelsen af salte alt andet lige medfører en korrosionsrisiko i forhold til pakninger, pumper mv. Det samme gælder formentlig de salte af organiske syrer, som tidligere har været søgt markedsført til jordvarmeanlæg.

Derudover markedsføres glycerolen (sukkeralkoholer), fremstillet ud fra vegetabilsk olie. Disse stoffer er (endnu) ikke set anvendt i praksis.

Generelt er det en antagelse, at der ikke anvendes antikorrosionsmidler i forbindelse med IPA-sprit og glycoler /16/. Dette skal i givet fald fremgå af produktblad for de pågældende frostsikringsvæsker. Glycerolerne kræver dog muligvis anvendelse af antikorrosionsmidler, men dette er ikke undersøgt nærmere. For salte – såvel mineralske som organiske – er antikorrosionsmidler nødvendigt.

I det følgende betragtes udelukkende egenskaberne for IPA-sprit og glycoler, som vurderes at være de stoffer, som anvendes i praksis. Gennemgangen er baseret på en litteraturgennemgang, jf. appendiks C.

#### *Vandopløselighed, flygtighed og sorption*

De stoffer der må anvendes som frostsikringsmiddel, har alle en meget høj vandopløselighed, og de sorberer dårligt til jorden. Dette betyder, at det må forventes, at de transporteres ned til grundvandsmagasinet og videre med grundvandet på tilnærmelsesvis samme vis som grundvandet. I den umættede zone forventes det endvidere, at stofferne forbliver i vandfasen og ikke har en tendens til at fordampe.

#### *Nedbrydelighed*

Der er fundet oplysninger om aerobe og anaerobe nedbrydningsforsøg med ethanol, ethylenglycol og propylenglycol, men ikke for isopropanol. Hovedparten af de fundne oplysninger omhandler laboratorieforsøg, hvor forsøgsbetingelserne er meget forskellige fra jord- og grundvandsmiljøet eksempelvis ved højere temperatur og ved anvendelse af en mikrobiel population fra aktiv slam. Alle disse forsøg viser, at stofferne er let nedbrydelige.

For ethanol er der fundet oplysninger om, at stoffet kan nedbrydes ved koncentrationer op til 100.000 mg/l (10 %), hvorefter stoffet bliver giftigt for de fleste mikroorganismer. Der er ligeledes fundet oplysninger om laboratorieforsøg, der estimerer nedbrydning i grundvandsmagasiner under forskellige redoxforhold. Her er der fundet halveringstider for ethanol på mellem 1 og 7 dage. Nedbrydningen af ethanol i danske grundvandsmagasiner må dog forventes at være lavere, idet forsøget er udført ved 25 °C, ligesom der sandsynligvis vil være færre bakterier til stede i danske magasiner. Et dansk forsøg med nedbrydning af ethanol i sandjord ved 10 °C viser en halveringstid på ca. 35 dage, mens der ved iltfrie forhold må forventes halveringstider på minimum 3-4 måneder /10/.

For ethylenglycol er der fundet oplysninger om aerobe halveringstider på 1 dag ved anvendelse af bakterier fra jord og fra grundvand. Ved et laboratorieforsøg med anvendelse af materiale fra et anaerobt grundvandsmagasin henholdsvis 80 og 100 m u.t. er der observeret en fjernelse på mere end 90% efter 8-10 uger.

Der er ikke fundet oplysninger om aerob nedbrydning af propylenglycol i grundvand, mens forsøg udført ved 25-37 °C viser nedbrydningstider på mellem 4 og 105 dage i topjord og i spildevandsslam. Et forsøg viser endvidere, at nedbrydningshastigheden af propylenglycol er ca. 4 gange langsommere ved 8 °C end ved 25 °C.

For alle stofferne gælder, at nedbrydningshastigheden forventes at falde ved faldende temperatur og ved stigende koncentration af stoffet.

De refererede oplysninger viser således alle, at ethanol og glycolerne må forventes at være let nedbrydelige i jord og grundvand under både aerobe og anaerobe forhold. Ved meget høje koncentrationer er stofferne dog toksiske overfor mikroorganismer, hvorved en nedbrydning ikke vil finde sted. Der er ikke tilstrækkelige data til at bestemme halveringstider under de temperaturforhold og mikrobiologiske forhold, som er gældende i dansk jord og grundvand, og der er ikke grundlag for at vurdere de fire stoffer forskelligt med hensyn til nedbrydelighed. På baggrund af litteraturen skønnes det, at der kan forventes en halveringstid omkring 30 dage under aerobe forhold og 100-200 dage under anaerobe forhold.

Det må i øvrigt forventes, at selv om det oppumpede råvand på et vandværk indeholder forhøjede indhold af frostvæske, så vil stofferne på grund af den store nedbrydelighed blive nedbrudt ved den almindelige vandbehandling på et vandværk i form af beluftning og filtrering, idet der er ilt til rådighed og stor mikrobiologisk aktivitet i vandværksfilteret. Risikoen for forurening af vandforsyningen er derfor reelt mindre end risikoen for forurening af grundvandet. Denne betragtning indgår dog ikke i risikovurderingen, da kravet stilles i grundvandet, men den giver en ekstra sikkerhed for vandforsyningerne.

#### *Toksiske egenskaber*

Med hensyn til stoffernes toksiske egenskaber ved nedbrydning i øvrigt, så viser oplysningerne, at den mikrobielle aerobe og anaerobe nedbrydning af ethylenglycol og propylenglycol sker uden at der bliver akkumuleret toksiske eller persistente organiske mellemprodukter.

I forhold til risikoen for forurening af vandforsyningsanlæg anvendes normalt grundvandskriterierne, som er fastsat af Miljøstyrelsen. Da de stoffer, som anvendes i jordvarmeanlæg, kun sjældent ses som jord- og grundvandsforureninger, er der kun fastsat et grundvandskriterium for ét af stofferne. I de tidligere risikovurderinger /10/ er i stedet anvendt TDI og ADI-værdier<sup>3</sup>, som er baseret på, at en baby på 3 kg kan drikke vandet i en periode på op til 2 år. Værdierne er samlet i Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriterier for stoffer anvendt i jordvarmeanlæg

	IPA-sprit	Ethanol	Iso-propanol	Ethylen-glycol	Propylen-glycol
Grundvandskvalitetskriterium	-	-	10 µg/l	-	-
Tolerabelt indhold [mg/l] <sup>a</sup>	20	-	-	1,5	75
Højest acceptable indhold [mg/l] <sup>b</sup>	3	-	-	1,5	2
-: Ikke fastsat a: Tolerabelt indhold fastsat ud fra TDI- eller ADI-værdierne som angivet i /10/ b: Højest acceptable indhold fastsat ud fra TDI- eller ADI-værdierne og når indholdet af organisk stof som helhed skal tilgodeses som angivet i /10/					

Det bemærkes, at grundvandskvalitetskriterier for let nedbrydelige organiske forbindelser fastsættes ud fra, at stofferne ikke må give anledning til mikrobiologisk vækst i vandforsyningernes ledningsnet /21/. Det lave kvalitetskriterium for isopropanol er fastsat på denne baggrund, da stoffet i øvrigt ikke er toksisk. Tilsvarende må det forventes, at hvis der fastsættes grundvandskvalitetskriterier for de øvrige stoffer, vil de formentlig også komme til at ligge på 10 µg/l.

<sup>3</sup> ADI, Acceptabel Daglig Indtagelse anvendes normalt for stoffer, som må bruges ved produktion af fødevarer, og som skal vurderes, før de tillades.

TDI, Tolerabel Daglig Indtagelse benyttes til stoffer, hvis tilstedeværelse i fødevarer man ikke kan beherske helt, men som man er nødt til at tolerere i et vist omfang.

Forskellen på de sundhedsmæssigt acceptable indhold og grundvandskriterierne er således stor – antages som nævnt et grundvandskriterium på 10 µg/l, er de sundhedsmæssigt fastsatte værdier mellem 150 og 7.500 gange højere end grundvandskriteriet.

Da stofferne i øvrigt er let nedbrydelige, og der er gunstige nedbrydningsforhold i vandværksfiltre, må det antages, at frostsikringsvæsker i små mængder vil blive nedbrudt i vandbehandlingen på et almindeligt vandværk. Der er dog ikke fundet undersøgelser af dette i litteraturen, og det indgår ikke i risikovurderingen.

#### *Andre stoffer*

Ifølge bekendtgørelsen om jordvarme kan kommunalbestyrelsen godkende anvendelsen af andre kemiske stoffer, hvis det kan dokumenteres, at disse er mindst lige så miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen.

Miljøvenlighed i relation til grundvandsbeskyttelsen afgøres af de egenskaber, som er gennemgået for stofferne ovenfor, nemlig stoffernes transportegenskaber i form af vandopløselighed, flygtighed og sorption, deres nedbrydelighed i jord og grundvand og deres toksiske egenskaber.

Med hensyn til transportegenskaberne har de tilladte stoffer ikke egenskaber, der gør dem særlig miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen. Både alkoholer og glycoler er vandblandbare, ikke særlig flygtige og sorberer ikke, hvilket betyder at stoffernes transport i jord og grundvand ikke forsinkes eller hindres af hverken opløselighed, afdampning eller sorption (binding til jorden).

Til gengæld er de tilladte alkoholer og glycoler særdeles let nedbrydelige i jord og grundvand, og der dannes ikke sundhedsskadelige eller tungt nedbrydelige mellemprodukter. Samtidig er stofferne meget lidt toksiske i forhold til mennesker og miljø.

Når der ansøges om anvendelse af andre stoffer end de tilladte, anbefales det på den baggrund, at der stilles krav om saglig og uafhængig dokumentation for,

- at stofferne er lige så let nedbrydelige i jord og grundvand som de tilladte, at der ikke dannes sundhedsskadelige eller tungt nedbrydelige mellemprodukter, hverken under aerobe eller anaerobe forhold, og
- at stofferne ikke er mere toksiske for mennesker og miljø end de allerede tilladte.

#### *3.3.4.2 Antikorrosionsmidler*

For at modvirke korrosion må ethylenglycol og propylenglycol tilsættes op til

- 0,4 % natriumnitrit
- 4 % natriumbenzoat
- 4 % borax eller
- 0,2 % benzotriazol.

Natriumkloridopløsninger må tilsættes natriumkarbonat (soda). Calcium- og magnesiumopløsninger må tilsættes natriumhydroxid.

For natriumnitrit er ADI fastsat til 0-0,1 mg/kg kropsvægt, og stoffet er uønsket i grundvand. I drikkevand er der et krav til indholdet af nitrit på 0,01 mg/l ved afgang fra vandværket. Nitrit er giftigt og kræftfremkaldende.

For natriumbenzoat er ADI 0-25 mg/kg kropsvægt (udtrykt som benzoesyre). Natriumbenzoat er dermed relativt uskadeligt.

Borax er opført på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer /13/. Stoffet bør derfor ikke anvendes, hvis der findes alternativer.

For benzotriazol er der fastsat et kvalitetskriterium for jord på 30 mg/kg, som skal overholdes. Det tyder på at stoffet er persistent i jord /14/. Triazolerne er i familie med triazinerne og kan volde tilsvarende problemer i grundvandet. Problemerne er primært konstateret i forbindelse med afisning af fly, hvor samme type stoffer anvendes.

Varmepumpebranchen oplyser, at der i dag ikke anvendes antikorrosionsmidler i forbindelse med anlæg med IPA-sprit og glycoler /16/.

På baggrund af de ovenstående oplysninger ses der ikke nogen grund til at medtage antikorrosionsmidler i bekendtgørelsens liste over tilladte stoffer i jordvarmeanlæg.

#### *3.3.4.3 Stoffer i anlæg med direkte fordampning*

I anlæg med direkte fordampning anvendes gasser. De anvendte stoffer fordeles sig i tre grupper:

- Syntetiske kølemedier type CFC og HCFC har betydende ozonlageffekt og drivhuseffekt. Eksempelvis R12, R22, R502. Disse stoffer er i dag forbudt, men det kan ikke udelukkes, at de stadig findes i enkelte ældre jordvarmeanlæg.
- Syntetiske kølemedier type HFC (fluorholdige kølemedier) har betydende drivhuseffekt. Eksempelvis R134a, R404A, R407C, R410A, R507A. Disse stoffer er reguleret i bekendtgørelse nr. 552 af 2. juli 2002. Fra 1. januar 2006 har det været generelt forbudt at anvende, importere og sælge de fluorholdige kølemedier. De udfases dog gradvis, så det efter 1. januar 2007 har været forbudt at anvende anlæg, hvor der indgår mere end 10 kg af disse stoffer.
- Naturlige kølemedier har ingen eller ubetydelig ozonlageffekt og drivhuseffekt. Eksempelvis R290 (propan), R600a (isobutan), R717 (ammoniak), R744 (kuldioxid).

Der er tale om mængder op til ca. 10 kg i et almindeligt husstands anlæg, og der er derfor givet flere tilladelser til anlæg med HFC, også i 2007.

#### *HFC-gasser*

Der er ingen grænseværdi for HFC-gasser i grundvand, men indhold over 1 mg/l bør undgås ud fra et generelt princip om ikke at tilføre forurenende stoffer til grundvandet.

HFC-gasser har en meget lav toksicitet, og det væsentligste og alvorligste miljøproblem, der er knyttet til gasserne, er den meget betydelige drivhuseffekt gasserne har, samt deres bidrag til nedbrydning af ozonlaget. HFC-gasser er

normalt meget langsomt nedbrydelige i grundvandet, og er i praksis mere eller mindre stabile under oxiderede forhold. Gasserne er tungere end luft, og ved en utæthed vil gassen derfor ikke undvige til atmosfæren fra jordluften, bortset fra ved almindelig diffusion.

Samlet set vil gasserne næppe udgøre en risiko for forurening af vandforsyningsanlæg.

#### *Naturlige kølemidler*

Blandt de naturlige kølemidler er det i øjeblikket hovedsagelig propan, der anvendes til jordvarmeanlæg. Propangas er også kendt som flaskegas, og den største risiko i forbindelse med propan må umiddelbart vurderes at være brand- og eksplosionsfaren. Denne risiko er dog kun til stede, hvis systemet er utæt.

Propan er tungere end atmosfærisk luft og vil derfor kun langsomt diffundere ud af jordmatrixen ved udslip fra anlægget. Opløseligheden af propan i vand er 70 mg/l (20 °C) /22/. Henry's lov konstanten er høj, hvorfor det vil have tendens til ikke at blive opløst i vand /24/.

Propan er kendt som letnedbrydeligt i grundvand og bruges som co-metabolit ved afværgemetoder, hvor nedbrydning af mere vanskeligt nedbrydelige stoffer forbedres ved tilsætning af propan som næringsstofkilde for de bakterier, som skal nedbryde andre forureninger /23/. En estimation udført med US EPA's program "BioWin v. 4.02" fortæller, at den primære nedbrydning under aerobe forhold forløber på dage (1-7 dage), mens den fuldstændige nedbrydning (mineralisering) forløber på 1-4 uger.

Samlet set vil propan næppe udgøre en risiko for forurening af vandforsyningsanlæg.

Teknologier til udnyttelse af CO<sub>2</sub> som kølemiddel er under udvikling, og de første anlæg er set på markedet. Udslip af CO<sub>2</sub> indebærer ikke nogen risiko for forurening af jord og grundvand.

#### *Olie fra kompressoren*

I anlæg med direkte fordampning vil der desuden være en mindre mængde olie, som transporteres med gassen rundt i jordslangerne. Der er antagelig tale om meget små mængder olie, idet olieindholdet i kompressoren ligger omkring en halv liter /17/. Der er i visse tilfælde rapporteret problemer med, at propangas går i forbindelse med olien, hvis temperaturen i kompressoren bliver for lav. Hvis olien fjernes fra kompressoren, vil anlægget gå i stå, ligesom for store mængder olie i varmeoptagersystemet kan føre til tilstopning. I de tyske retningslinjer /3/ stilles der krav om, at der anvendes vegetabilsk olie i denne type anlæg.

Det vurderes ikke, at olien i disse anlæg udgør nogen reel fare for grundvandsforurening.

### **3.3.5 Nedsivning til grundvandet**

De hydrogeologiske forhold varierer fra den ene lokalitet til den anden, og det vil derfor altid være nødvendigt at indhente stedsspecifikke oplysninger, hvis de hydrogeologiske forhold skal inddrages i fastsættelsen af afstandskrav.

Risikoen for, at en forurening når fra jordoverfladen eller – som i dette tilfælde – fra et niveau lige under jordoverfladen ned til grundvandsmagasinet, afhænger som ovenfor nævnt primært af følgende forhold:

- tykkelse af den umættede zone
- tykkelse af (reducerede) lerdæklag over grundvandsmagasinet
- infiltration/grundvandsdannelse

Derudover har det stor betydning, om de forurenende stoffer nedbrydes inden de når grundvandsmagasinet.

Den umættede zone udgøres af jordlagene fra terræn ned til de vandmættede lag. I den umættede zone er der adgang til ilt, hvilket har stor betydning for nedbrydningen af alkoholer og glycoler. Stofferne nedbrydes meget hurtigere, når der er ilt til stede. En tyk umættet zone vil derfor give en betydelig nedbrydning af stofferne inden de når grundvandet, og risikoen for forurening er derfor væsentligt mindre.

Det er velkendt, at vandets transporthastighed i ler er mindre end i sand. Det har imidlertid også stor betydning, om der er tale om *reducerede* lerlag. Reduceret ler kan kendes på en grå farve i modsætning til oxideret ler, som er mere gulligbrun. Ler der ligger over det øvre grundvandsspejl, vil som regel være oxideret. Den oxiderede ler er opsprækket og derfor utæt. Tykkelse af reducerede lerdæklag over grundvandsmagasinet har væsentlig betydning for sandsynligheden for at stofferne når ned til grundvandsspejlet. 15 meter reduceret ler anses for at give en god beskyttelse af grundvandet /19/. Transporthastigheden i reduceret ler er lille, og der vil derfor være god tid til at fjerne forureningen inden den siver langt ned.

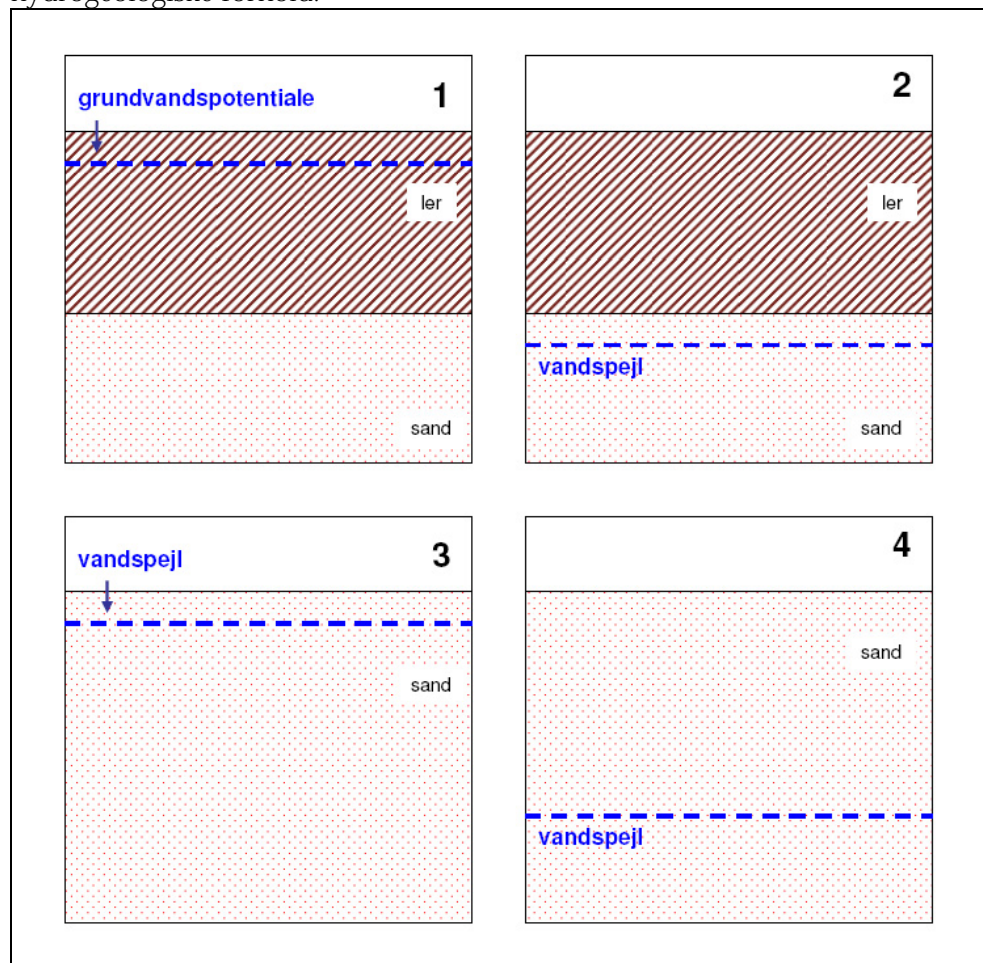
Da de stoffer, som anvendes i jordvarmeanlæg, ikke sorberer til jorden, siver de uhindret ned mod grundvandet med samme hastighed som det nedsivende regnvand. Ved de tidligere vurderinger i /10/ er der blot anvendt en simpel model for transport i umættet sand eller ler, hvorved det beregnes, at forureningen i umættet zone maksimalt når 1 meter ned i løbet af 65 dage i sandjord, hvor det i lerjord tager 110 dage for forureningen at bevæge sig 1 meter ned. Resultaterne af det strategiske miljøforskningsprogram har imidlertid vist, at nedsivningen af forurenende stoffer i umættet zone i høj grad styres af makroporer i de øverste 5-6 meter ler, og af såkaldt fingerstrømning i sand. På grund af disse strømningsmønstre kan en forureningsfront bevæge sig flere meter om dagen, se f.eks. /25/. Disse processer er helt afhængige af lokale geologiske og hydrogeologiske forhold, og den tid, som transport af forureningen fra terræn til grundvandsmagasin tager, varierer derfor meget.

Infiltrationen eller grundvandsdannelsen på lokaliteten har betydning for vandets transporthastighed ned gennem jorden. I områder med stor grundvandsdannelse er både fortynding og transporthastighed generelt større. Generelt er grundvandsdannelsen størst på sandede jorde, men nedbørsforhold og grundvandets trykniveau har også afgørende indflydelse.

Til belysning af betydningen af de hydrogeologiske forhold er der opstillet fire forskellige geologiske "typesituationer", jf. Figur 3.1. Situationerne illustrerer forskellige situationer med hensyn til

- tykkelse af den umættede zone
- tykkelse af (reducerede) lerdæklag over grundvandsmagasinet.

Det bemærkes, at situationerne slet ikke er repræsentative for alle geologiske forhold i Danmark. I mange områder forekommer f.eks. sekundære grundvandsmagasiner og mere inhomogene hydrogeologiske forhold, og typesituationerne tjener derfor kun til en overordnet illustration af betydningen af de hydrogeologiske forhold.



Figur 3.1 Fire forskellige hydrogeologiske "typesituationer"

De fire hydrogeologiske typesituationer og risikoen for henholdsvis grundvandsmagasinet og en nærliggende brønd til vandforsyning er beskrevet i det følgende:

1. Der er et tykt lerdæklag, og potentialet (tryk-niveauet) i grundvandet ligger nær terræn (det kan også ligge over terræn). Det meste af lerlaget vil normalt være vandmættet, og der er derfor sandsynligvis tale om reduceret ler.

Et udslip fra et jordvarmeanlæg nær jordoverfladen vil kun i meget begrænset omfang sive ned mod grundvandet, da der ikke er nogen nedadrettet trykgradient af betydning. Til gengæld kan et udslip i et vist omfang brede sig horisontalt, enten i de opsprækkede terrænnære lerlag eller i eventuelle sandlirer i lerlaget. Et udslip vil dermed udgøre en meget begrænset risiko for forurening af grundvandsmagasinet, men en mulig risiko for en nærliggende brønd.

2. Der er et tykt lerdæklag, men grundvandets vandspejl ligger under lerlaget. Ofte vil der dog være en eller flere mættede zoner i leren, eventuelt blot en del af året. En væsentlig del af lerlaget kan være oxideret; erfa-



ringsmæssigt udgør den oxiderede ler dog sjældent mere end 8 meter.

Et udslip fra et jordvarmeanlæg nær jordoverfladen vil bevæge sig hurtigere ned mod grundvandet end ovenfor, men på grund af de umættede forhold vil der samtidig ske en betydelig nedbrydning. I eventuelle mættede zoner undervejs kan der desuden ske en horisontal spredning af forureningen. Risikoen for forurening af grundvandsmagasinet vil være begrænset. Hvis der er en brønd i nærheden af jordvarmeanlægget, tyder det på, at der er mættede forhold nær terræn, og der vil være risiko for forurening af brønden. Samtidig betyder det, at nedsivningen til det primære grundvandsmagasin er langsommere end i umættet jord.

3. Der er ikke noget lerdæklag, og grundvandsspejlet ligger nær terræn. Den umættede zone er derfor meget lille – måske ligger jordvarmeanlægget endda nede i den mættede zone.

Spredning af forureningen vil i første omgang primært ske horisontalt, men den vil efterhånden også bevæge sig nedad i grundvandsmagasinet nedstrøms. Grundvandsmagasinet forurenes således meget hurtigt, og der vil samtidig være stor risiko for forurening af en nærliggende brønd.

Under disse forhold har de øverste grundvandsmagasiner normalt et højt indhold af ilt, og glycoler og alkoholer nedbrydes derfor hurtigt.

4. Der er ikke noget lerdæklag, og grundvandsspejlet ligger dybt. Der er en tyk umættet zone.

Der vil ske en lodret nedsivning, men forureningen vil samtidig blive nedbrudt i den umættede zone. Der vil næppe være nogen nærliggende brønd, da der ikke er grundvand nær terræn. Der er nogen risiko for forurening af grundvandsmagasinet, men på grund af iltede forhold i det øverste grundvand vil der også her ske en forholdsvis hurtig nedbrydning.

De fire "typesituationer" viser således, at afhængigt af geologien vil der enten ske en forsinket nedsivning af forurening eller en betydelig nedbrydning inden en forurening når frem til det primære grundvand. Den største forureningsrisiko i forhold til almene vandforsyningsanlæg eksisterer under forhold, hvor den almene vandforsyning indvinder fra højtliggende grundvandsmagasiner uden væsentlig naturlig beskyttelse.

Sker der et udslip fra et vertikalt jordvarmeanlæg, vil risikoen afhænge af, i hvilken dybde udslippet sker. For terrænnære udslip forholder det sig ligesom for de beskrevne, mens udslip under grundvandsspejlet straks vil spredes horisontalt i grundvandsmagasinet.

### **3.3.6 Transportafstand i grundvandsmagasinet**

Hvis et udslip af forurening fra et jordvarmeanlæg er nået ned i grundvandsmagasinet, afhænger risikoen for forurening af indvindingsboringer af følgende forhold:

- Grundvandets strømningshastighed og -retning
- Vandret afstand fra anlæg til indvinding
- Oppumpet vandmængde
- Naturlig nedbrydning

I hurtigt strømmende grundvand vil en forurening transporteres hurtigt, og den tid der er til rådighed for naturlig nedbrydning, er derfor mindre. Strømningsretningen er afgørende for, om en forurening faktisk transporteres hen til indvindingsanlægget.

Den vandrette afstand fra anlæg til indvinding har betydning pga. den fortynding, som vil forekomme i grundvandsmagasinet på grund af dispersion (spredning). Derudover har afstanden en betydning for det tidsrum (transporttid), hvor der kan ske nedbrydning af stofferne.

Den aktuelle koncentration af et givet stof i det oppumpede grundvand afhænger af den oppumpede vandmængde, idet stor oppumpning bevirker stor fortynding.

Miljøstyrelsen udgav i 2007 en ny vejledning om boringsnære beskyttelsesområder (BNBO) /1/. Vejledningen bruges til at fastsætte beskyttelsesområder omkring vandforsyningsboringer, hvor forskellige typer af anlæg, som kan forurene grundvandet, kan forbydes efter miljøbeskyttelseslovens § 24.

I vejledningen er der angivet en simpel metode til beregning af størrelsen af de boringsnære beskyttelsesområder med udgangspunkt i oplysninger om

- vandindvinding
- magasinets tykkelse (mægtighed)
- magasinets effektive porøsitet
- analysefrekvens for organiske stoffer.

Boringsnære beskyttelsesområder fastsættes således konkret i forhold til den enkelte boring.

I forhold til jordvarmeanlæg er det en komplikation, at der ikke analyseres for de pågældende stoffer ved vandværkernes almindelige boringskontrol. Der er derfor brug for et andet tidsmæssigt kriterium, og til det formål foreslås det at anvende 1 år, da der er årligt eftersyn af anlæggene, og 1 år dermed er den maksimale tid, der kan gå, inden en lækage fra et jordvarmeanlæg bliver opdaget. Det gælder uanset om anlægget er i drift eller ej.

Til brug for en vurdering af, hvad et rimeligt afstandskrav vil være i forhold til jordvarmeanlæg er der foretaget en beregning af BNBO for fire forskellige størrelser indvinding. Der er opstillet ni scenarier med forskellig effektiv porøsitet og tykkelse af magasin, jf. Tabel 3.3. De valgte værdier ligger inden for det almindelige variationsinterval; dog kan den effektive porøsitet i kalkmagasiner lokalt være væsentligt mindre. I kalkmagasiner med meget lille effektiv porøsitet er 1-års strømningsafstanden væsentligt større, men der kan også være en forsinkelseeffekt på grund af vandudveksling med porevand i kalken (såkaldt dobbeltporøsitet).

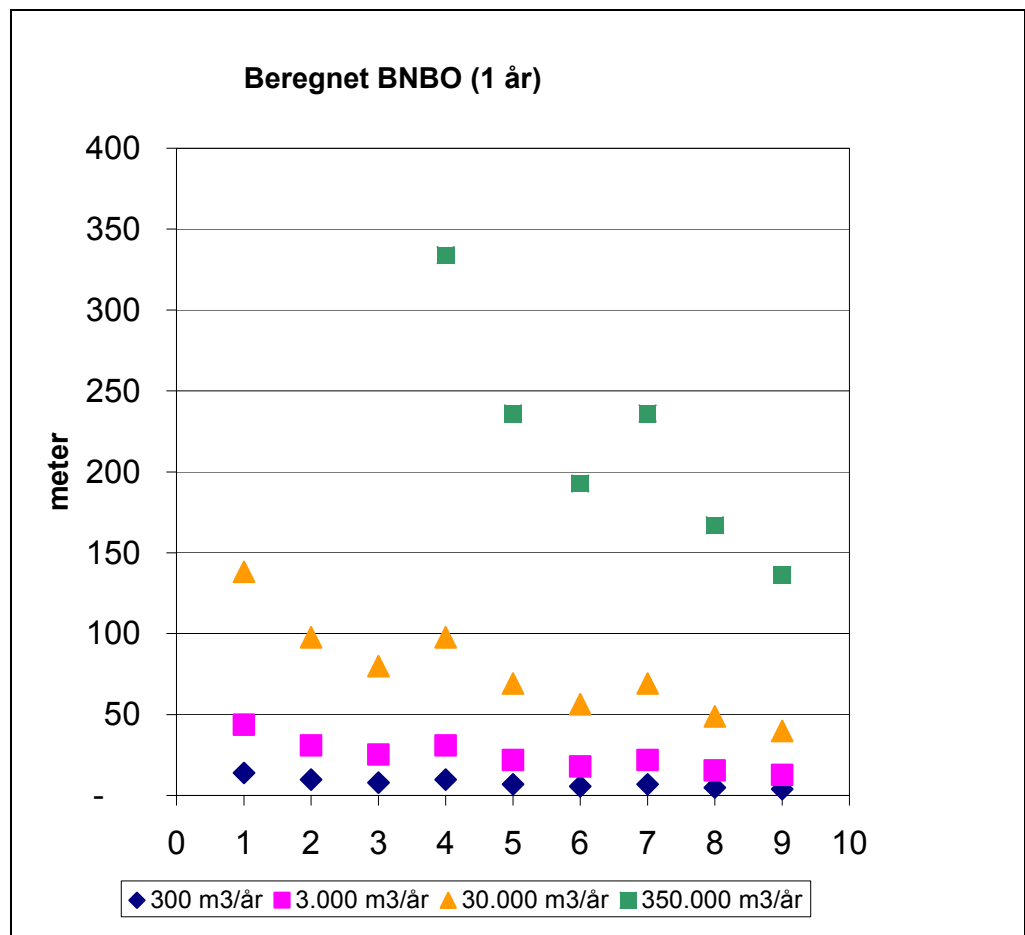
Tabel 3.3 Scenarier ved beregning af BNBO

Scenarie	Effektiv porøsitet	Tykkelse af magasin, m	300 m <sup>3</sup> /år	3.000 m <sup>3</sup> /år	30.000 m <sup>3</sup> /år	350.000 m <sup>3</sup> /år
1	0,1	5	14	44	138	*
2	0,2	5	10	31	98	*
3	0,3	5	8	25	80	*
4	0,1	10	10	31	98	334
5	0,2	10	7	22	69	236
6	0,3	10	6	18	56	193
7	0,1	20	7	22	69	236

Scenarie	Effektiv porøsitet	Tykkelse af magasin, m	300 m <sup>3</sup> /år	3.000 m <sup>3</sup> /år	30.000 m <sup>3</sup> /år	350.000 m <sup>3</sup> /år
8	0,2	20	5	15	49	167
9	0,3	20	4	13	40	136

\*Ikke beregnet for 350.000 m<sup>3</sup>/år, da man ikke kan trække så meget vand ud af et 5 meter tykt grundvandsmagasin.

De ni scenarier er regnet igennem for vandindvindinger på henholdsvis 300, 3.000, 30.000 og 350.000 m<sup>3</sup>/år. De beregnede størrelser (radius) af BNBO for de ni scenarier med fire forskellige vandindvindinger er vist i Figur 3.2.



Figur 3.2 BNBO for standardscenarier - transporttid 1 år

Transportafstanden inden for 1 år er større, jo lavere den effektive porøsitet er, og større, hvis magasinet har lille mægtighed.

For enkeltvandforsyninger (300 m<sup>3</sup>/år) er den længste beregnede 1 års transportafstand 14 meter. Enkeltvandforsyninger indvinder således fra et meget lille område, hvilket er medvirkende til, at der som regel fastsættes mindre afstandskrav for disse anlæg end for andre.

Som det fremgår, ligger 1 års transportafstand for de mindste almene indvindinger (3.000 m<sup>3</sup>/år) under 50 meter.

For de lidt større indvindinger, svarende til indvindingen til et mindre alment vandværk (30.000 m<sup>3</sup>/år), ligger 1 års transportafstanden mellem 40 og 140 meter.

For de største indvindinger er der beregnet 1 års transportafstande, som ligger fra under 150 meter til lidt mere end 300 meter. Den mindste magasintykkelse på 5 meter er valgt fra for disse vandindvindinger, da det ikke er realistisk at indvinde  $350.000^3$  om året i et magasin, som kun er 5 meter tykt.

I denne beregning er der ikke taget hensyn til grundvandets naturlige strømning, som kan medføre, at transportafstanden opstrøms er længere, men nedstrøms kortere. I områder med kraftig grundvandsstrøm kan afstandene derfor være misvisende, og vejledningen om BNBO anviser da også metoder til at korrigere for dette.

Naturlig nedbrydning er ikke medtaget i disse beregninger. Omfanget af naturlig nedbrydning i jorden og i grundvandsmagasinet afhænger af de konkrete forhold på den lokalitet, hvor uheldet sker, jf. afsnit 3.3.4. Nedbrydningen tages derfor i betragtning i de scenarier, som er beregnet i det følgende afsnit.

### 3.3.7 Beregnede scenarier

De nuværende afstandskrav for jordvarmeanlæg er som nævnt baseret på vurderinger og beregninger, som er rapporteret i 1986 i /10/. Siden 1986 er den eksisterende viden om transport og nedbrydning af stoffer i jord og grundvand blevet væsentligt større, og der er opnået et større grundlag for at vurdere risikoen for udslip af frostsikringsmiddel.

På baggrund af ny viden og reviderede antagelser er modelberegningerne i /10/ derfor suppleret med nye og ændrede scenarier. De parametre, som er varieret i de nye beregninger, er følgende:

- Spildets størrelse, jf. afsnit 3.3.3 – idet der *ikke* regnes med afværgeforanstaltninger:
  - En revne eller utæthed i slangen opstår f.eks. på grund af for stor bøjning af slangen eller udvikling af en revne, som er initieret af beskadigelse under lægningen.
  - Overgravning af varmeslangen ved et uheld.
  - "Worst case" – hele slangen tømmes ud i jorden ved et uheld.
- Nedbrydning. Selvom det i /10/ er påvist, at der sker en nedbrydning af stofferne, både i umættet og i mættet zone, er nedbrydningen ikke inddraget i beregningerne i rapporten. På baggrund af litteraturstudiet antages det, at der kan regnes med halveringstider på 30-50 dage i de øvre, iltede jordlag, mens nedbrydningen er langsommere med halveringstider på 100-200 dage i det dybere, reducerede grundvand, jf. afsnit 3.3.4. Derfor gennemregnes scenarier med halveringstider på 200, 100 og 30 dage. Der regnes med 1 års nedbrydning, og det er antaget, at væsken er så fortyndet, når den når grundvandsspejlet, at der sker nedbrydning af stoffet med det samme.
- Vandindvinding. Her vælges scenarier, som svarer til en privat husholdning ( $300 \text{ m}^3/\text{år}$ ), det mindst mulige almene vandværk ( $3.000 \text{ m}^3/\text{år}$ ), en almindelig indvindingsboring til et mindre alment vandværk ( $30.000 \text{ m}^3/\text{år}$ ) og et stort alment vandværk ( $350.000 \text{ m}^3/\text{år}$  er grænsen for indberetning til EU, jf. drikkevandsdirektivet).
- Grundvandsmagasinet tykkelse. I /10/ er resultaterne angivet pr. m mættet lagtykkelse. Normalt indvindes der ikke væsentlige mængder vand fra

magasiner på mindre end 5 meter mættet lagtykkelse. Jo tykkere magasinet er, desto større bliver fortyndingen.

Parametrene er varieret som det fremgår af Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Parametre i transportberegning

Parameter	Tidligere beregning	Ny vurdering
Spildets størrelse, kg	30	0,03 revne i slange 1 overgravning 130 worst case
Nedbrydning, halveringstid	Ingen nedbrydning	200 dage 100 dage 30 dage
Vandindvinding, m <sup>3</sup> /år	10.000 50.000 100.000	300 3.000 30.000 350.000
Magasintykkelse, m	1	5* 10 20
* Ikke beregnet for 350.000 m <sup>3</sup> /år, da det ikke er realistisk at indvinde denne mængde fra et 5 meter tykt grundvandsmagasin.		

Rent teknisk er beregningerne foretaget ved at aflæse kurverne i /10/ (figur 3.12-3.15) og regne videre på resultaterne i regneark. Resultaterne af beregningerne findes i appendiks C. I alt er der således gennemregnet 132 scenarier i fire forskellige afstande (50, 100, 150 og 300 meter). Alle de beregnede koncentrationer er de *maksimale* beregnede koncentrationer (peak-værdi).

Ved vurdering af resultaterne tages der udgangspunkt i et formodet kvalitetskriterium for grundvand for alle stofferne på 10 µg/l, der som nævnt ikke er sundhedsmæssigt begrundet, men skyldes risiko for mikrobiologisk vækst.

#### *Revnet slange*

Hvis udslippet af brine (varmetransmissionsvæske) er ganske lille, som det vil være ved en revne i slangen, vil fortyndingen under transporten i grundvandsmagasinet være tilstrækkeligt til at den maksimale koncentration er under 10 µg/l, allerede i 50 meters transportafstand i alle scenarier, og uden at der regnes med nedbrydning.

#### *Overgravning*

For de største vandforsyningsboringer, som indvinder 350.000 m<sup>3</sup>/år, vil koncentrationen af frostsikringsmiddel ligge under 50 µg/l i 50 meters afstand i alle scenarier, uanset om der er regnet med biologisk nedbrydning.

I betragtning af, at der vil ske biologisk nedbrydning af frostsikringsmidlet både i umættet zone og i mættet zone, vil det ikke være urealistisk at antage, at koncentrationen i langt de fleste tilfælde vil ligge under 10 µg/l, også selvom transporttiden til 50 meter er mindre end ét år, som jo er det tidsrum, den biologiske nedbrydning er beregnet for.

For de mellemstore vandforsyningsboringer, som indvinder 30.000 m<sup>3</sup>/år, ligger 1 års transportafstanden mellem 40 og 140 meter. De beregnede maksimumskoncentrationer i 50 meters afstand ligger i intervallet 50-200 µg/l, når der regnes uden nedbrydning. Disse værdier ligger væsentligt under de beregnede acceptable indhold fra 1986, men betydeligt over et eventuelt nyt kvalitetskriterium for grundvand på 10 µg/l.

Regnes der med biologisk nedbrydning, kommer koncentrationerne i 50 meters afstand tæt på 10 µg/l, afhængigt af de nærmere omstændigheder. Af de beregnede scenarier er situationen med et grundvandsmagasin på kun 5 meters mægtighed mest kritisk, da strømningshastigheden her er større, og tiden til nedbrydning dermed også mindre. Det bemærkes dog, at indvinding af så store vandmængder sjældent sker fra et grundvandsmagasin, der kun er 5 meter tykt. Maksimumskoncentrationerne falder hurtigt i større afstand, og i 150 meters afstand, som svarer den maksimale transportafstand for ét år, vil koncentrationerne i de fleste tilfælde ligge under kravene.

For de mindste almene vandforsyninger, som indvinder 3.000 m<sup>3</sup>/år, er fortyndingen mindre, og der fås derfor lidt højere koncentrationer af frostsikringsmiddel end i de større vandværker. Som beskrevet ovenfor, er ét års transportafstanden for disse anlæg dog under 50 meter, og der vil derfor være længere tid til nedbrydning af frostsikringsmidlet – og til at fjerne en eventuel forurening.

For private brønde og borer, som indvinder 300 m<sup>3</sup>/år er de beregnede koncentrationer ikke meget forskellige fra de værdier, der er beregnet for de mindste vandværker.

#### *Worst case*

Worst case-scenariet er medtaget for god ordens skyld, men samlet set anses scenariet for at være usandsynligt. I dette scenarie fås under de mest ugunstige forhold koncentrationer op mod 30 mg/l i 50 meters afstand for de mindste vandforsyningsboringer, og 4 mg/l for de største, hvis der ikke regnes med nedbrydning. I 300 meters afstand er de tilsvarende koncentrationer nede på henholdsvis 4 mg/l og 0,7 mg/l, hvilket fortsat er væsentligt over det acceptable.

Som beskrevet i afsnit 3.3.4 er det sandsynligt, at der ved et meget stort udslip ikke vil ske nogen nedbrydning af stoffet i begyndelsen, hvor det vil virke toksisk over for de bakterier, der skal nedbryde det. Selvom der regnes med nedbrydning med halveringstider på 100-200 dage, fås der fortsat koncentrationer i mg-størrelse i de fleste af de beregnede scenarier.

Først når der regnes med en halveringstid på 30 dage, bliver nedbrydningen hurtig nok til at sikre, at selv de mindste vandforsyningsanlæg ikke får koncentrationer over 10 µg/l.

Det bemærkes, at det kun er worst case-scenariet, der giver anledning til beregnede maksimale koncentrationer i vandforsyningsboringer, som ligger over de acceptable indhold, der blev regnet med i 1986.

#### *Konklusioner*

Ved uheld med udslip af kemikalier fra jordvarmeanlæg afhænger risikoen for forurening af vandforsyningsanlæg i høj grad af udslippets størrelse, herunder de afværgeforanstaltninger som gennemføres for at begrænse forureningen.

Derudover er stedspecifikke forhold af meget stor betydning. Ved et lille udslip af kemikalier på ca. 1 kg, som er den størrelsesorden der kan forventes ved overgravning af en jordvarmeslange, vil der i langt de fleste tilfælde ikke være nævneværdig risiko for, at koncentrationen af frostsikringsmiddel på noget

tidspunkt vil overskride 10 µg/l i en vandforsyningsboring, som ligger blot 50 meter nedstrøms.

Visse vandforsyningsanlæg er dog mere udsatte end andre, når risikoen for forurening i tilfælde af uheld skal vurderes. Det gælder anlæg, som indvinder fra terrænnære grundvandsmagasiner uden væsentlige lerdæklag, anlæg i områder med meget tynde grundvandsmagasiner eller med høj strømningshastighed i grundvandet. I disse områder kan der opnås en ekstra sikkerhed imod risikoen for forurening ved at udlægge en beskyttelseszone, svarende til 1 års strømningsafstand. Desuden kan der være grund til at etablere en ekstra sikkerhed i form af en beskyttelseszone omkring indvindinger, hvor der er investeret store beløb i grundvandsbeskyttelsen i oplandet i forbindelse med en indsatsplan, eller hvor der er planer om dette. Beskyttelseszonen kan f.eks. beregnes med de metoder, der er angivet i /1/.

Endelig skal det bemærkes, at vandforsyningsanlæggets tilstand kan være væsentlig for forureningsrisikoen. En dårligt udført eller dårligt vedligeholdt boring eller brønd, som er utæt i de øverste jordlag, giver risiko for indsviining af overfladevand og af terrænnært grundvand, som typisk er mere forurennet end det dybere grundvand. Ved en utæthed i et jordvarmeanlæg vil sådan et anlæg også være mere udsat for forurening. Det er ejeren af indvindingsanlægget, som er ansvarlig for, at anlægget er i forsvarlig stand.

### 3.4 Andre risici

#### 3.4.1 Skorstenseffekt

En dårligt udført boring kan være en mulig transportvej for forurening – ikke blot forurening i form af stoffer fra jordvarmeanlæg, men også andre typer af forurening, som kan transporteres fra jordoverfladen til et grundvandsmagasin, eller fra et øvre, forurennet grundvandsmagasin til det primære magasin, hvor vandindvindingen sker. Dette kaldes skorstenseffekt.

Specielt hvor der bores igennem ellers tætte lerlag, kan en dårligt udført boring forøge risikoen for forurening af grundvandet. Forureningstransport gennem utætte boringer er undersøgt nærmere i /26/, hvor det blandt andet konkluderes, at mængden af forurening, der transporteres langs en utæt boring, er meget begrænset.

I boringsbekendtgørelsens regler stilles der krav om, at borearbejde skal tilrettelægges og udføres således, at boringen ikke medfører risiko for, at grundvandet forurenes (§ 9). Uddannelsen af brøndborere bidrager desuden til sikring af, at nye boringer udføres forsvarligt. Det bemærkes i øvrigt, at risikoen for skorstenseffekt principielt ikke er større for jordvarmeboringer end for andre boringer, f.eks. boringer til midlertidig grundvandssænkning, som kan etableres uden tilladelse.

#### 3.4.2 Afkøling omkring anlægget

Når varmeoptagersystemet optager varme fra omgivelserne, vil der ske en afkøling omkring anlægget.

For vandrette jordvarmeslanger betyder dette, at slangerne skal lægges med en afstand på 1,2 m for at undgå at de påvirker hinanden og medfører frysning af jorden omkring anlægget. Anlægget vil føre til en mindre afkøling af infiltrere-

rende vand, men der er ikke set miljømæssige effekter af dette /2/. Afkølingen modsvarer kun en mindre del af den årlige solindstråling, og den sætter derfor ikke umiddelbart begrænsninger for, hvor tæt jordvarmeanlæg kan ligge.

For anlæg baseret på boringer er problemstillingen mere individuel og kompliceret. Her er det nødvendigt at se på, hvor meget varme, der tilføres anlægget fra omgivelserne. Derudover kan der være indbyrdes påvirkning i områder med mange boringer.

Ved traditionel bjergvarme optages kun varme fra den omliggende klippe, og efterhånden som denne ressource bruges op, forringes anlæggets effekt. Sådanne anlæg har typisk en levetid på 10-15 år /16/.

De varmeoptagersystemer, som i Danmark etableres som boringer, baseres som regel på tilførsel af energi fra en grundvandsstrøm. Deres effekt vil derfor være helt afhængig af, at der bores igennem et eller flere grundvandsmagasiner med en vis strømning.

Selve afkølingen af grundvandsmagasinet er meget sjældent et problem i sig selv. Ved etablering af store anlæg eller ved etablering af usædvanlig mange anlæg inden for et begrænset område bør det dog sikres, at grundvandet nedstrøms ikke afkøles under 5 °C. Dette kan beregnes ved modellering. Meget koldt grundvand kan give problemer med frysning i små vandværkers filtre i en streng vinter.

Det bemærkes, at for stor afkøling af grundvandet også kan føre til driftsproblemer i jordvarmeanlægget, da varmeoptagelsen forringes ved lavere temperaturer.

For at forebygge for stor afkøling, anbefales det at jordvarmeboringer ikke etableres med mindre end 20 meters indbyrdes afstand. Større afstand kan dog være hensigtsmæssig i grundvandets strømningsretning.

### 3.5 Fastsættelse af afstandskrav

#### 3.5.1 Eksisterende og tidligere regler

Bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg (2006) fastsætter følgende afstandskrav til vandindvindingsanlæg:

§ 8 Der må ikke gives tilladelse til etablering af et jordvarmeanlæg nærmere end 300 meter fra et alment vandindvindingsanlæg og 50 meter fra andre vandindvindingsanlæg. Stk. 2. Afstandskravene kan nedsættes, hvis de hydrogeologiske forhold sandsynliggør, at der ikke er øget risiko for forurening af vandindvindingsanlæg.

Bestemmelserne om afstandskrav er forenklet i forhold til bestemmelserne i den tidligere bekendtgørelse om etablering af jordvarmeanlæg (varmeslanger i jord) fra 1980, hvor der var fastsat følgende bestemmelse om afstandskrav til drikkevandsboringer og brønde:

§ 8. Anlæggets afstand fra drikkevandsbrønd eller -boring på samme ejendom skal være mindst 1,0 m/ l glycol eller 1,0 m/ kg salt i anlægget. Stk. 2. Anlæggets afstand fra drikkevandsbrønde eller -boringer på anden ejendom skal være mindst 2,0 m/ l glycol eller 2,0 m/ kg salt i anlægget.



*Stk. 3.* Anlæggets afstand fra drikkevandsbrønde eller -boringer for almene vandforsyningsanlæg skal være mindst 4,0 m/ l glycol eller 4,0 m/ kg salt i anlægget; dog mindst 300 m.

*Stk. 4.* Hvis jordslangerne består af flere parallelt forbundne slanger, der er samlet mindst 0,5 m over jordslangerens højeste punkt, kan afstandskravene i stk. 1-3 beregnes på grundlag af glycol- eller saltindholdet i den længste enkeltslange.

*Stk. 5.* Kommunalbestyrelsen kan i overensstemmelse med indhentet udtalelse fra miljøstyrelsen<sup>4</sup> tillade mindre afstande end fastsat i stk. 1-4, hvis jordslangerne indenfor de krævede afstande fra brønde og boringer lægges i bøsningrør, som afsluttes i en bygning eller en tæt brønd.

**§ 9.** Såfremt der anvendes ethylen- eller propylenglycol som frostsikringsmiddel, må der inden for et område på 10.000 m<sup>2</sup> omkring anlægget ikke være placeret jordvarmeanlæg med et samlet indhold på mere end 300 l glycol.

Bestemmelsen er samtidig udvidet til at omfatte alle typer af vandindvindingsanlæg. Der er ikke givet nærmere retningslinjer for, hvordan de hydrogeologiske forhold vurderes, hvilket kan føre til ret forskellige afgørelser i de enkelte kommuner.

Bestemmelserne i den tidligere bekendtgørelse gjaldt kun de anlæg, som kommunerne kunne give tilladelse til. Amterne havde mulighed for at gå ud over bekendtgørelsens bestemmelser og give andre tilladelser direkte efter miljøbeskyttelseslovens § 19. F.eks. blev tilladelser til anlæg baseret på boringer givet direkte efter miljøbeskyttelsesloven. Derudover kunne amterne f.eks. på baggrund af en vurdering af de hydrogeologiske forhold fastsætte mindre afstandskrav i forhold til vandindvindingsanlæg.

På baggrund af et udredningsprojekt /1/ var der i 1980'erne udviklet en praksis, hvorefter afstandskravet kunne nedsættes til det halve, når der anvendtes IPA-sprit som frostsikringsmiddel. Af lovtekniske grunde skulle disse tilladelser gives af amtet.

Den tidligere bekendtgørelse indeholdt desuden afstandskrav til bygninger (1,5 m), vand- og kloakrør (1 m) og skel (0,6 m).

Afstandskravene blev fastsat i bekendtgørelsen i 1980, på et tidspunkt hvor der ikke var væsentlige erfaringer med driften af jordvarmeanlæg, herunder erfaringer med, om anlæggene var og forblev tætte, og om de ville give anledning til forurening af grundvandet.

Afstandskravet på 300 meter til boringer til almene vandforsyningsanlæg er formentlig fastsat med udgangspunkt i den allerede dengang eksisterende praksis, at fastlægge et beskyttelsesområde på 300 meter omkring indvindingsanlæg til almen vandforsyning efter miljøbeskyttelseslovens § 22. De 300 meter er oprindeligt fremkommet som afstanden til nedsivningsanlæg, hvor det blev vurderet at 300 meter var den maksimale transportafstand for bakterier inden for de 60 dage, som blev antaget at være bakteriernes maksimale levetid i grundvand.

I 1980'erne blev der gennemført flere projekter til belysning af risikoen for forurening af grundvandet med stoffer fra jordvarmeanlæg /10/. I dette projekt blev der taget udgangspunkt i et udslip på 30 kg frostsikringsmiddel, som løb gennem den umættede zone ned i grundvandet. I forhold til vandforsyningsanlæg blev der regnet med ADI- og TDI-værdier, dvs. acceptable og tolerable

<sup>4</sup> Miljøstyrelsens kompetence blev i 1989 overført til amterne

daglige indtag for mennesker, i stedet for de langt lavere grundvandskriterier, som anvendes i dag.

I rapporten antages det, at det i modsætning til udslip fra olietanke vil være urealistisk at kunne lokalisere og opsamle et frostvæskeudslip fra en overskåret plastslange. Det vil være vanskeligt at se og lugte, hvor forureningen er. Det konkluderes derfor, at i den periode, forureningen varer, skal grundvandet i nærliggende brønde og borerer være anvendeligt til drikkevandsforsyning for alle befolkningsgrupper, deriblandt også spædbørn.

Rapporten anbefalede på baggrund af de gennemførte laboratorieundersøgelser og beregninger afstandskrav på 300 meter for anlæg med glycoler og 150 meter for anlæg med IPA-sprit. Det lavere afstandskrav for IPA-sprit er primært baseret på en lidt højere acceptabel koncentration.

### 3.5.2 Afstandskrav for andre, sammenlignelige anlæg

Tilladelser til jordvarmeanlæg gives med udgangspunkt i miljøbeskyttelseslovens § 19, som er hjemmel for bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg. Efter samme paragraf er der udstedt en lang række bekendtgørelser om forskellige typer af anlæg, som udgør en potentiel risiko for forurening af jord og grundvand.

Her er det væsentligt at skelne imellem to typer af anlæg:

- Anlæg som med sikkerhed medfører forurening og dermed påvirkning af grundvandet. Dette gælder f.eks. når det gælder tilladelser for genanvendelse af restproduktet og ved etablering af nedsivningsanlæg. Her er formålet med afstandskravet at sikre, at forureningen er fortyndet tilstrækkeligt, inden den når en indvindingsboring.
- Anlæg som forventes at være tætte, og dermed ikke påvirker grundvandet. Det gælder eksempelvis olietanke og tankanlæg på benzinstationer. I de tilfælde har afstandskravet til formål, dels at give reaktionstid til at gennemføre en oprydning og/eller afværgeforanstaltning i tilfælde af et forureningsuheld, dels at sikre, at hvis forureningen strømmer mod en boring, vil forureningen ramme boringen med lavere koncentration.

Jordvarmeanlæg bør i udgangspunktet anses for at være tætte, og reglerne for etablering af jordvarmeanlæg skal sikre, at der ikke sker udslip til omgivelserne.

Flere andre bekendtgørelser, som er udstedt efter miljøbeskyttelseslovens § 19, fastsætter afstandskrav for forskellige typer af anlæg i forhold til vandindvindingsanlæg. Afstandskravene er ikke fastsat efter en ensartet praksis, og det er ikke altid gennemskueligt, hvilke overvejelser, der ligger bag. I Tabel 3.5 gives eksempler på afstandskrav i eksisterende bekendtgørelser.

Tabel 3.5 Afstandskrav i forskellige bekendtgørelser

Reguleringsområde	Afstandskrav
Restproduktbekendtgørelsen	30 m til enkeltindvindinger
Husdyrbekendtgørelsen, stalde, møddinger og beholdere til husdyrgødning	25 m enkeltindvinding 50 m fælles vandforsyningsanlæg 15 m til dræn og søer
Olietankbekendtgørelsen, olietanke	50 m til almen vandforsyning 25 m til andre borerer og brønde med krav om drikkevandskvalitet

Reguleringsområde	Afstandskrav
Spildevandsbekendtgørelsen, nedsivningsanlæg	300 m til vandindvindingsanlæg

Restproduktbekendtgørelsen regulerer anvendelsen af bl.a. restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg og stiller krav til, hvor store mængder af forskellige stoffer, der må udvaskes fra de pågældende materialer.

Husdyrbekendtgørelsen omfatter anlæg, som i princippet ikke forventes at give anledning til forurening, men der ses dog med mellemrum uheld mv., som giver anledning til udslip af bl.a. gylle.

Olietankbekendtgørelsens krav gælder for alle nedgravede tanke til oliebaserede produkter op til 100.000 liter samt overjordiske tanke op til 200.000 liter. Tankene skal være typegodkendt, og visse tanke er underlagt faste sløjfnings-terminer.

Nedsivningsanlæg for spildevand skal være utætte for at fungere efter hensigten.

I normerne for vandforsyningsanlæg, /11/ og /12/, er der fastsat en række vejledende afstandskrav. Eksempler på disse afstandskrav er givet i Tabel 3.6. Almene vandforsyningsanlæg er anlæg, som forsyner mindst 10 ejendomme, og ikke-almene anlæg er anlæg som forsyner mindre end 10 ejendomme.

Tabel 3.6 Afstandskrav i normerne for vandforsyningsanlæg

Forureningskilde / terrængenstand	DS 442: Almene vandforsyningsanlæg	DS 441: Ikke-almene vandforsyningsanlæg
Stalde, møddinger og beholdere til husdyrgødning	50 m	25 m
Benzin- og olietanke	50 m	30 m <sup>1)</sup>
Jordvarmeanlæg (varmeslanger)	300 m	75 m <sup>2)</sup>
Regnvandsledninger	15 m	15 m
Samletanke for husspildevand	50 m	15 m
Nedsivningsanlæg for spildevand	300 m	300 m
Nedgravning af døde dyr	50 m	50 m
Kirkegårde	100 m	100 m
1) Kravet svarer til afstandskravet i den bekendtgørelse, som var gældende da normen blev udarbejdet i 1988.		
2) Baggrunden for dette afstandskrav er uklar.		

Regnvandsledninger og samletanke for husspildevand bør i princippet være tætte. Når der er forskel på afstandskravet til vandindvinding skyldes det formentlig, at der er forskel på indholdet og dermed på den skade, der kan forventes hvis de alligevel er utætte.

Ved nedgravning af døde dyr samt kirkegårde er der ingen sikring af grundvandet.

Jordvarmeanlæg er således de eneste anlæg, som indrettes med henblik på at være tætte, og hvor der stilles afstandskrav på mere end 50 meter til almene vandforsynings borer. Dette skyldes som nævnt i afsnit 3.3.3, at det tidligere er antaget, at det ikke ville være muligt at lokalisere utætheder og afværge udslip fra jordvarmeslangerne.

Samlet set er det især sammenligningen med kravene til olietanke, der er relevant. Olietanke er i lighed med jordvarmeanlæg indrettet med henblik på at

være tætte, og de tjener til opvarmning af boliger og varmt vand, ligesom jordvarmeanlæg gør. I mange tilfælde vil et jordvarmeanlæg skulle erstatte en olietank. Det er også derfor oplagt for den enkelte borger at sammenligne afstandskravene for de to typer anlæg. En sammenligning er foretaget i Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Sammenligning af olietanke og varmeslanger i jord

Parameter		Olietanke	Varmeslanger i jord
Indhold	Volumen	op til 100.000 liter	60-300 liter (op til 1000 l)
	Stoffer	Fyringsolie, benzin mv.	25-30% glyco- ler/alkoholer
	Opløselighed	Lille	Vandblandbare
	Transportegenskaber	Nogen sorption	Ingen sorption
	Nedbrydelighed	Nedbrydelige	Let nedbrydelige
	Toksiske egenskaber	Nogle er kræftfremkaldende	Lav giftighed / miljø- venlige ift. grundvand
Tank/ slanger	Tilladelse krævet	Nej	Ja
	Typegodkendelse	Ja	Nej
	Korrosionsbestandig	Evt. korrosionsbeskyttet	Ja
	Alarm ved utætheder	Evt. dobbeltvæg/alarm	Ja
	Årligt eftersyn	Nej	Ja
	Konstaterede utætheder	Ja	Ingen fundet
	Levetid / sløjfning	Levetid fastsat i bek.	Ingen
Af- stands- krav	Almene vandforsyningsanlæg	50 m	300 m
	Ikke-almene vandforsyningsanlæg	25 m	50 m*
* I bekendtgørelsen anført som "andre vandindvindingsanlæg", dvs. også anlæg uden krav til vandkvaliteten.			

Den væsentligste risikofaktor for jordvarmeanlæg i forhold til olietanke er den store opløselighed og hurtige transport af frostsikringsmidlerne. Det er derfor rimeligt at opretholde et krav om alarm og stop af anlægget ved trykfald, så det bliver muligt at handle hurtigt ved eventuelle udslip.

Det årlige eftersyn giver den nødvendige sikkerhed for, at eventuelle udslip bliver opdaget ved anlæg, hvor sikkerhedsanordningen ved en fejl er ude af funktion, og ved anlæg som ikke er i drift.

### 3.5.3 Konklusioner

På baggrund af de ovenstående afsnit opsamles i det følgende konklusionerne i forhold til de væsentlige faktorer, som blev opstillet i afsnit 3.1:

- Risiko for uheld, hvor væsken slipper ud af anlægget
- Konsekvenser ved uheld
- Eksisterende og tidligere regler
- Afstandskrav for andre, sammenlignelige anlæg

Risikoen for uheld, som fører til spildevand af frostvæske, er generelt meget lille. Der er ikke fundet dokumenterede eksempler på uheld, men på anekdoteni-  
veau kan det konkluderes, at overgravning formentlig er den væsentligste risi-  
ko. Derudover har anekdoterne understreget behovet for tæthedsprøvning  
med rent vand i forbindelse med etableringen.

Konsekvenserne ved spild afhænger dels af spildets størrelse, dels af stofspektrale og stedspecifikke faktorer, som generelt er dårligt bestemt. På baggrund af tidligere og nye beregninger vurderes det, at den forurening, som vil ske ved de mest sandsynlige uheld, vil være så lille, at risikoen for at forurene vandforsyningsboringer i større afstand end 50 meter er minimal. I denne sammenhæng er i øvrigt anvendt et formodet grundvandskvalitetskriterium på 10 µg/l, hvorimod den sundhedsmæssigt acceptable koncentration ligger 150-7.500 gange højere.

Eksisterende og tidligere afstandskrav er fastsat på baggrund af en antagelse om, at hele anlæggets indhold løber ud og forurener grundvandet ved eventuelle utætheder. Reglerne er desuden fastsat på et tidspunkt, hvor der ikke var væsentlige erfaringer med driften af jordvarmeanlæg, herunder erfaring med om anlæggene med tiden ville blive utætte.

Ved sammenligning med afstandskrav for andre, sammenlignelige anlæg er der fundet et misforhold i forhold til andre anlæg, som antages at være tætte. Afstandskravenes primære funktion er at sikre, at der er tid til at opdage og afværge en forurening, inden den spreder sig til grundvandsmagasinet og eventuelle nærliggende indvindingsboringer til vandforsyningsformål. Specielt sammenligningen med olietanke er vigtig, da et jordvarmeanlæg i mange tilfælde vil erstatte en olietank.

#### *Varmeslanger i jord*

For horisontale (terrænnære) jordvarmeanlæg anses risikoen for forurening af jord og grundvand for at være meget lille, og afstanden til vandforsyningsanlæg har primært til formål at sikre, at afværgeforanstaltninger kan iværksættes inden forureningen når frem til en indvindingsboring. Der ses ikke nogen grund til at fastsætte strengere afstandskrav for jordvarmeanlæg end for olietanke – specielt vil en situation, hvor afstandskravet tillader etablering af en olietank, men ikke et jordvarmeanlæg, være uforståelig for ansøgeren.

Arbejdsgruppen anbefaler derfor et afstandskrav på 50 meter i forhold til vandforsyningsboringer med krav om drikkevandskvalitet.

Kommunen kan dog give tilladelse til, at jordvarmeanlæg etableres med ned til 5 meters afstand til samme grundejers vandindvindingsanlæg, hvis det kun forsyner samme husstand. Det kræver dog, at slangerne lægges i såkaldte bøsningrør inden for 50 meters afstand af indvindingsanlægget.

Bøsningrøret er et beskyttelsesrør uden om slangen, som i øvrigt også virker isolerende, så der ikke sker nogen varmeoptagelse af betydning på denne strækning. Der bør desuden stilles krav om, at bøsningrøret har et fald, så et eventuelt udslip vil blive udledt mindst 50 meter fra indvindingsboringen.

#### *Jordvarmeboringer*

For jordvarmeboringer anses forureningsrisikoen for at være meget lille, og forudsat at alle krav til boring og jordvarmeanlæg opfyldes, er risikoen for utætheder tæt på nul. Der er dog meget begrænset erfaring med denne type anlæg, og hvis der forekommer utætheder, er der risiko for udslip af forurening direkte i grundvandsmagasinet, uden den forsinkelse, som nedsivning gennem de øvre jordlag vil give. Der er desuden risiko for skorstenseffekt, selvom den jf. ovenstående er lille. Det foreslås derfor, at der fastsættes et afstandskrav på 300 meter til alle vandforsyningsboringer i en periode på f.eks.

5 år. Herefter kan en evaluering af erfaringerne eventuelt give anledning til reduktion af afstandskravet.

Arbejdsgruppen anbefaler, at der kan fastsættes afstandskrav på mere end 300 meter ved udpegning af et boringsnært beskyttelsesområde, jf. Miljøstyrelsens vejledning /1/.

Miljøstyrelsen anbefaler dog, at jordvarmeboringer kan tillades indtil 50 meter fra eget vandindvindingsanlæg, hvis det ikke forsyner andre husstande.

#### *Direkte fordampning*

For anlæg med direkte fordampning er der ikke nogen risiko for forurening af grundvandet med de stoffer, som indgår i varmeoptagersystemet. Afstandskravet stilles derfor primært med henblik på ikke at beskadige vandforsyningsboringer, og det svarer derfor til sikringszonen omkring vandindvindingsanlæg. Derfor foreslås afstandskrav, der svarer til sikringszonen på henholdsvis 10 og 5 meter for henholdsvis almene og ikke-almene vandforsyningsanlæg, jf. normerne /11/ og /12/.

Anlæg med direkte fordampning i boringer indebærer dog ligesom andre boringer en risiko for at skabe kortslutning mellem terræn og grundvandsmagasin. Derfor fastsættes afstandskravet for disse anlæg svarende til andre boringer.

Samlet set anbefales de afstandskrav, som fremgår af Tabel 3.8. Afstandskravene gælder fra henholdsvis varmeslanger (horisontale anlæg) og jordvarmeboringer (vertikale anlæg) og til almene og ikke-almene vandforsyninger henholdsvis eget vandforsyningsanlæg. For indvindinger, hvor der ikke er krav om drikkevandskvalitet, foreslås samme afstandskrav som for eget vandforsyningsanlæg.

Tabel 3.8 Anbefalede afstandskrav til vandforsyningsanlæg

Anlægstype	Almene og ikke almene vandforsyningsanlæg	Eget vandforsyningsanlæg
Varmeslanger i jord (horisontale anlæg)	50 m	50 m <sup>1)</sup>
Jordvarmeboringer (vertikale anlæg)	300 m	50 m
Anlæg med direkte fordampning, terrænnær varmeoptager	10 m	5 m
Anlæg med direkte fordampning i boringer	300 m	50 m

1) Der kan dispenseres ned til 5 m fra indvindingsanlægget, når varmeslangerne lægges i bøsningrør med et fald, så et eventuelt udslip vil blive udledt mindst 50 meter fra indvindingsanlægget.

Der kan stilles større afstandskrav til vandforsyningsboringer, hvor dette er begrundet, jf. afsnit 3.3.7. Dette kan f.eks. ske med udgangspunkt i beregning af boringsnære beskyttelsesområder, jf. afsnit 3.3.6 og /1/.

## 4 anbefalinger

I dette afsnit samles rapportens anbefalinger til dels en ny bekendtgørelse, dels administration af den gældende bekendtgørelse fra 2006.

### 4.1 Ny bekendtgørelse

Det anbefales, at bekendtgørelsen om jordvarmeanlæg revideres med henblik på at de tekniske krav til jordvarmeanlæg bliver tidssvarende og praktisk administrerbare, herunder at der fastsættes nye afstandskrav i forhold til vandforsyningsanlæg, som harmonerer bedre med andre afstandskrav. I det følgende gives anbefalinger til indholdet af en revideret bekendtgørelse.

Det anbefales i øvrigt, at der foretages en erfaringsopsamling efter 5 år med henblik på eventuel justering af reglerne, specielt med hensyn til afstandskravene for jordvarmeboringer.

#### 4.1.1 Definitioner

Ved jordvarmeanlæg forstås varmeoptagesystemer med jord som varmekilde.

Ved varmeslanger i jord forstås horisontale jordvarmeanlæg, der er gravet ned til maksimalt 1,5 meters dybde, og hvor varmetransmissionsmediet er vand.

Ved jordvarmeboringer forstås alle vertikale jordvarmeanlæg, som er udført med boreudstyr, jf. bekendtgørelse om boringer på land.

Ved anlæg med direkte fordampning forstås anlæg, hvor varmetransmissionsmediet er et kølemiddel.

#### 4.1.2 Anlæggenes etablering og indretning

##### *Alle anlæg*

Alle anvendte materialer skal besidde tilstrækkelig styrke og holdbarhed til, at de kan modstå mekaniske påvirkninger, erosion samt kemisk og galvanisk korrosion.

Hvor der anvendes andre materialer end de nævnte, skal leverandøren fremlægge saglig og uafhængig dokumentation for materialernes egenskaber.

Varmeoptagesystemet skal være tæt og forsynet med

- 1) et trykovervågningssystem samt
- 2) en alarm og en sikkerhedsanordning, der i tilfælde af lækage i varmesystemet stopper anlægget.

Anlægget må ikke kunne genstarte automatisk.

##### *Jordvarmeanlæg med vand som transmissionsmedium*

Inden anlægget tages i brug, skal varmeoptagesystemet tæthedsprøves. Eventuelle samlinger skal være fritlagte under prøvningen. Dette gælder også ved

reparationer. Anmeldelse skal ske til kommunalbestyrelsen senest 3 dage før tæthedsprøvningen foretages.

Tæthedsprøvning af rørene skal foretages med rent vand efter følgende procedure:

Prøvetryk er 1,5 gange driftstrykket. Under prøven må ingen dele af slangerne være udsat for direkte sol.

1. Slangerne pumpes op til prøvetrykket, som herefter holdes. Slangerne luftes ud om nødvendigt.
2. Når trykket falder, pumpes rørene op til prøvetrykket igen. Dette gentages indtil prøvetrykket er konstant.
3. Efter 15 min. kontrolleres, om trykket er faldet.
4. Er dette tilfældet, skal lækage stedet findes og repareres, hvorefter der igen pumpes op til prøvetrykket.
5. Dette gentages, indtil trykket ikke er faldet efter 15 min. fra sidste op-pumpning.

Tæthedsprøvning skal altid ske med rent vand. Hvis tæthedsprøvningen sker med frostsikringsmiddel tilsat, vil utætheder føre til forurening af jord og grundvand. Hvis anlægget tæthedsprøves efter ibrugtagning, skal der forinden påfyldes rent vand.

#### *Varmeslanger i jord*

Jordslanger til jordvarmeanlæg bør være af typen PE40, SDR11 eller PE80, SDR 17. Slangerne skal være DS-godkendte og mærket med EN 13244.

Bøjningsradius i bøjninger skal være i overensstemmelse med fabrikantens forskrifter, dog mindst 15 gange slangernes ydre diameter (PE40) eller 25 gange slangernes ydre diameter (PE80).

Ved etablering af anlægget må samling af slangerne kun ske med inspektionsadgang i eller uden for en bygning. Samlinger skal ske mindst 0,5 meter over slangernes højeste niveau, og samlinger skal være trækfaste.

Samlinger af rør, som udføres i forbindelse med reparationer, skal udføres efter fabrikantens forskrifter, være trækfaste, af samme kvalitet som VA-godkendte samlinger<sup>5</sup>, men til anvendelse i PN6-slanger, og afmærket på en ledningsplan.

Jordslangekredsløbet skal være udformet som et lukket system med et hviletryk på mindst 150 kPa (absolut tryk).

#### *Jordvarmeboringer*

Boringer til jordvarmeanlæg kræver tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19 og skal leve op til kravene for A-boringer, jf. bekendtgørelse om boringer. Kravene i boringsbekendtgørelsens §§ 11-15 gælder ikke for jordvarmeboringer.

---

<sup>5</sup> Godkendelse til vandforsyningsanlæg, se [www.etadanmark.dk](http://www.etadanmark.dk)



Hvis der forekommer samlinger, svejsninger eller lignende af varmeslanger i boringsafslutningen, skal der etableres en inspektionsbrønd. Hvis boringen tildækkes, skal der opbevares en målfast plan over placering af boringer og slanger på stedet.

Plastslanger i jordvarmeboringer med vand som varmetransmissionsmedium skal være EN 13244 godkendte PE100RC SDR11. Samlinger skal trykprøves efter DS 455 inden ibrugtagning.

#### *Andre varmeoptagersystemer med vand som varmetransmissionsmedium*

Andre varmeoptagersystemer, f.eks. kompaktanlæg, kan tillades, hvis de udføres i tilsvarende materialer og med tilsvarende samlinger. Slanger og samlinger skal trykprøves efter DS 455 eller tilsvarende standard.

### **4.1.3 Indberetning af jordvarmeanlæg**

Senest 14 dage efter færdiggørelsen af et jordvarmeanlæg skal der sendes underretning til kommunalbestyrelsen om anlæggets færdiggørelse. Færdigmeldingen skal ledsages af

- en revideret, målsat plan over placeringen af anlæggets underjordiske dele, herunder slangernes placering i forhold til skel og bygninger
- dokumentation for tæthedsprøvning af anlægget.

Senest 14 dage efter sløjfningen af et jordvarmeanlæg skal der sendes underretning til kommunalbestyrelsen herom.

### **4.1.4 Frostsikringsmidler**

Som frostsikringsmiddel må anvendes følgende stoffer:

- Ethanol
- IPA-sprit (ethanol denatureret med 10% isopropanol)
- Ethylenglycol
- Propylenglycol

Kommunalbestyrelsen kan godkende anvendelsen af andre kemiske stoffer, hvis det kan dokumenteres, at disse er mindst lige så miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen. Leverandøren skal tilvejebringe saglig og uafhængig dokumentation for stoffernes nedbrydelighed i jord og grundvand, for stoffernes sundhedsmæssige forhold og for eventuelle effekter i miljøet.

Der kan eventuelt stilles krav om den samlede mængde kemikalier i den enkelte slange. Som nævnt tidligere, begrænses den samlede mængde kemikalier af praktiske forhold som pumpeenergi, men det kan ikke udelukkes, at der kan ske teknologisk udvikling, som ændrer disse forhold. I beregningerne er der anvendt op til 400 liter væske (brine) i et anlæg og forudsat op til 130 liter frostsikringsvæske.

### **4.1.5 Afstandskrav til vandforsyningsanlæg**

*Varmeslanger i jord* må ikke etableres nærmere end 50 meter fra et vandindvindingsanlæg med krav om drikkevandskvalitet. Ingen del af anlægget må ligge inden for denne afstand.

Hvis der er tale om eget vandindvindingsanlæg, som ikke forsyner andre husholdninger, kan afstandskravet nedsættes til 5 meter. Varmeslanger, som lægges i

en afstand på mindre end 50 meter fra et vandindvindingsanlæg med krav om drikkevandskvalitet, skal lægges i bøsningrør, med fald, så et eventuelt udslip sker mindst 50 meter fra indvindingsanlægget.

*Jordvarmeboringer* må ikke etableres nærmere end 300 meter fra et vandindvindingsanlæg med krav om drikkevandskvalitet, dog 50 meter fra eget indvindingsanlæg, hvis det ikke forsyner andre husstande.

Anlæg med direkte fordampning, som etableres i mindre end 5 meters dybde, kan tilladelse gives indtil 10 meters afstand fra indvindingsanlæg til almen vandforsyning og 5 meters afstand fra andre vandindvindingsanlæg med krav om drikkevandskvalitet.

Der kan stilles større afstandskrav i forhold til vandforsyningsboringer, hvor dette er begrundet.

Etablering af jordvarmeanlæg kan ikke tillades med mindre end 5 meters afstand til andre vandindvindingsboringer.

#### **4.1.6 Andre afstandskrav**

Hvis varmeslanger placeres mindre end 1,5 m fra bygninger og mindre end 1 m fra vand- og kloakrør, skal varmeslangerne isoleres med poretæt isolering. Hvis rørene føres igennem fundament, skal der anvendes bøsningrør.

Varmeslanger skal ligge mindst 0,6 m fra skel, med mindre særlig tilladelse fra naboen foreligger. Varmeslanger skal ligge med mindst 0,6 m jorddækning.

Afstanden imellem jordvarmeboringer skal være mindst 20 meter.

#### **4.1.7 Egenkontrol**

Det anbefales, at bestemmelserne i jordvarmebekendtgørelsens §§ 9-10 fastholdes.

**§ 9.** Et jordvarmeanlæg skal mindst én gang årligt på foranstaltning af anlæggets ejer efterses af en sagkyndig i jordvarmeanlæg efter kommunalbestyrelsens nærmere bestemmelser.

*Stk. 2.* Ejeren af anlægget skal i mindst ti år opbevare resultatet af kontrollen, som efter anmodning skal forevises kommunalbestyrelsen.

**§ 10.** Ejeren og brugeren af jordvarmeanlægget skal sikre, at anlægget er i en sådan vedligeholdelsesstand, at der ikke foreligger en åbenbar, nærliggende risiko for, at der kan ske forurening af jord og grundvand, herunder må der ikke være væsentlige synlige tærringer af rørsystemet.

*Stk. 2.* Hvis ejeren eller brugeren konstaterer eller får begrundet mistanke om, at anlægget er utæt, skal kommunalbestyrelsen straks underrettes. Desuden skal ejeren eller brugeren straks træffe foranstaltninger, der kan bringe en eventuel udstrømning til ophør, f.eks. ved tømning af anlægget.

#### **4.1.8 Sløjfning**

Ved ophør af anvendelse af anlægget skal frostsikringsvæske aftappes og bortskaffes efter kommunalbestyrelsens anvisning.

## 4.2 Administration af den gældende bekendtgørelse

Nogle af bestemmelserne i den eksisterende bekendtgørelse har givet anledning til usikkerheder i kommunernes administration. I dette afsnit gives anbefalinger til, hvordan disse bestemmelser kan administreres indtil videre.

Derudover henvises til afsnit 5 om kommunernes sagsbehandling og de tilhørende bilag.

### 4.2.1 Tilladelse til boringer

Der har været usikkerhed om, hvorvidt jordvarmeboringer efter den gældende bekendtgørelse skal opfattes som A- eller B-boringer i henhold til boringsbekendtgørelsen, og i den forbindelse særligt, om udførelse af boringerne kræver tilladelse.

Med de gældende regler for boringer og jordvarmeanlæg opfattes jordvarmeboringer som kategori B-boringer. B-boringer kan udføres uden tilladelse, blot efter anmeldelse. Der er dog samme tekniske krav som til A-boringer med hensyn til tætning af jordlag og anvendelse af materialer.

Kommunalbestyrelsen kan gøre indsigelse imod udførelse af en anmeldt B-boring inden for en 14 dages frist, f.eks. hvis der ikke er givet tilladelse til selve jordvarmeanlægget, eller hvis boringen ikke opfylder de krav, kommunen vil stille i denne tilladelse.

### 4.2.2 Undergrundsloven

Der har været usikkerhed om, hvilke tilladelser der skal gives efter undergrundsloven, jf. § 3:

**§ 3.** Bekendtgørelsen finder ikke anvendelse på anlæg, der etableres efter reglerne i lov om anvendelse af Danmarks undergrund.

Energistyrelsen har tilkendegivet, at når der er tale om boringer, som er mere end 250 meter dybe, skal der rettes henvendelse til Energistyrelsen for at afklare, om tilladelse skal gives efter Undergrundsloven.

### 4.2.3 Dokumentation for anvendte stoffer

Der er stillet spørgsmål om, hvilken dokumentation, der skal tilvejebringes for at dokumentere, at andre stoffer er "lige så miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen, jf. § 6, stk. 4:

**§ 6.** Som varmetransmissionsmedium skal anvendes vand eller godkendt kølemiddel.  
(...)  
*Stk. 4.* Kommunalbestyrelsen kan godkende anvendelsen af andre kemiske stoffer, hvis det kan dokumenteres, at disse er mindst lige så miljøvenlige i relation til grundvandsbeskyttelsen.

Når der ansøges om anvendelse af andre stoffer end de tilladte, anbefales det, at der stilles krav om saglig og uafhængig dokumentation for,

- at stofferne er lige så nedbrydelige i jord og grundvand som de tilladte, at der ikke dannes sundhedsskadelige eller tungt nedbrydelige mellemprodukter, hverken under aerobe eller anaerobe forhold, og

- at stofferne ikke er mere toksiske for mennesker og miljø end de allerede tilladte.

#### 4.2.4 Sagkyndig i jordvarmeanlæg

Der er stillet spørgsmål om, hvad der skal forstås ved en sagkyndig i jordvarmeanlæg, jf. § 9:

§ 9. Et jordvarmeanlæg skal mindst én gang årligt på foranstaltning af anlæggets ejer efterses af en sagkyndig i jordvarmeanlæg efter kommunalbestyrelsens nærmere bestemmelser.

En sagkyndig i jordvarmeanlæg kan være fabrikantens eller leverandørens godkendte installatør eller en autoriseret VVS-installatør eller kølemontør, som har dokumenteret efteruddannelse i varmepumpeanlæg, som kan være VPO-uddannelsen eller tilsvarende.

#### 4.2.5 Hydrogeologiske forhold

I § 8 gives der mulighed for at nedsætte afstandskravene, hvis de hydrogeologiske forhold sandsynliggør, at der ikke er øget risiko for forurening af vandindvindingsanlæg. Der er stillet spørgsmål om, hvad kommunalbestyrelsens vurdering skal omfatte.

§ 8 Der må ikke gives tilladelse til etablering af et jordvarmeanlæg nærmere end 300 meter fra et alment vandindvindingsanlæg og 50 meter fra andre vandindvindingsanlæg. Stk. 2. Afstandskravene kan nedsættes, hvis de hydrogeologiske forhold sandsynliggør, at der ikke er øget risiko for forurening af vandindvindingsanlæg.

Indledningsvis skal det bemærkes, at vurderingen af de hydrogeologiske forhold *ikke* kan omfatte valget af anvendte kemiske stoffer eller forhold vedrørende anlæggets indretning. Disse forhold kan derfor ikke efter den gældende bekendtgørelse anvendes som grundlag for at nedsætte afstandskravene.

Det forhold, at der er tale om et vandindvindingsanlæg uden krav om drikkevandskvalitet, kan heller ikke indgå i vurderingen af de hydrogeologiske forhold.

En vurdering af hydrogeologiske forhold kan i praksis omfatte følgende:

- Tykkelse af den umættede zone

En tyk umættet zone vil alt andet lige forøge nedbrydningen af frostsikringsmidlerne, hvis de slipper ud af varmeslangerne. Det skønnes, at hvis den umættede zone er mindst 10 meter tyk, vil der ske en betydelig nedbrydning, som kan begrunde nedsættelse af afstandskravet, når der er tale om varmeslanger i jord.

- Tykkelse af (reducerede) lerdæklag over grundvandsmagasinet

Tyke lag af (reduceret) ler vil alt andet lige reducere og forsinke transporten af frostsikringsmidlerne mod grundvandet, hvis de slipper ud af varmeslangerne. Det skønnes, at hvis der er mindst 15 meter ler (eller 10 meter reduceret ler), vil der ske en betydelig forsinkelse, som kan begrunde nedsættelse af afstandskravet, når der er tale om varmeslanger i jord.

- Infiltration/grundvandsdannelse

I områder med stor grundvandsdannelse er både fortynding og transportstighed generelt større. Generelt er grundvandsdannelsen størst på sandede jorde, men nedbørsforhold og grundvandets trykniveau har også afgørende indflydelse. En overordnet beregning af grundvandsdannelsen i forskellige dele af landet findes i /20/. I praksis vil det som regel være vanskeligt at inddrage infiltrationen i den hydrogeologiske vurdering i forhold til jordvarmeanlæg.

- Grundvandets strømningshastighed og -retning

Hvis jordvarmeanlægget ligger nedstrøms vandindvindingsanlægget, vil der være mindre risiko for forurening af vandindvindingsanlægget. Det bør indgå i vurderingen, om jordvarmeanlægget etableres nedstrøms stagnationspunktet, jf. de beregningsmetoder der er beskrevet i /1/.

Det anbefales, at afstandskravene ikke lempes udover hvad der er anbefalet i ovenstående forslag til ny bekendtgørelse, jf. afsnit 4.1.

# 5 Kommunernes sagsbehandling

## 5.1 Indledning

Sagsbehandlingen i kommunen har til formål at sikre, at de generelle krav til jordvarmeanlæg overholdes. Det er således kombinationen af de generelle regler, kommunens sagsbehandling og kommunens tilsyn med anlæggene, som samlet sikrer beskyttelsen af jord og grundvand.

Dette afsnit skal tjene til inspiration til sagsbehandlingen i kommunerne, når en ansøgning om jordvarmeanlæg skal behandles. Som støtte til sagsbehandlingen er der i bilagene til rapporten vedlagt følgende:

- ansøgningskemaer
- færdigmeldingsskema
- skema til årligt eftersyn
- skema til sløjfning
- paradigmer for tilladelser
- forslag til hjemmeside om jordvarmeanlæg
- tjekliste til sagsbehandlingen

Materialet kan hentes i i Word-format på Miljøstyrelsens hjemmeside, så kommunerne har mulighed for at tilpasse layout mv. til kommunens eget brug.

Det skal understreges, at teksten i dette afsnit og de tilhørende bilag skal anvendes sammen med den eksisterende bekendtgørelse, jf. nedenfor. Hvis bekendtgørelsen ændres, vil det give anledning til ændringer af materialet.

## 5.2 Ansøgning og tilladelse

### 5.2.1 Tilladelse

Det kræver tilladelse at etablere et jordvarmeanlæg. Tilladelsen skal gives efter bekendtgørelse om jordvarmeanlæg (bek. nr. 1203 af 20.11.2006). Bekendtgørelsen har hjemmel i miljøbeskyttelseslovens § 19. Det er kommunen, der skal give tilladelse eller eventuelt afslag.

Vær opmærksom på, at tilladelser efter miljøbeskyttelseslovens § 19 til enhver tid kan ændres eller tilbagekaldes af kommunen uden erstatning ved risiko for forurening af vandforsyningsanlæg eller ved risiko for miljøbeskyttelsen i øvrigt, jævnfør § 20 i miljøbeskyttelsesloven.

### 5.2.2 Ansøgningskema

Det er vigtigt, at ansøgeren her let adgang til ansøgningskema. Det kan anbefales, at ansøgningskemaet lægges på kommunens hjemmeside. Forslag til tekst til hjemmesiden er vedlagt i bilag 4.

Forslag til ansøgningskema for henholdsvis varmeslanger og jordvarmeboringer er vedlagt i bilag 2.

### 5.3 Sagsbehandling

Der er en række forhold, det er vigtigt at være opmærksom på i forbindelse med sagsbehandling. I det følgende vil en række af de forhold blive beskrevet.

#### 5.3.1 Kvittering for modtagelse

Det er god forvaltningsskik at kvittere for modtagelsen af ansøgningen inden 14 dage. Oplys om forventet sagsbehandlingstid, eksempelvis 4 uger. Undersøg i den forbindelse om ansøgningsmaterialet er fyldestgørende. Mangler der oplysninger, kan disse efterspørges i kvitteringsbrevet.

Det kan anbefales, at følgende forhold undersøges inden kvitteringsbrevet skrives:

- Undersøg om der er en fuldmagt fra grundejer. Der er eksempler på, at ansøgninger bliver sendt til kommunerne, før grundejer endeligt har besluttet sig for at etablere et jordvarmeanlæg. Hvis der ikke foreligger en fuldmagt, returneres ansøgningen med anmodning om underskrift eller fuldmagt fra grundejer.
- Vær opmærksom på, at der kan være forskel på ansøgers adresse og på den adresse, hvor anlægget skal placeres. Det er ofte tilfældet, hvis jordvarmeanlægget etableres i forbindelse med et fritidshus, eller hvis jordvarmeslangerne ønskes gravet ned på anden grund. Hvis varmeoptageren (jordslanger eller boring) ønskes gravet ned på anden persons ejendom, skal der være en samtykkeerklæring fra pågældende grundejer. Den videre sagsbehandling skal naturligvis ske med udgangspunkt i adressen, hvor anlægget og jordvarmeslangerne eller boringen etableres.
- Er der en beskrivelse af anlægget? Her tænkes på frostsikringsvæske, mængder og dimensioner for jordslangerne.
- Er der en foreløbig skitse med placering af jordvarmeslangerne (hhv. boringen)? Det er vigtigt, at kende den planlagte placering af anlægget, da der kan være forskellige forhold på matriklen, der gør, at det er vigtigt at kende placeringen af slangerne, eksempelvis afstand til nærliggende vandløb, sø, drænrør, kloak, vandedning m.m.
- Undersøg om den ansøgte frostsikringsvæske er godkendt. Hvis det ikke er tilfældet, skal det naturligvis oplyses i brevet.

#### 5.3.2 Vurdering af sagen

Der er mange forhold, der skal vurderes og undersøges i forbindelse med behandling af ansøgningen. Det kan anbefales, at lave en tjekliste for at sikre, at alle relevante forhold er vurderet og undersøgt. I bilag 4.2 er vedlagt et eksempel på tjekliste.

Sagsbehandlingen vil være forskellig i de enkelte kommuner på grund af forskel i organisering i de tekniske forvaltninger.

- Undersøg om der er en sag af relevans for jordvarme på grunden – f.eks. jordforurening.
- Undersøg afstand til almene vandindvindingsanlæg og andre vandindvindingsanlæg på grund af afstandskrav til disse, jf. bekendtgørelsen. Kommunen har oplysninger om vandværkerne, men hvis kommunen ikke er i besiddelse af oplysninger om boringernes placering, kan man søge oplysninger i GEUS – boringsdatabase JUPITER (<http://www.geus.dk/jupiter/index-dk.htm>). Man skal dog være opmærksom på, at oplysninger i JUPITER, specielt boringernes placering, ikke nødvendigvis er præcise. Derudover er private brønde som regel ikke registreret i Jupiter. I tvivlstilfælde kan det være nødvendigt at spørge vandværket, hvilke boringer der anvendes, og at få præciseret placeringen af dem, evt. ved besigtigelse.  
Hvis en ansøger ikke opfylder bekendtgørelsens krav om afstand til boringer, skal der tages stilling til, om afstandskravet kan nedsættes, jf. bekendtgørelsens § 8, stk. 2 (se afsnit 4.2).
- Tjek om det ansøgte frostsikringsmiddel er godkendt - se § 6 stk. 2 i jordvarmebekendtgørelsen og vurderer om den anvendte mængde virker forholdsmæssigt korrekt (tommelfingerreglen er p.t. 25 -30 % frostvæske af den samlede mængde væske). Ifølge § 6, stk. 4 kan kommunalbestyrelsen godkende anvendelse af andre kemiske stoffer. Et anvendt alternativ er rent ethanol (rent sprit). Vær opmærksom på, at SKAT har særlige regler for anvendelse af rent ethanol.
- Undersøg om der er deklARATIONER på matriklen, som kan have betydning for et jordvarmeanlæg. Eksempelvis deklARATION af areal til hovedvandforsyning. Det er ikke hensigtsmæssigt, at jordvarmeslangerne nedgraves ovenpå hovedvandedning, da reovering af hovedvandedningen normalt vil betyde, at denne graves op. Det anbefales, at jordvarmeanlægget etableres uden for områder, der er omfattet af deklARATION. Overskrift på deklARATIONERNE kan findes på [www.domstol.dk](http://www.domstol.dk) – ”det centrale tinglysningssystem”. Det kræver brugernavn og passwords at komme videre, men oftest findes der allerede en bruger i kommunen, som man kan kontakte.
- Tjek lokalplan eller varmeplan for at undersøge om der er tilslutningspligt til andre opvarmningsformer i lokalplanområdet f.eks. naturgas eller fjernvarme. I nogle kommuner gives der dispensation fra tilslutningspligten ved anvendelse af alternative energi som eksempelvis jordvarme.
- Husk også at tjekke følgende evt. på <http://www.miljoportal.dk/Arealinformation>
  - Fredninger
  - Fortidsminder (se boks nedenfor)
  - Natura 2000 – kontakt kommunens naturgruppe for evt. afstandskrav.
  - Naturbeskyttelse: § 3 områder – generelt ingen afstandskrav, men hør kommunens naturgruppe (se boks nedenfor)
  - Jordforurening V1 eller V2

Hvis der er nogen af de ovenfor nævnte forhold, skal de relevante afdelinger høres, inden der meddeles tilladelse til etablering af jordvarmeanlæg. Det kan enten være afdelinger for Byplan, Park eller Natur. For fortidsminder gælder ydermere en beskyttelseszone på 100 m fra fortidsmindets ydergrænse – se



boks. Hvis grunden er kortlagt som forurennet, kræves tilladelse til etablering efter § 8 i Jordforureningsloven.

#### **Fortidsminder**

De fleste fortidsminder, som er synlige i terrænet, er automatisk beskyttede efter museumsloven. For at sikre at fortidsmindet vedbliver at være synligt i terrænet, er der en beskyttelseszone på 100 meter fra fortidsmindets ydergrænse. Indenfor beskyttelseszonen er det ikke tilladt at foretage ændringer i tilstanden. Der må således blandt andet ikke placeres bebyggelse såsom bygninger, skure, campingvogne og master. Der må heller ikke foretages ændringer i terrænet, beplantning eller hegning.

For at hindre at fortidsminderne beskadiges ved dyrkning af de omgivende arealer, er der efter museumsloven fastlagt en dyrkningsfri bræmme på 2 meter rundt om fortidsmindet. Det vil sige, at der på fortidsmindet og inden for en afstand af 2 m ikke må foretages jordbehandling, bygges, tilplantes eller bruges metaldetektorer. Museumsloven hører under Kulturarvsstyrelsen.

På arealet udenfor 2 meter bræmmen er landbrugsmæssig drift tilladt. Tilplantning med juletræer, frugttræer og lignende er dog ikke tilladt.

På jordbrugsejendomme kan der ske sædvanlig hegning. Skovarealer kan gentilplantes. Beplantning i eksisterende haver er ikke omfattet af forbudet.

Kommunen træffer afgørelse om dispensation fra 100m beskyttelseslinien; der meddeles kun undtagelsesvist dispensation.

Selv om der ikke er fredede fortidsminder på stedet, kan der gemme sig fortidsminder under jordoverfladen. Inden anlæggelse af jordvarmeanlæg i områder, hvor der ikke tidligere har været gravet, kan det derfor være en god idé at kontakte det lokale arkæologiske museum.

#### **Vand- og naturområder**

I forhold til overfladevandområder vil jordvarmeanlæg som regel ikke udgøre nogen risiko. Frostsikringsmidlerne er let nedbrydelige under aerobe forhold, og ved udslip til et vandområde vil der ske en hurtig fortynding, som medfører, at stoffet hurtigt nedbrydes. Dette er i øvrigt baggrunden for, at de samme stoffer tillades i søvarmeanlæg, hvor varmeslangerne placeres direkte i en sø. I og nær særligt følsomme naturområder kan der dog være grund til ekstra forsigtighed, hvilket i specielle tilfælde kan være årsag til at der fastsættes afstandskrav til vand- og naturområder.

### **5.3.3 Godt at præcisere i tilladelsen**

- At tæthedsprøvning skal foretages med rent vand.
- Hvis jordvarmeanlæggets varmeoptagersystem etableres på andres ejendom, bør placeringen af jordvarmeslangerne tinglyses, og plantegningerne for jordvarmeanlægget også vedlægges denne ejendoms byggesag.
- At anlægget skal efterses en gang om året af en sagkyndig.
- Hvis anlægget tages varigt ud af brug, skal det meddeles til kommunen inden 4 uger.
- At der stilles vilkår om at anlægget skal sløjfes ved varig ophør, herunder at slangerne/boringen tømmes for væske, og at væsken behandles som farligt affald.
- Ved sløjfning skal varmepumpens indhold af drivhusgasser aftappes af sagkyndig og behandles som farligt affald.
- Det er ejerens ansvar, at anlægget er tæt. Ved begrundet mistanke om, at anlægget er utæt, skal kommunalbestyrelsen straks underrettes, og der skal

straks træffes foranstaltninger, der kan bringe en eventuel udstrømning til ophør, f.eks. ved tømning af anlægget.

#### **5.3.4 Specielt for varmeslanger (horisontale anlæg)**

##### *Tilladelsen*

- Hvis anlægget opdeles i flere strenge, skal samlingspunktet i samlebrønden ligge mindst ½ meter over jordslangernes højeste punkt.

Anbefal grundejer at slangeplanen/tegninger opbevares lettilgængeligt, f.eks. ved varmepumpen, til brug ved gravearbejde på grunden.

Forslag til tilladelse for varmeslanger i jord er vedlagt i bilag 3.

#### **5.3.5 Specielt for jordvarmeboringer (vertikale anlæg)**

##### *Sagsbehandlingen*

Kontroller at den brøndborer, der skal udføre borearbejdet, har bevis, jf. bekendtgørelsen om uddannelse. Listen over firmaer med bevis findes på GEUS' hjemmeside [http://www.geus.dk/departments/geol-info-data-centre/borefirm\\_a\\_bevis-dk.htm](http://www.geus.dk/departments/geol-info-data-centre/borefirm_a_bevis-dk.htm). Brøndboreren bør have tilstrækkelig viden om geologi og grundvandsforhold til at bedømme, om grundvandsstrømningen er tilstrækkelig til at anlægget kan fungere.

Tjek at anlægget er dimensioneret, så der ikke risikeres frost i tørbrønden. Det kan f.eks. ske ved, at anlægget dimensioneres med en indløbstemperatur på mindst 2 °C til varmepumpen.

##### *Tilladelsen*

Tilladelsen skal indeholde vilkår for selve boringen. Relevante vilkår kan f.eks. være:

- Borearbejdets formål.
- Udførelse og indretning af boring og overbygning, herunder tætning og anvendte materialer.
- Underretning af kommunalbestyrelsen om tidspunkt for udbygning og tætning.
- Koordinat- og kotesætning af boringen.
- Indberetning til GEUS, jf. kapitel 5 i boringsbekendtgørelsen.
- Mærkning af boringen til identifikation
- Hvornår og hvordan boringen skal sløjfes.

Der bør desuden stilles krav om, at der vedlægges dokumentation for korrekt tætning og forbrug af tætnende materialer sammen med færdigmeldingskemaet.

#### **5.3.6 Høring**

Der er ikke krav om høring i Miljøbeskyttelsesloven, men høring kan komme på tale jf. § 19 i Forvaltningsloven.

#### **5.3.7 Klagevejledning**

Der skal være klagevejledning, uanset om der gives tilladelse eller afslag. Klagefristen er 4 uger.

## Klageberettigede

- De klageberettigede, når der gives en tilladelse hjemmel i § 19 i Miljøbeskyttelsesloven, fremgår af lovens § 100.

**§ 100.** Lokale foreninger og organisationer, der har beskyttelse af natur og miljø som hovedformål, kan påklage afgørelser, som foreningen eller organisationen har ønsket underretning om, jf. [§ 76](#), stk. 1. Lokale foreninger og organisationer, der efter deres formål varetager væsentlige rekreative interesser, kan påklage afgørelser, som foreningen eller organisationen har ønsket underretning om, jf. [§ 76](#), stk. 1, når afgørelsen berører sådanne interesser og klagen har til formål at varetage natur- og miljøbeskyttelse.

*Stk. 2.* Landsdækkende foreninger og organisationer, der efter deres vedtægter har beskyttelse af natur og miljø som hovedformål, kan påklage afgørelser efter bestemmelserne i [kapitel 3, 4 og 5](#).

*Stk. 3.* Landsdækkende foreninger og organisationer, der efter deres vedtægter har til formål at varetage væsentlige rekreative interesser, kan påklage afgørelser efter bestemmelserne i [kapitel 3, 4 og 5](#), når afgørelsen berører sådanne interesser og klagen har til formål at varetage natur- og miljøbeskyttelse.

*Stk. 4.* Lokale afdelinger af landsdækkende foreninger eller organisationer er ikke omfattet af bestemmelsen i stk. 1-3.

De klageberettigede vil normalt være:

- Danmarks Naturfredningsforening, dn@dn.dk
- Sundhedsstyrelse (normalt den lokale embedslægeinstitution)
- Eventuelle lokale foreninger, som er klageberettigede
- Vandværket, hvis anlægget ligger i et indvindingsopland
- Nabokommune, f.eks. hvis afstandskrav går ud over kommunegrænse
- Naboer, hvis de har væsentlig individuel interesse i sagen

Tilladelsen kan evt. lægges på kommunens hjemmeside mens klagefristen løber.

Tilladelsen er gyldig straks efter modtagelsen. Ved klage kan Miljøklagenævnet dog bestemme, at klagen har opsættende virkning. Hvis tilladelsen udnyttes inden klagefristens udløb, er det på egen regning og risiko, idet tilladelsen kan påklages og eventuelt blive ophævet eller ændret i en klagesag.

### 5.3.8 Når tilladelsen er givet og jordvarmeanlægget færdigmeldt

- Hvis jordvarmeanlægget erstatter en olietank, så husk at medsende retningslinjer for sløjfning af olietanke samt sløjfningskema til olietanke.
- Når færdigmelding modtages, skal jordvarmeanlægget registreres i BBR. Når BBR er rettet anbefales det at sende et opdateret BBR-skema til grundejer. Grundejeren skal muligvis bruge det opdaterede BBR-skema til brug for eventuel refusion af el-udgifter.
- Det kan anbefales at lægge en kopi af den målfaste slangeplan i byggesagen.
- Når færdigmelding modtages, anbefales det at anlægget registreres i kommunens GIS-system.
- Det kan være relevant at tinglyse placering af jordvarmeslangerne, eksempelvis hvis placeringen sker på fremmed ejendom.

### 5.3.9 Genetablering

Dette betragtes som en ny ansøgning.

### 5.3.10 Sløjfning

I forbindelse med sløjfning af anlæg kan man benytte sløjfningsblanket/skema og gøre grundejer opmærksom på, at tilladelse til jordvarmeanlægget bortfalder. Forslag til sløjfnings-skema er vedlagt i bilag 2.

## 5.4 Forholdsregler ved uheld

Sker der et uheld i form af overgravning eller anden utæthed ved et jordvarmeanlæg, er det vigtigt at der handles hurtigt. Da stofferne transporteres let i jord og grundvand, er det vigtigt at de fjernes hurtigst muligt.

Ejeren af jordvarmeanlægget skal sørge for at stoppe uheldet/spildet, f.eks. ved at kontakte en entreprenør eller lignende. Kommunen skal straks underrettes om uheldet/spildet. Kommunens beredskab kan inddrages. Tegninger over anlægget og oplysninger om mængde og type af væske bør være tilgængelige for beredskabet, jf. afsnit 2.6.

Er der tale om overgravning, er brudstedet kendt, og slangen kan umiddelbart tømmes ved brudstedet.

Er der tale om f.eks. en revne, kan det være nødvendigt at foretage lækagesporing, svarende til de metoder der anvendes for vandforsyningsledninger. Ved større lækager er det vigtigt, at frostvæsken erstattes med rent vand, inden lækagesporing sættes i gang.

I jordvarmeboringer er lækagesporing ikke relevant, og det vil normalt være nødvendigt at tømme slangerne og sløjfe anlægget.

Når umiddelbare afværgeforanstaltninger er overstået, skal der foretages en risikovurdering i forhold til vandforsyningsanlæg. Viser risikovurderingen, at der er risiko for forurening af vandforsyningsanlæg, skal der fastsættes et analyseprogram for nedstrøms indvindingsboringer.

## 5.5 Til syn

Kommunen fører tilsyn med jordvarmeanlæg. Tilsyn kan f.eks. omfatte

- Kontrol af nyetablerede anlæg, specielt med hensyn til trykovervågning (niveauvagt/miljøpressostat)
- Undersøgelse af, om jordvarmeanlæg stadig er i drift.
- Kontrol af dokumentation for, at årlige eftersyn er udført samt resultaterne af disse.
- Evt. kontrol af andre vilkår i tilladelsen.
- Kontrol af, om ophørte anlæg er tømt og evt. sløjfet forsvarligt.

## 5.6 Godt at vide

Et almindeligt jordvarmeanlæg er for lille et anlæg til at det er omfattet af krav om en VVM-vurdering, jf. bekendtgørelse nr. 1335 af 06. december 2006 om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning. Hvis der er tale om ualmindelig store jordvarmeanlæg, f.eks. hvis der forsynes mindst 10 boliger, bør anlægget formentlig VVM-screenes, jf. VVM-bekendtgørelsens § 2 og bilag 2.

Tilladelse til jordvarmeanlæg skal ikke sagsbehandles i Byggesagsafdelingen, da jordvarmeanlæg ikke falder ind under Småhusreglementet, (Småhusreglementet bruges ved bygningsudvidelser). Der skal derfor ikke gives tilladelse til at gennembryde husfundamentet i forbindelse med at koble jordslangerne til anlægget inde i huset.

Hvis der ansøges om jordvarmeanlæg med borer, som er dybere end 250 m, skal Energistyrelsen kontaktes med henblik på at afklare, om tilladelse skal gives efter Undergrundsloven.

Hvis det drejer sig om et anlæg, hvor væsken i jordslangerne er erstattet med drivhusgasser, skal ansøgningen yderligere behandles efter bekendtgørelse om drivhusgasser, som skal regulere den anvendte mængde af HFC'er – max. tilladte mængde er 10 kg.

Der er ikke krav om offentliggørelse af tilladelse til etablering af jordvarmeanlæg.

## 6 Referencer

- /1/ Boringsnære beskyttelsesområder – BNBO. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2007.
- /2/ VDI 4660 I Termische Nutzung des Untergrundes. Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. VDI 4640, blatt 1. Verein Deutscher Ingenieure, December 2000.
- /3/ VDI 4660 II Termische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpeanlagen. VDI 4640, blatt 2. Verein Deutscher Ingenieure, September 2001.
- /4/ [www.ghe.dk](http://www.ghe.dk) samt brochure fra Geo Heat Ex.
- /5/ **Metals Handbook 9th Edition (1987), Volume 13, Corrosion, udgivet af American Society for Metals.**
- /6/ **DS 411. Norm for betonkonstruktioner.**
- /7/ DS/EN ISO 12944-2 Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner med maling - Del 2: Klassifikation af korrosionskategorier.
- /8/ DS 419:2001 Norm for aluminiumskonstruktioner.
- /9/ [www.varmepumpeinfo.dk](http://www.varmepumpeinfo.dk)
- /10/ Kemikalier i jordvarmeanlæg. Risiko for grundvandsforurening. Energiministeriets varmepumpeforskningsprogram. Rapport nr. 34. Miljøstyrelsen, april 1986.
- /11/ Dansk Ingeniørforenings Norm for ikke-almene vandforsyningsanlæg. 2. udgave december 1988. Dansk Standard DS 441.
- /12/ Dansk Ingeniørforenings Norm for almene vandforsyningsanlæg. 2. udgave december 1988. Dansk Standard DS 442.
- /13/ Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer, [www.mst.dk](http://www.mst.dk)
- /14/ <http://toxnet.nlm.nih.gov/> HSDB Ref.: HSDB\*\*\* (Hazardous Substances Data Bank): <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~AiFGby:1>. Lokaliseret januar 2008.
- /15/ Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut. Personlig meddelelse, 21. januar 2008.
- /16/ Søren T. Larsen, IVT Naturvarme. Personlig meddelelse, 11. februar 2008.
- /17/ H.C. Aagaard, HC VP KØL ApS. Personlig meddelelse, 13. februar 2008.
- /18/ Klotzbücher et al. 2007. Biodegradability and groundwater pollutant potential of organic anti-freeze liquids used in borehole heat exchangers. *Geothermics* 36, p. 348-361.
- /19/ Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2000 om zonerings.
- /20/ Ferskvandets kredsløb. NOVANA rapport 2003. GEUS.
- /21/ Susanne Rasmussen, By- og Landskabsstyrelsen. Personlig meddelelse 29. januar 2008.
- /22/ <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0319.htm>, lokaliseret 11. marts 2008.
- /23/ Per Loll & Claus Larsen Dansk Miljørådgivning A/S ; Kaj Henriksen Aalborg Universitet. Rensning af MTBE-forurenet grundvand vha. propanoxiderende mikroorganismer. Miljøprojekt nr. 1173, 2007. Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.
- /24/ [http://www.arb.ca.gov/db/solvents/solvent\\_pages/Propellants-HTML/propene.htm](http://www.arb.ca.gov/db/solvents/solvent_pages/Propellants-HTML/propene.htm), lokaliseret 11. marts 2008.

- /25/ Peter Gravesen, Knud Erik S. Klint, Ole Stig Jacobsen, William G. Harrar, Gitte Felding, Peter Jørgensen, Inge Fomsgaard og Niels H. Spliid. Transport af vand og pesticider i opsprækket moræneler. Pesticider og grundvand - Temanummer fra Grundvandsgruppen. Miljøforskning 42, April 2000. Det strategiske miljøforskningsprogram.
- /26/ John Bastrup og Hans Vesterby, GEO. Forureningstransport via utætte borer. Litteraturopsamling samt undersøgelseserfaringer. Delrapport 1. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 33, 2002.
- /27/ Jens Baumann, GEO. Personlig meddelelse på baggrund af forsøg udført februar 2008.
- /28/ Kirsten Sahl, Rotek A/S, april 2008. Forskellige fabrikater.





# 1 Spørgeskemaundersøgelse i kommunerne

Arbejdsgruppen har gennemført en spørgeskemaundersøgelse, hvor lidt over halvdelen af landets 98 kommuner er blevet bedt om at besvare følgende spørgsmål:

1. Hvor mange almindelige jordvarmeanlæg (med varmeslanger i jord) er installeret i din kommune?
2. Hvor mange jordvarmeanlæg med vertikale (lodrette) borer er installeret i din kommune?
3. Hvor mange ansøgninger til installation af almindelige jordvarmeanlæg har din kommune fået i 2007?
4. Hvor mange ansøgninger til installation af jordvarmeanlæg baseret på borer har din kommune fået i 2007?
5. Hvor mange ansøgninger har I afslået til almindelige jordvarmeanlæg? Med hvilken begrundelse?
6. Hvor mange ansøgninger har I afslået til jordvarmeanlæg baseret på borer? Med hvilken begrundelse?
7. I hvor mange ansøgninger har I givet dispensation for afstandskravet på 300 meter til almen vandindvinding (i alle de tilladelser I har givet)?
8. I hvor mange ansøgninger har I givet dispensation for afstandskravet på 50 meter til andre vandindvindingsanlæg (i alle de tilladelser I har givet)?
9. Hvilke frostvæsker bliver brugt i anlæggene? IPA-sprit / Ethylenglycol / Propylenglycol / Andre
10. Hvor mange uheld har I registreret?

Kommunerne fik to uger til at besvare spørgeskemaet. Der er modtaget besvarelser fra 52 kommuner, som tilsammen repræsenterer 54 % af landets befolkning og 55 % af arealet. Besvarelsesprocenten er således meget høj, og vi vurderer, at svarene er repræsentative for landet som helhed.

13 kommuner oplyser, at de ikke ved, hvor mange jordvarmeanlæg, de har. De resterende 39 kommuner har tilsammen oplysninger om ca. 2600 anlæg; de fleste angiver dog, at det er skøn eller ca.-tal, og enkelte har kun tal for 2007 eller evt. 2006-2007. Skaleret op til landsplan svarer det til oplysninger om ca. 6.500 jordvarmeanlæg. Ifølge Varmepumpeordningen (høringssvar på bekendtgørelsen) er der installeret mere end 25.000 jordvarmeanlæg i Danmark, hvilket dog muligvis er overestimeret. Der er dog næppe under 10.000 anlæg.

Det må på den baggrund konkluderes, at kommunerne samlet set ikke har oplysninger om de eksisterende jordvarmeanlæg. Flere kommuner angiver, at de ikke kan trække oplysningerne ud af BBR.

Der er oplysninger om 47 anlæg baseret på borer, heraf 26 på Bornholm. Anlæggene på Bornholm er formentlig alle såkaldt bjergvarme. Ingen andre

kommuner har oplyst at have mere end 5 anlæg baseret på boringer. Firmaet GeoHeat Ex oplyser at have etableret ca. 40 anlæg baseret på boringer i 2007. Kommunerne angiver at have modtaget i alt 1507 ansøgninger om almindelige jordvarmeanlæg og 90 ansøgninger om boringsanlæg i 2007. Mange af ansøgningerne har endnu ikke været færdigbehandlet på tidspunktet for undersøgelsen.

Der er oplysninger om 59 afslag på almindelige anlæg og 18 afslag på boringer - disse tal er dog for mange af kommunerne kun for 2007. På grund af kommunesammenlægningen har de ikke oplysninger fra tidligere. De fleste afslag er givet på grund af afstandskrav til vandforsyningsanlæg, enkelte angiver at de ikke giver tilladelse til boringsanlæg i OSD, og flere har givet afslag med baggrund i varmforsyningsplaner.

De 52 kommuner har oplysninger om 73 dispensationer fra 300 meters kravet og 59 dispensationer fra 50 meters kravet. Mange angiver, at de ved dispensationer stiller krav om IPA-sprit. Der er tilsyneladende ret forskellige holdninger på dette område - nogle kommuner er meget restriktive, mens andre gerne dispenserer, evt. med supplerende krav til anlægget. Flere kommuner har i forbindelse med undersøgelsen efterspurgt retningslinier for den hydrogeologiske vurdering, der skal ligge til grund for at tillade mindre afstand til vandindvindingsanlæg.

Med hensyn til kemikalier er IPA-sprit langt mest udbredt, men glycolerne anvendes også fortsat en del. Der er lidt forskel på kommunernes praksis på dette område, og flere stiller direkte krav om, at der anvendes IPA-sprit, specielt i tilfælde hvor der dispenseres for afstandskrav til vandforsyningsanlæg eller i sårbare områder. Der foreligger desuden enkelte sager, hvor der er anvendt ren ethanol. Herved kan der tillades mindre afstande til vandforsyningsanlæg, da det er denatureringsmidlet (isopropylalkohol) i IPA-sprit, der er begrænsende for hvilken afstand der kan tillades.

Enkelte kommuner har oplysninger om andre frostsikringsmidler af samme type, nogle af dem oplyst ved handelsnavne. Dette er ikke undersøgt nærmere. Der er ikke oplysninger om anvendelse af salte som frostsikringsmiddel. Enkelte har oplysninger om anlæg med direkte fordampning ved propan eller freon.

Ingen af de 52 kommuner har registreret uheld. En enkelt angiver dog, at de er vidende om, at installatører ikke altid indberetter utætheder.

Følgende kommuner har besvaret spørgeskemaet:

Allerød	Herning	Randers
Assens	Hillerød	Rebild
Bornholm	Holbæk	Ringsted
Egedal	Hørsholm	Roskilde
Esbjerg	Ishøj	Rudersdal
Fanø	Kalundborg	Silkeborg
Favrskov	Kerteminde	Slagelse
Faxe	Kolding	Sorø
Fredensborg	Lejre	Stevns
Frederikshavn	Lolland	Svendborg
Halsnæs	Lyngby-Taarbæk	Thisted
Frederikssund	Mariagerfjord	Varde
Furesø	Morsø	Vejen
Faaborg-Midtfyn	Norddjurs	Vejle
Gentofte	Nyborg	Vordingborg
Gladsaxe	Odder	Århus
Guldborgsund	Odense	
Helsingør	Odsherred	



# Problemstillinger

I forbindelse med revision af bekendtgørelsen om jordvarme i 2006 har Miljøstyrelsen foretaget en opsamling af de problemstillinger, som er rejst på møder med Kommunernes Landsforening og Varmepumpefabrikanterne. Projektet sigter på at løse så mange som muligt og især de væsentligste af de rejste problemer.

## 1.1 Beskrivelse af teknologi og krav til anlæg

De nye administrative krav om bl.a. årligt eftersyn kan give tekniske problemer i form af luft i systemet, hvis der foretages trykprøvning.

Der mangler en beskrivelse og håndteringsmåde af de nye anlægstyper som bl.a. omfatter dybe lodrette borer, direkte systemer samt evt. fremtidige anlæg baseret på CO<sub>2</sub> som kølemiddel.

Det kan opstå problemer, når kommunerne har forskellig administration, når det gælder anlægsspecifikationer og etablering af anlæg, idet der i nogle tilfælde refereres til kravene i den gamle bekendtgørelse.

Der mangler krav til anlæg, når det gælder samlinger og rørtyper m.m.

Bekendtgørelsen eller en tilhørende vejledning bør beskrive materialekrav og anlægskrav til et jordvarmeanlæg f.eks. for rørtyper, varmepumpen og overvågningssystem samt alarmtype.

Der bør foretages en faglig-teknisk vurdering af, hvorvidt IPA-sprit, som anses for ét af de mest miljøvenlige frostsikringsmidler, generelt kan anvendes som frostsikringsmiddel i alle typer anlæg.

Bekendtgørelsen bør indeholde krav til sløjfning af anlæg.

Håndteringen af dybe borer indgår ikke i bekendtgørelsen og giver en mulighed for perforering af tætte dæklag f.eks. inden for kildepladszonen.

Der bør være krav til udførelsen af borer i bekendtgørelsen, da der er erfaring for, at borer ofte udføres med meget dårlig kvalitet.

Der ønskes, at det fremgår af bekendtgørelsen eller tilhørende vejledning, hvorvidt det er A- eller B-borer. Hvis dybe borer karakteriseres som A-borer, vurderes det at give en bedre regulering.

## 1.2 Risiko og afstandskrav

Afstandskravene er blevet forvaltet vidt forskelligt af kommunerne, hvilket i nogle tilfælde har givet store begrænsninger i antallet af tilladelser.

Der bør tages stilling til om jordvarmeanlæg generelt kan karakteriseres som en "særligt grundvandstruende aktivitet".

Bekendtgørelsen mangler afstandskrav til naboer, bygninger og kloakker, for at forhindre overgravning af jordslanger.

### 1.3 Drift og kontrol

Det bør angives i bekendtgørelsen eller tilhørende vejledning, hvordan en sagkyndig person defineres.

Bekendtgørelsen eller tilhørende vejledning bør beskrive, hvad det årlige eftersyn som minimum skal omfatte.

### 1.4 Administrative forhold

Det optimale vil være at ændre bekendtgørelsen og udforme en tilhørende vejledning, men alle supplerende og præciserende tiltag vil hjælpe.

Det ønskes, at det fremgår af bekendtgørelsen, at der skal ske registrering af, at der er etableret et jordvarmeanlæg på ejendommen, så det er klart, at der ligger en forpligtigelse vedrørende årligt eftersyn og evt. sløjfning af anlæg. Dette kan eksempel-vis ske i kommunernes oplysningskema, hvor der også burde være en målfast tegning over anlæggets placering.

Det bør overvejes om der kan udformes en procedure som sikrer, at der ikke pr. automatik søges om tilladelse til etablering af jordvarmeanlæg ved nybyggeri. Dette medfører ofte kommunen en unødigt administrativ byrde, i det ansøgning ofte trækkes tilbage.

# Baggrundsmateriale for risikovurdering af jordvarmeanlæg

## INDHOLD

<b>1</b>	<b>ET FORVENTET, TYPISK SCENARIO</b>	<b>96</b>
1.1	HORISONTALT ANLÆG	96
1.2	VERTIKALT ANLÆG	97
<b>2</b>	<b>BETYDENDE FAKTORER</b>	<b>98</b>
2.1	STOFMÆNGDE	98
2.2	VANDOPLØSELIGHED	99
2.3	FLYGTIGHED	100
2.4	SORPTION	101
2.5	NEDBRYDELIGHED	101
2.5.1	<i>Propylenglycol</i>	101
2.5.2	<i>Ethanol</i>	102
2.5.3	<i>Glycoler mm.</i>	102
2.5.4	<i>Betain</i>	103
2.5.5	<i>Konklusioner</i>	103
2.6	TOKSISKE EGENSKABER	104
2.7	TYKKELSEN AF DEN UMÆTTEDE ZONE	104
2.8	TYKKELSE AF REDUCEREDE LERDÆKLAGE OVER GRUNDEVANDSMAGASINET	105
2.9	INFILTRATION/GRUNDEVANDSDANNELSE	108
2.10	GRUNDEVANDETS STRØMNINGSKRAFTIGHED OG -RETNING	108
2.11	VANDRET AFSTAND FRA ANLÆG TIL INDVINDING	108
2.12	OPPUMPET VANDMÆNGDE	108
<b>3</b>	<b>TRANSPORT OG NEDBRYDNING</b>	<b>109</b>
3.1	TRANSPORTAFSTAND I GRUNDEVANDSMAGASINET	109
3.2	FORTYNDING OG NEDBRYDNING I GRUNDEVANDSMAGASINET - SCENARIER	111
3.2.1	<i>Metode og grundlag</i>	111
3.2.2	<i>Parametre</i>	113
3.2.3	<i>Revnet slange</i>	115
3.2.4	<i>Overgravning</i>	115
3.2.5	<i>Worst case</i>	118
<b>4</b>	<b>KILDER</b>	<b>120</b>

# 1 Et forventet, typisk scenarie

Som støtte for vurderingen af risikoen for og konsekvenserne ved uheld, som resulterer i spild af brine fra jordvarmeanlæg har vi nedenfor opstillet et "forventet, typisk scenarie" for henholdsvis horisontale og vertikale anlæg. Scenarierne er baseret på de erfaringer, der er opsamlet i rapporten, suppleret med resultaterne af vurderingerne i næste afsnit.

## 1.1 Horisontalt anlæg

Med baggrund i gennemgangen af de betydende faktorer må det forventes, at et typisk spild fra et horisontalt jordvarmeanlæg kan forløbe som følger:

1. Ved et brud vil en mængde på ca. 3 l væske løbe ud i formationen.
2. 25-30% af væsken udgøres af frostvæske, det vil sige ca. 1 kg frostvæske vil løbe ud i formationen. Frostvæsken vil være fuldt opløst.
3. Koncentrationen af frostvæsken er ca. 300 g/l.
4. Fordampning vil være en ubetydende faktor i den umættede zone.
5. Sorption vil være en ubetydende faktor ved transporten gennem den umættede zone.
6. Jordslangerne ved de horisontale anlæg placeres ca. 1 m u.t. Det må forventes, at der for hovedparten af lokaliteterne er iltholdige forhold ved denne dybde, mens de iltfrie forhold typisk optræder dybere.
7. Lige efter bruddet vil koncentrationen af frostvæsken være så høj, at nedbrydning udelukkende vil finde sted i randzonen mellem frostvæsken og omgivelserne. Omgivelserne vil være iltholdige og nedbrydningen af frostvæsken i randzonen forventes at have halveringstider på 30-50 dage.
8. Efterhånden som der sker en lodret transport gennem den umættede zone vil fortynding medføre, at koncentrationerne bliver så lave, at mikroorganismen bliver i stand til at nedbryde de kemiske stoffer. Der forventes fortsat iltholdige forhold, og der forventes halveringstider på 30-50 dage.
9. For nogle tilfælde, vil der i den umættede zone optræde iltfrie forhold, og nedbrydningshastigheden vil nedsættes. Der forventes halveringstider på 100-200 dage.
10. Tykkelsen af den umættede zone og tykkelsen af reducerede lerdæklag over grundvandsmagasinet har en stor betydning for opholdstiden i den umættede zone, og dermed en betydning for nedbrydningen af frostvæsken.
11. Når frostvæsken når grundvandszonen, vil den nedsivende mængde blive blandet/fortyndet med det strømmende grundvand.
12. For en del tilfælde, vil der i den øverste del af grundvandsmagasinet være iltholdige forhold (typisk ved umættede zoner bestående af sandlag), hvor nedbrydningen fortsat forventes at have en halveringstid på 30-50 dage.
13. For de resterende tilfælde vil der i grundvandsmagasinet være iltfrie forhold. Nedbrydningen forventes her at have en halveringstid på 100-200 dage.



14. Ved transporten med grundvandet vil der ske en fortynding og en nedbrydning af frostvæsken. Det forventes, at sorption af frostvæsken er ubetydelig også i grundvandszonen.
15. I en vis afstand nedstrøms anlægget vil koncentrationen af frostvæske i grundvandet være af en størrelse, hvor det vurderes at det ikke udgør en risiko for recipienter og vandindvinding.

## 1.2 Vertikalt anlæg

Med baggrund i gennemgangen af de betydende faktorer må det forventes, at et typisk spild fra et vertikalt jordvarmeanlæg kan forløbe som følger:

1. Ved et brud vil en mængde på ca. 5 l væske løbe ud i formationen
2. 25-30% af væsken udgøres af frostvæske, det vil sige ca. 1,5 l frostvæske vil løbe ud i formationen. Frostvæsken vil være fuldt opløst.
3. Koncentrationen af frostvæsken er ca. 300 g/l.
4. Frostvæsken vil blive blandet/fortyndet med det strømmende grundvand.
5. For en del tilfælde, vil der i grundvandsmagasinet være iltholdige forhold (typisk ved umættede zoner bestående af sandlag), hvor nedbrydningen forventes at have en halveringstid på 30-50 dage.
6. For de resterende tilfælde vil der i grundvandsmagasinet være iltfrie forhold. Nedbrydningen forventes her at have en halveringstid på 100-200 dage.
7. Ved transporten med grundvandet vil der ske en fortynding og en nedbrydning af frostvæsken. Det forventes, at sorption af frostvæsken er ubetydelig i grundvandszonen.
8. I en vis afstand nedstrøms anlægget vil koncentrationen af frostvæske i grundvandet være af en størrelse, hvor det vurderes at det ikke udgør en risiko for recipienter og vandindvinding.

## 2 Betydende faktorer

Risikoen hidrørende fra de anvendte kemiske stoffer i det enkelte anlæg kan relateres til:

- 1 Stofmængde
- 2 Vandopløselighed
- 3 Flygtighed
- 4 Sorption
- 5 Nedbrydelighed
- 6 Toksiske egenskaber

Herudover er risikoen i forhold til nærliggende vandindvindinger afhængig af:

- 7 Tykkelse af den umættede zone
- 8 Tykkelse af (reducerede) lerdæklag over grundvandsmagasinet
- 9 Infiltration/grundvandsdannelse
- 10 Grundvandets strømningshastighed og -retning
- 11 Vandret afstand fra anlæg til indvinding
- 12 Oppumpet vandmængde

Alle ovennævnte punkter er dog kun relevante, når der er tale om jordvarmeanlæg, som etableres over grundvandsspejlet. Hvis udslippet sker under grundvandsspejlet, er punkterne 3, 7, 8 og 9 ikke relevante. I anlæg baseret på borerer kan udslip ske både over og under grundvandsspejlet.

Ovennævnte punkter behandles i de følgende underafsnit.

### 2.1 Stofmængde

Risikoen for overskridelse af en fastsat grænseværdi i en nærliggende indvindingsboring er proportional med den potentielt udledte stofmængde. Fastlæggelsen af denne mængde baseres først og fremmest på den samlede stofmængde i anlægget, men er anlægget indrettet således, at udsivning af den samlede stofmængde i forbindelse med lækage er usandsynlig, skal en realistisk udledt stofmængde i stedet anvendes i risikovurderingen.

En jordslange indeholder normalt op til 300 l væske. Når anlægget bliver større, består det af flere separate slanger. Jordvarmeboringer er fra 60-80 meter op til 200 meter dybe. De indeholder typisk 2 l væske pr. meter, dvs. fra omkring 150 liter op til ca. 400 liter væske

Varmetransmissionsmediet (vand) skal frostsikres til -15 °C af hensyn til varmepumpens drift. Mængden af frostvæske i varmeslangerne udgør derfor ca. 25-30 % af den totale væskemængde i varmeslangerne. Samlet set vil der således normalt være mellem 50 og 130 liter frostsikringsmiddel i et jordvarmeanlæg.

Som beskrevet i rapporten, er der meget begrænsede erfaringer med udslip af brine (vand med frostsikringsvæske) fra jordvarmeanlæg, og erfaringerne kan derfor ikke danne grundlag for fastlæggelse af et "typisk" spild. På baggrund

af erfaringsopsamlingen er det dog muligt at opstille tre forskellige mulige spildscenarier:

1. En revne eller utæthed i slangen opstår f.eks. på grund af for stor bøjning af slangen eller udvikling af en revne, som er initieret af beskadigelse under lægningen.
2. Overgravning af varmeslangen.
3. "Worst case" – hele slangens indhold tømmes ud i jorden.

- Scenarie 1: En revne eller utæthed

Der er ikke konkret kendskab til denne type uheld, men scenariet er teoretisk muligt.

Ved Vølund i Videbæk blev der udført forsøg i 1980'erne med, hvad der sker, når en jordvarmeslange beskadiges. Her blev der skåret en 10 cm lang revne i en varmeslange på et jordvarmeanlæg i drift. Det resulterede i, at der løb max. 1 dl væske ud, inden pumpen stoppede. Herved var trykket i anlægget faldet så meget, at der ikke skete yderligere udsivning /7/. Disse forsøg er ikke rapporteret.

I scenarie 1 regnes derfor med et udslip på 0,1 liter, svarende til 0,03 kg frostsikringsmiddel.

- Scenarie 2: Overgravning

Teknologisk Institut har i 1980'erne udført forsøg med brud på varmeslanger på instituttets grund i Høje Taastrup for at undersøge, hvor store udslip der i givet fald ville ske. Det viste sig i den forbindelse, at der kun løber nogle få liter ud. Forsøgene er ikke rapporteret /7/.

Når det normalt ikke er hele slangen, der tømmes, skyldes det, at der er tale om et lukket system. Så længe der ikke kan trænge luft ind i slangerne, er den mængde brine, der løber ud, meget begrænset. Det svarer til, hvad der sker i en haveslange, når der lukkes for vandet. Ved flere samtidige brud kan der ske større udslip.

I scenarie 2 regnes med et udslip på 3 liter, svarende til 1 kg frostsikringsmiddel.

- Scenarie 3: Worst case

Denne type uheld er ikke set, og det er vanskeligt at forestille sig en situation, hvor det vil ske. Scenariet medtages for at have en beregning "på den sikre side".

I Scenarie 3 regnes med et udslip på 100 kg frostsikringsmiddel.

Scenarierne bruges i det følgende til at vurdere konsekvenserne af et uheld.

## 2.2 Vandopløselighed

For vandblandbare stoffer skal den samlede stofmængde indgå i den videre risikovurdering, da stoftransporten ikke forsinkes af stoffets opløselighed. Det samme gælder for stoffer med begrænset vandopløselighed, såfremt der er

tale om et anlæg baseret på en eller flere boringer til det aktuelle grundvandsmagasin. For anlæg etableret i de øverste jordlag, skal risikovurderingen, såfremt den maksimale vandopløselighed er mindre end den potentielt udledte stofmængde, i stedet baseres på den maksimale vandopløselighed. Dette gælder dog kun stoffer, som i fri fase har lavere densitet end vand, og således vil flyde ovenpå i forbindelse med udslip.

Vandopløseligheden for de anvendte stoffer fremgår af Tabel 1.

Tabel 1 Vandopløselighed

	Ethanol	Isopropanol	Ethylenglycol	Propylenglycol	Betain
Opløselighed	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	160 g/ 100 mL <sup>a</sup>
a: www.chemblink.com					

Som det fremgår af Tabel 1, er de fleste af de anvendte stoffer vandblandbare, og betain er meget opløseligt i vand. Det er således ikke sandsynligt, at der vil optræde fri fase ved et eventuelt spild.

### 2.3 Flygtighed

Den umættede zone udgør et åbent system, hvor flygtige komponenter kan afdampe. På baggrund heraf kan fordampning inddrages i risikovurderingen. Hvis der er tale om et rent stof, anvendes stoffets damptryk i risikovurderingen, og i stofblandinger udregnes det enkelte stofs damptryk af Raoult's lov. For stoffer opløst i vand kvantificeres flygtigheden ud fra Henry's konstant.

Tabel 2 Henry's konstant

	Ethanol	Isopropanol	Ethylenglycol	Propylenglycol	Betain
Henry's lov konstant, dimensionsløs <sup>a</sup>	0,0002 <sup>b</sup>		0,0000025 <sup>c</sup>		
<sup>a</sup> : Da konstanten er dimensionsløs udtrykker den direkte forholdet mellem koncentrationen i luft og koncentrationen i vandfasen: $C_{luft}/C_{vand}$ . <sup>b</sup> : Henry's lov konstant er beregnet ud fra <a href="http://www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/onsite/esthenry.htm">http://www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/onsite/esthenry.htm</a> . Til sammenligning er Henry's konstant for henholdsvis benzen og benz(a)pyren beregnet fra den samme hjemmeside 0,12 og $3,6 \cdot 10^{-6}$ . <sup>c</sup> : Staples et al., 2001. Fate, effects and potential environmental risks of ethylene glycol: a review. Chemosphere 43, p 377-383.					

Henry's konstant for ethanol har en størrelsesorden der viser, at 0,02% af stoffet vil findes i poreluften, mens resten vil befinde sig i vandfasen, og Henry's konstant for ethylenglycol er endnu mindre end for ethanol. Det må for-

ventes, at Henry's konstant for propylenglycol ligeledes vil være meget lav. Flygtigheden vil derfor sandsynligvis have en meget lille indflydelse på koncentrationen af stoffet i den umættede zone.

## 2.4 Sorption

Sorption (binding til sedimentet) beskrives ved fordelingskoefficienten  $K_{OC}$  eller  $K_{ow}$ . Fordelingskoefficienterne  $K_{OC}$  og  $K_{ow}$  giver en god beskrivelse af den reelle sorption af organiske forbindelser i sandede sedimenter, mens sorptionen ofte underestimeres for lerjorde. Det er således konservativt at anvende disse fordelingskoefficienter generelt.

For de anvendte stoffer er  $\log K_{ow}$ -værdien estimeret ved hjælp af /1/, og de estimerede værdier er vist i Tabel 3. Stoffer med store  $\log K_{ow}$  sorberes kraftigere. Sorption har generelt et lille omfang for vandblandbare organiske forbindelser, og det forventes umiddelbart, at sorption ikke har den store betydning. Dette bekræftes af de lave  $\log K_{ow}$ -værdier.

Tabel 3 Sorption

	Ethanol	Isopropanol	Ethylenglycol	Propylenglycol	Betain
$\log K_{ow}$	-0,14	0,28	-1,20	-0,78	-4,93

## 2.5 Nedbrydelighed

Eksempelvis kogsalt, NaCl, dissocieres i vandfasen i grundstofferne natrium og klorid, og disse kan naturligvis ikke nedbrydes. Anderledes forholder det sig med organiske forbindelser, fx ethanol.

Det er velkendt, at langt hovedparten af nedbrydningen af organiske forbindelser foregår i pløjelaget (0-0,3 m u.t.). Jordvarmeanlæggene etableres netop under pløjelaget, hvor nedbrydningen naturligt er lavere. Det er således søgt at finde data for nedbrydning af de anvendte stoffer fra sammenlignelige forhold, det vil sige for dybere jordlag og grundvandszonen og for relevante koncentrationsområder. De anvendte data skal repræsentere fuldstændig nedbrydning (mineralisering) af den givne organiske forbindelse, således at der ikke kan opstå problemer med persistente nedbrydningsprodukter.

Der er udført en mindre litteratursøgning på de pågældende stoffer. I det følgende er et uddrag af de fundne artikler refereret.

### 2.5.1 Propylenglycol

Udover IUCLID datablade /2/ er der for propylenglycol fundet en sammenfatning af forskellige data /3/. Denne sammenfatning vurderer, at stoffet ikke umiddelbart vil fordampe, når det først findes i jord eller grundvand. Derudover vurderes det, at propylenglycol er let nedbrydeligt i jord og vand. IUCLID datablad for propylenglycol indikerer ligeledes, at stoffet er let nedbrydeligt i jord og vand. Der er ikke oplyst halveringstider eller nedbrydningskonstanter for nedbrydeligheden.

## 2.5.2 Ethanol

For ethanol er der fundet en artikel /4/ hvor en række data er sammenfattet. Disse omhandler blandt andet, at ethanol kan nedbrydes i koncentrationer op til ca. 100.000 mg/l, hvorefter stoffet bliver giftigt for de fleste mikroorganismer. To feltforsøg med nedbrydning af methanol er refereret. Resultaterne fra det ene viser, at methanolkoncentrationer på 1.000 mg/l i tre forskellige jordtyper fjernes på mindre end 1 år ved en temperatur på 10-11 °C, mens resultaterne fra det andet viser halveringstider af methanol i et overfladenært sandmagasin (7.000 mg/l) på ca. 40 dage. På baggrund af dette vurderes nedbrydeligheden af ethanol ligeledes at være relativt hurtig. Laboratorieforsøg /4/ har endvidere vist, at både methanol og ethanol er let nedbrydeligt i forskellige jordtyper og ved forskellige redoxforhold. Et laboratorieforsøg viste, at lagfasen for ethanol var højere end for methanol, men til gengæld var nedbrydningsraten for ethanol højere end for methanol. Derudover er der i artiklen /4/ beskrevet resultater fra laboratorieforsøg, der estimerer nedbrydning i grundvandsmagasiner. Disse resultater er gengivet i følgende Tabel 4:

Tabel 4 Nedbrydning af ethanol. Fra /4/

Ethanol	Elektronacceptor	1. ordens nedbrydningskoefficient $k$ ( $\text{dag}^{-1}$ )	Halveringstid $T_{1/2}$ (dag)
	$\text{O}_2$	0,23-0,35	2-3
	$\text{NO}_3^-$	0,53	1,3
	$\text{Fe}^{3+}$	0,17	4
	$\text{SO}_4^{2-}$	0,1	7
	$\text{CO}_2$	0,12	6

Forsøgene er udført ved 20-25°C.

I grundvandet i Danmark vil der sandsynligvis være færre bakterier til stede, ligesom temperaturen er koldere end i de udførte forsøg. Nedbrydningen af ethanol i danske magasiner vil derfor sandsynligvis være langsommere end i de omtalte laboratorieforsøg.

## 2.5.3 Glycoler mm.

I Danmark er der udført forsøg med nedbrydning af frostvæsker i jord /5/. Disse viser, at under iltholdige forhold sker en hurtig nedbrydning ved 25 °C, og det forventes, at nedbrydningen i lermuld vil ske inden for 14 dage ved en temperatur på 10 °C, mens nedbrydningen i smeltevandssand ved 10 °C viser en halveringstid for ethanol på ca. 35 dage. Under iltfrie forhold viser forsøgene en væsentligt langsommere nedbrydningshastighed. Resultaterne tyder her på halveringstider på minimum 3-4 måneder. Forsøgene viste endvidere, at et indhold på 250 g/l er toksisk over for mikrofloraen, ligesom nedbrydningen i jorden forløb hurtigere ved en koncentration på 1 mg/kg end ved en koncentration på 1.000 mg/kg.

I /7/ er der udført en litteratursøgning på nedbrydning af ethylenglycol, propylenglycol, ligesom der er udført nedbrydningsforsøg med de to glycoler. En af konklusionerne her er, at den mikrobielle nedbrydning under aerobe og anaerobe forhold af både ethylenglycol og propylenglycol sker uden at der bliver akkumuleret toksiske eller persistente organiske mellemprodukter. I /7/ er der refereret forsøg med nedbrydning af ethylenglycol med bakterier fra

grundvand, fra forskellige jordtyper og fra spildevand. Ved koncentrationer på 111 ppm blev ethylenglycol nedbrudt i grundvand med halveringstid på 0,9 dage ved 25 °C. I spildevand og jord blev der observeret halveringstider på 0,9 til 0,3 dage. Halveringstiderne steg ved faldende temperatur og ved stigende koncentrationer af ethylenglycol. Ved litteratursøgningen i /7/ har forfatterne ikke fundet oplysninger om aerob nedbrydning af propylenglycol i grundvand, men udelukkende fundet oplysninger om at der sker en hurtig aerob nedbrydning af propylenglycol i aktiv slam og i jordprøver. Der er refereret et forsøg, hvor propylenglycol bliver nedbrudt i jord med 93 ppm/dag ved 25 °C og med 27 ppm/dag ved 8 °C. I /7/ har forfatterne ligeledes ikke fundet oplysninger om kinetikken af anaerob nedbrydning af de to glycoler i grundvand, men udelukkende i topjord og i spildevandsslam ved henholdsvis 25 °C og 37 °C. De refererede forsøg viser nedbrydningstider på mellem 4 og 105 dage afhængigt af koncentrationen af glycol og af mediet.

Udover litteratursøgningen, er der i /7/ udført laboratorieforsøg med anaerob nedbrydning af ethylenglycol og propylenglycol under forhold, der ligner forholdene i dybe anaerobe grundvandsmagasiner. Til forsøgene blev der anvendt materiale fra henholdsvis 80 og 100 m u.t., og forsøgene foregik over en periode på 8-10 uger. Ved forsøgene med materiale fra 80 m u.t. var mere end 90% af begge glycolerne nedbrudt efter 8-10 uger, mens dette ligeledes var tilfældet for nedbrydning af ethylenglycol med materiale fra 100 m u.t. Dette var ikke tilfældet for nedbrydning af propylenglycol, hvor der i cirka halvdelen af forsøgene med materiale fra 100 m u.t. stadig var mere end 90%, der ikke var nedbrudt efter 8-10 uger. Forfatterne konkluderer, at det må forventes, at glycolerne er bionedbrydelige i de fleste anoxiske miljøer, herunder også anoxiske grundvandssystemer.

#### **2.5.4 Betain**

I /7/ er der endvidere udført litteratursøgning på nedbrydning af betain. Forfatterne har fundet data, der indikerer, at nedbrydningen af betain er hurtig i aerobe miljøer, men der er ikke fundet data fra nedbrydning i jord eller grundvand. Ved den anaerobe nedbrydning af betain er et af de mulige nedbrydningsprodukter trimethylamin, der har en ubehagelig smag selv ved lave koncentrationer (~1 ppb i vand). Derudover kan betain muligvis mobilisere tungmetaller. Der er i /7/ refereret observationer af at bly og tin er omdannet til methylbly og methyltin i vandige miljøer, hvor betain var til stede. Forfatterne anbefaler følgelig, at betain ikke bør anvendes i jordvarmeanlæg førend der foreligger flere oplysninger om påvirkningen i grundvandsmiljøet.

#### **2.5.5 Konklusioner**

Samlet set kan det konkluderes at de fire stoffer, som i dag anvendes mest i jordvarmeanlæg, ethanol, isopropanol, ethylenglycol og propylenglycol, alle er let nedbrydelige i jord og vand. Stofferne nedbrydes hurtigt under aerobe forhold og lidt langsommere under anaerobe forhold. Hvis stofferne forekommer i høje koncentrationer (størrelsesorden 10-25%), forekommer der toksisk effekt i forhold til bakterierne, og nedbrydningen sker derfor først når stofferne er fortyndet. Nedbrydningshastigheden er i øvrigt temperaturafhængig.

Der er ikke tilstrækkelige data til at bestemme halveringstider under de temperaturforhold og mikrobiologiske forhold, som er gældende i dansk jord og

grundvand, og der er ikke grundlag for at vurdere de fire stoffer forskelligt med hensyn til nedbrydelighed. På baggrund af litteraturen skønnes det, at der kan forventes en halveringstid omkring 30 dage under aerobe forhold og 100-200 dage under anaerobe forhold.

## 2.6 Toksiske egenskaber

For stoffer, for hvilke der er fastsat et drikkevandskrav og/eller et grundvandskvalitetskriterium, er det den laveste af disse værdier, som ikke må overskrides i vandindvindingsboringer.

Er der ikke fastsat et drikkevandskrav eller et grundvandskvalitetskriterium, fastlægges der en grænseværdi på baggrund af ADI (acceptabelt dagligt indtag) eller TDI (tolerabelt dagligt indtag). Denne grænseværdi bør dog ikke sættes højere end smagsgrænsen for det pågældende stof.

Det eneste af de anvendte stoffer, hvor der foreligger et grundvandskvalitetskriterium er isopropanol, hvor kvalitetskriteriet er 10 µg/l. Dette kvalitetskriterium er fastlagt ud fra hensyn til, at der ikke må opstå bakterievækst i vandforsyningsledninger. I /5/ er der opstillet værdier for de tolerable/acceptable indhold i grundvandet værdier for de øvrige stoffer. Disse værdier er baseret på, at en 3 kg's baby kan drikke vandet i en periode på op til 2 år. Værdierne er gengivet i Tabel 5.

Tabel 5 Kvalitetskriterier, TDI og ADI

	IPA-sprit	Ethanol	Isopropanol	Ethylenglycol	Propylenglycol	Betain
Grundvandskvalitetskriterium	-	-	10 µg/l	-	-	-
Tolerabelt indhold [mg/l] <sup>a</sup>	20			1,5	75	
Højest acceptable indhold [mg/l] <sup>b</sup>	3			1,5	2	
-: Der findes ikke et grundvandskvalitetskriterium i Danmark <sup>a</sup> : Tolerabelt indhold fastsat ud fra TDI- eller ADI-værdierne som angivet i /5/ <sup>b</sup> : Højest acceptable indhold fastsat ud fra TDI- eller ADI-værdierne og når indholdet af organisk stof som helhed skal tilgodeses som angivet i /5/ Blanke felter: Ingen værdi fundet.						

## 2.7 Tykkelsen af den umættede zone

En tyk umættet zone medfører en forsinkelse/fortynding af en forurening, god mulighed for afdampning af flygtige forbindelser og nedbrydning.

Sorption af de anvendte stoffer vil sandsynligvis være en ubetydende faktor i den umættede zone, men der vil foregå fortynding. Derudover er opholdstiden i den umættede zone ofte flere måneder eller år, hvorved nedbrydning af stoffet i den umættede zone kan have en meget stor betydning for den resulterende koncentration i grundvandet. I /5/ er der refereret en beregning der viser, at et momentant udslip af frostsikringsmiddel i sandede jorder vil have



en transporttid på 1 m ned i løbet af 65 dage. Et tilsvarende udslip vil i leret jord være 110 dage om at nå 1 m ned.

I /5/ er der ligeledes gengivet modelberegninger i umættet zone, der viser at et udslip på 30 kg frostsikringsvæske over et areal på 10 m<sup>2</sup> ved en umættet zone på 8 m giver en koncentration i grundvandet på mellem 9 g/l (leret jord) og 20 g/l (sandet jord), og at den tilsvarende transporttid (for den maksimale koncentration) er henholdsvis 860 og 360 dage. Ved beregning af koncentrationen i grundvandet er der ikke taget højde for nedbrydning i den umættede zone.

Ved disse vurderinger i /5/ er imidlertid der blot anvendt en simpel model for transport i umættet sand eller ler. Resultaterne af det strategiske miljøforskningsprogram har vist, at nedsivningen af forurenende stoffer i umættet zone i høj grad styres af makroporer i de øverste 5-6 meter ler, og af såkaldt fingerstrømning i sand. På grund af disse strømningsmønstre kan en forureningsfront bevæge sig flere meter om dagen, se f.eks. /8/. Disse processer er helt afhængige af lokale geologiske og hydrogeologiske forhold, og den tid, som transport af forureningen fra terræn til grundvandsmagasinet tager, varierer derfor meget.

Selvom en tyk umættet zone således giver mulighed for nedbrydning af stofferne, kan der ved et stort udslip ske en hurtig transport ned gennem umættet zone af stof, som ikke når at blive omsat.

## 2.8 Tykkelse af reducerede lerdæklag over grundvandsmagasinet

Tidligere var det en udbredt antagelse, at et tykt dæklag af ler - typisk moræneler - udgjorde en nærmest uigennemtrængelig barriere mod nedsivende forurening. Undersøgelser i forbindelse med det Strategiske Miljøforskningsprogram har imidlertid påvist vigtigheden af at forholde sig til sprækkeintensiteten i moræneleret ved en sårbarhedsvurdering. Sprækker forøger således den hydrauliske ledningsevne i moræneler med flere størrelsesordener i forhold til den hydrauliske ledningsevne i matrix.

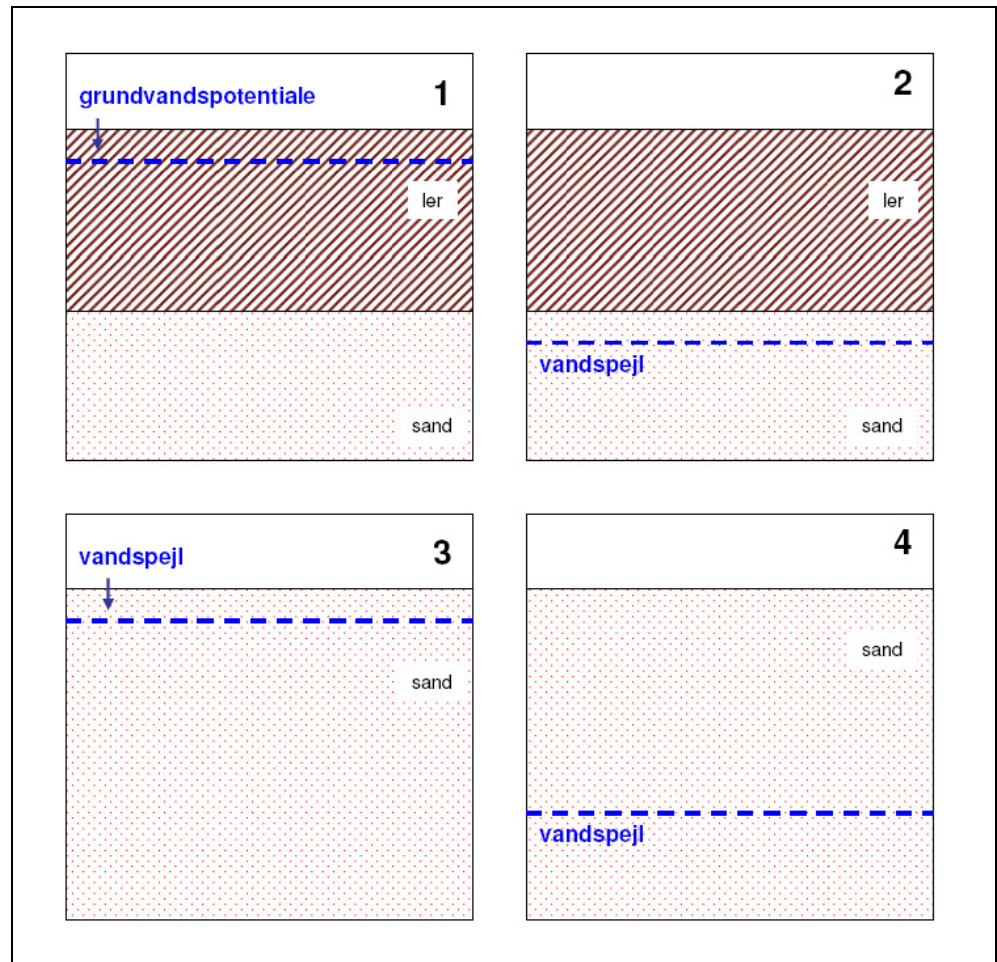
Der fremstår imidlertid en tydelig sammenhæng mellem sprækkedybde/intensitet og redoxgrænsen. Oxideret moræneler har typisk en hydraulisk ledningsevne, der er flere størrelsesordener højere end reduceret moræneler, og det kan derfor ikke forventes at udgøre en væsentlig barriere. Foreligger der boreprofiler, kan redoxgrænsen erkendes ved et farveskift fra brunlig (oxideret) til grålig (reduceret). Ellers kan redoxgrænsen med god tilnærmelse regnes sammenfaldende med det laveste sommervandspejl i sekundære, overfladenære magasiner. Hvis redoxgrænsen og det laveste sommervandspejl ikke er kendte størrelser, kan der foretages en antagelse om, at sprækkerne primært findes i de øverste fem meter af moræneleren.

Til belysning af betydningen af de hydrogeologiske forhold er der opstillet fire forskellige geologiske "typesituationer", jf. Figur 1. Situationerne illustrerer forskellige situationer med hensyn til

- tykkelse af den umættede zone
- tykkelse af (reducerede) lerdæklag over grundvandsmagasinet.

Det bemærkes, at situationerne slet ikke er repræsentative for alle geologiske forhold i Danmark. I mange områder forekommer f.eks. sekundære grund-

vandsmagasiner og mere inhomogene hydrogeologiske forhold, og typesituationerne tjener derfor kun til en overordnet illustration af betydningen af de hydrogeologiske forhold.



Figur 1 Fire forskellige hydrogeologiske "typesituationer"

De fire hydrogeologiske typesituationer og risikoen for henholdsvis grundvandsmagasinet og en nærliggende brønd til vandforsyning er beskrevet i det følgende:

1. Der er et tykt lerdæklag, og potentialet (tryk-niveauet) i grundvandet ligger nær terræn (det kan også ligge over terræn). Denne situation forekommer i store dele af det østlige Danmark. Når grundvandet ligger over grundvandsmagasinet, vil de lerlag, der ligger umiddelbart over magasinet, være vandmættede. Den mættede lagtykkelse afhænger af lokale hydrogeologiske forhold, og de øverste lerlag er ofte umættede. Da lerlagene er vandmættede, vil der derfor sandsynligvis være tale om reduceret ler. Samtidig er den nedadrettede gradient over grundvandsmagasinet begrænset, og nedsivningen er langsom.

Et udslip fra et jordvarmeanlæg nær jordoverfladen vil kun i meget begrænset omfang sive ned mod grundvandet, da der ikke er nogen nedadrettet trykgradient af betydning. Til gengæld kan et udslip i et vist omfang brede sig horisontalt, enten i de opsprækkede terrænnære lerlag eller i eventuelle sandslirer i lerlaget. Et udslip vil dermed udgøre en meget

begrænset risiko for forurening af grundvandsmagasinet, men en mulig risiko for en nærliggende brønd.

2. Der er et tykt lerdæklag, men grundvandets vandspejl ligger under lerlaget. Ofte vil der dog være en eller flere mættede zoner i leren, eventuelt blot en del af året. En væsentlig del af lerlaget kan være oxideret; erfaringsmæssigt udgør den oxiderede ler dog sjældent mere end 8 meter.

Et udslip fra et jordvarmeanlæg nær jordoverfladen vil bevæge sig hurtigere ned mod grundvandet end ovenfor, men på grund af de umættede forhold vil der samtidig ske en betydelig nedbrydning. I eventuelle mættede zoner undervejs kan der desuden ske en horisontal spredning af forureningen. Risikoen for forurening af grundvandsmagasinet vil være begrænset. Hvis der er en brønd i nærheden af jordvarmeanlægget, tyder det på, at der er mættede forhold nær terræn, og der vil være risiko for forurening af brønden. Samtidig betyder det, at nedsivningen til det primære grundvandsmagasin er langsommere end i umættet jord.

3. Der er ikke noget lerdæklag, og grundvandsspejlet ligger nær terræn. Den umættede zone er derfor meget lille – måske ligger jordvarmeanlægget endda nede i den mættede zone.

Spredning af forureningen vil i første omgang primært ske horisontalt, men den vil efterhånden også bevæge sig nedad i grundvandsmagasinet nedstrøms. Grundvandsmagasinet forurenes således meget hurtigt, og der vil samtidig være stor risiko for forurening af en nærliggende brønd.

Under disse forhold har de øverste grundvandsmagasiner normalt et højt indhold af ilt, og glycoler og alkoholer nedbrydes derfor hurtigt.

4. Der er ikke noget lerdæklag, og grundvandsspejlet ligger dybt. Der er en tyk umættet zone.

Der vil ske en lodret nedsivning, men forureningen vil samtidig blive nedbrudt i den umættede zone. Der vil næppe være nogen nærliggende brønd, da der ikke er grundvand nær terræn. Der er nogen risiko for forurening af grundvandsmagasinet, men på grund af iltede forhold i det øverste grundvand vil der også her ske en forholdsvis hurtig nedbrydning.

De fire "typesituationer" viser således, at afhængigt af geologien vil der enten ske en forsinket nedsivning af forurening eller en betydelig nedbrydning inden en forurening når frem til det primære grundvand. Den største forureningsrisiko i forhold til almene vandforsyningsanlæg eksisterer under forhold, hvor den almene vandforsyning indvinder fra højtliggende grundvandsmagasiner uden væsentlig naturlig beskyttelse.

Sker der et udslip fra et vertikalt jordvarmeanlæg, vil risikoen afhænge af, i hvilken dybde udslippet sker. For terrænnære udslip forholder det sig ligesom for de beskrevne, mens udslip under grundvandsspejlet straks vil spredes horisontalt i grundvandsmagasinet.

## 2.9 Infiltration/grundvandsdannelse

Er der i et område ingen grundvandsdannelse, er der heller ingen risiko for forurening af grundvandet fra jordoverfladen. Herudover stiger forureningsrisikoen ved stigende grundvandsdannelse eller infiltration. Man skal dog være opmærksom på, at grundvandsdannelsen er en dynamisk størrelse, som kan ændre sig i forbindelse med eksempelvis dræning eller ændret vandindvinding.

## 2.10 Grundvandets strømningshastighed og -retning

Grundvandets strømningshastighed i grundvandsmagasinet har betydning for det tidsrum (transporttid) som stoffet vil om at nå en nedstrøms indvindingsboring. Derved vil strømningshastigheden også have en betydning for det tidsrum, hvor der kan ske nedbrydning af stofferne. Derudover vil en strømningshastigheden ligeledes have en betydning for fortyndingen af stoffet i magasinet.

Grundvandets strømningsretning kan ligeledes have en betydning for risikoen for nærliggende indvindingsboringer. Hvis nærliggende boringer står opstrøms jordvarmeanlægget, er der ingen risiko for forurening af indvindingen. Strømningsretningen kan dog ændre sig over tid blandt andet afhængigt af, hvad der foregår af indvinding i området.

## 2.11 Vandret afstand fra anlæg til indvinding

Den vandrette afstand fra anlæg til indvinding har betydning pga. den fortynding, som vil forekomme i grundvandsmagasinet pga. dispersion. Derudover har afstanden en betydning for det tidsrum (transporttid), hvor der kan ske nedbrydning af stofferne.

## 2.12 Oppumpet vandmængde

Den aktuelle koncentration af et givet stof i det oppumpede grundvand afhænger af den oppumpede vandmængde, idet stor oppumpning bevirker stor fortynding. Der er imidlertid tale om en variabel faktor, som det kan være vanskeligt at tage hensyn til i en risikovurdering.

# 3 Transport og nedbrydning

## 3.1 Transportafstand i grundvandsmagasinet

Hvis et udslip af forurening fra et jordvarmeanlæg er nået ned i grundvandsmagasinet, afhænger risikoen for forurening af indvindingsboringer af følgende forhold:

- Grundvandets strømningshastighed og -retning
- Vandret afstand fra anlæg til indvinding
- Oppumpet vandmængde

I hurtigt strømmende grundvand vil en forurening transporteres hurtigt, og den tid der er til rådighed for omsætning, er derfor mindre. Strømningsretningen er afgørende for, om en forurening faktisk transporteres hen til indvindingsanlægget.

Den vandrette afstand fra anlæg til indvinding har betydning pga. den fortynding, som vil forekomme i grundvandsmagasinet på grund af dispersion (spredning). Derudover har afstanden en betydning for det tidsrum (transporttid), hvor der kan ske nedbrydning af stofferne.

Den aktuelle koncentration af et givet stof i det oppumpede grundvand afhænger af den oppumpede vandmængde, idet stor oppumpning bevirker stor fortynding.

Miljøstyrelsen udgav i 2007 en ny vejledning om boringsnære beskyttelsesområder /9/. Vejledningen bruges til at fastsætte beskyttelsesområder omkring vandforsyningsboringer, hvor forskellige typer af anlæg, som kan forurene grundvandet, kan forbydes efter miljøbeskyttelseslovens § 24.

I vejledningen er der angivet en simpel metode til beregning af størrelsen af de boringsnære beskyttelsesområder med udgangspunkt i oplysninger om

- vandindvinding
- magasinets tykkelse (mægtighed)
- magasinets effektive porøsitet
- analysefrekvens for organiske stoffer.

Boringsnære beskyttelsesområder fastsættes således konkret i forhold til den enkelte boring.

I forhold til jordvarmeanlæg er det en komplikation, at der ikke analyseres for de pågældende stoffer ved vandværkernes almindelige boringskontrol. Der er derfor brug for et andet tidsmæssigt kriterium, og til det formål foreslås det at anvende 1 år, da der er årligt eftersyn af anlæggene, og 1 år dermed er den maksimale tid, der kan gå, inden en lækage fra et jordvarmeanlæg bliver opdaget. Det gælder uanset om anlægget er i drift eller ej.

Til brug for en vurdering af, hvad et rimeligt afstandskrav vil være i forhold til jordvarmeanlæg er der foretaget en beregning af BNBO for fire forskellige

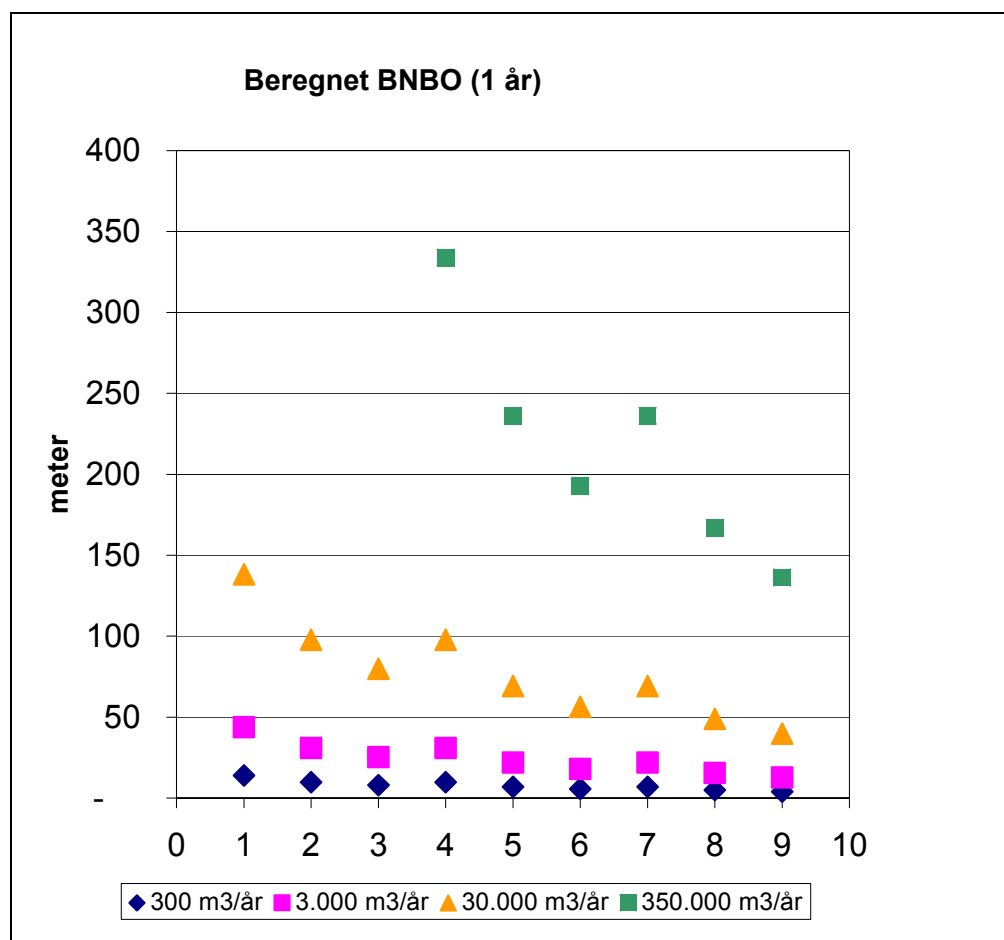
størrelser indvinding. Der er opstillet ni scenarier med forskellig effektiv porøsitet og tykkelse af magasin, jf. Tabel 1. De valgte værdier ligger inden for det almindelige variationsinterval; dog kan den effektive porøsitet i kalkmagasin lokal være væsentligt mindre.

Tabel 1 Scenarier ved beregning af BNBO

Scenarie	Effektiv porøsitet	Tykkelse af magasin, m
1	0,1	5 *
2	0,2	5 *
3	0,3	5 *
4	0,1	10
5	0,2	10
6	0,3	10
7	0,1	20
8	0,2	20
9	0,3	20

\* Ikke beregnet for 350.000 m<sup>3</sup>/år, da man ikke kan trække så meget vand ud af et 5 meter tykt grundvandsmagasin.

De ni scenarier er regnet igennem for vandindvindinger på henholdsvis 300, 3.000, 30.000 og 350.000 m<sup>3</sup>/år. De beregnede størrelser (radius) af BNBO for de ni scenarier med fire forskellige vandindvindinger er vist i Figur 2.



Figur 2 BNBO for standardscenarier - transporttid 1 år

Transportafstanden inden for 1 år er større, jo lavere den effektive porøsitet er, og større, hvis magasinet har lille mægtighed.

Som det fremgår, ligger 1 års transportafstand for de mindste indvindinger under 50 meter. For de lidt større indvindinger, svarende til indvindingen til et mindre alment vandværk, ligger 1 års transportafstanden mellem 40 og 140 meter.

For de største indvindinger er der beregnet 1 års transportafstande, som ligger fra under 150 meter til lidt over 300 meter. Den mindste magasintykkelse på 5 meter er valgt fra for disse vandindvindinger, da det ikke er realistisk at indvinde 350.000<sup>3</sup> om året i et magasin, som kun er 5 meter tykt.

I denne beregning er der ikke taget hensyn til grundvandets naturlige strømning, som kan medføre, at transportafstanden opstrøms er længere, men nedstrøms kortere. I områder med kraftig grundvandsstrøm kan afstandene derfor være misvisende, og vejledningen om BNBO anviser da også metoder til at korrigere for dette.

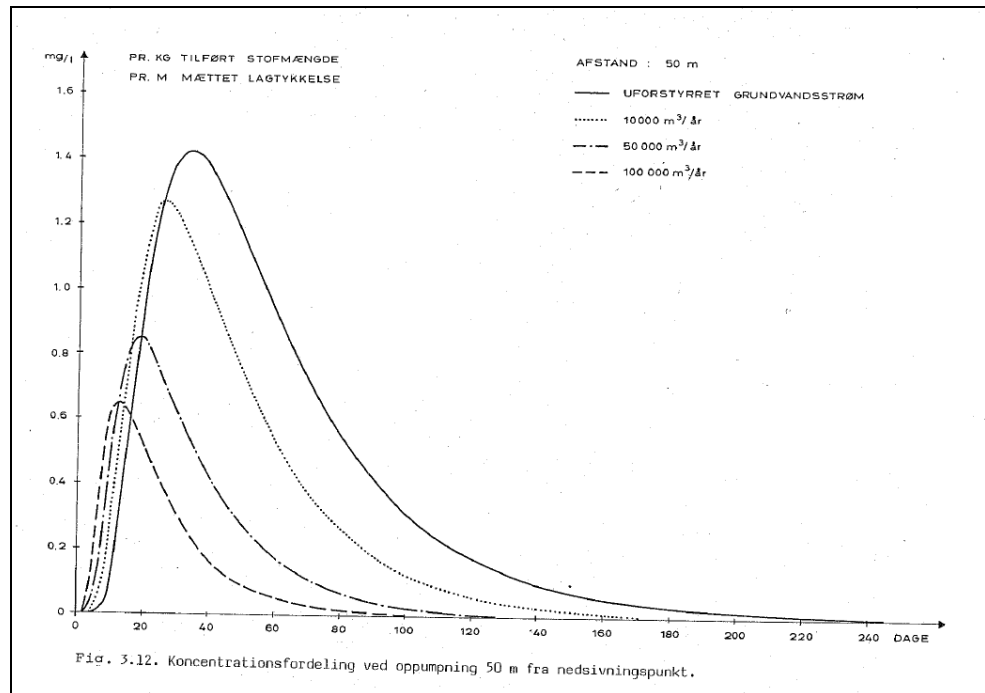
## 3.2 Fortynding og nedbrydning i grundvandsmagasinet - scenarier

### 3.2.1 Metode og grundlag

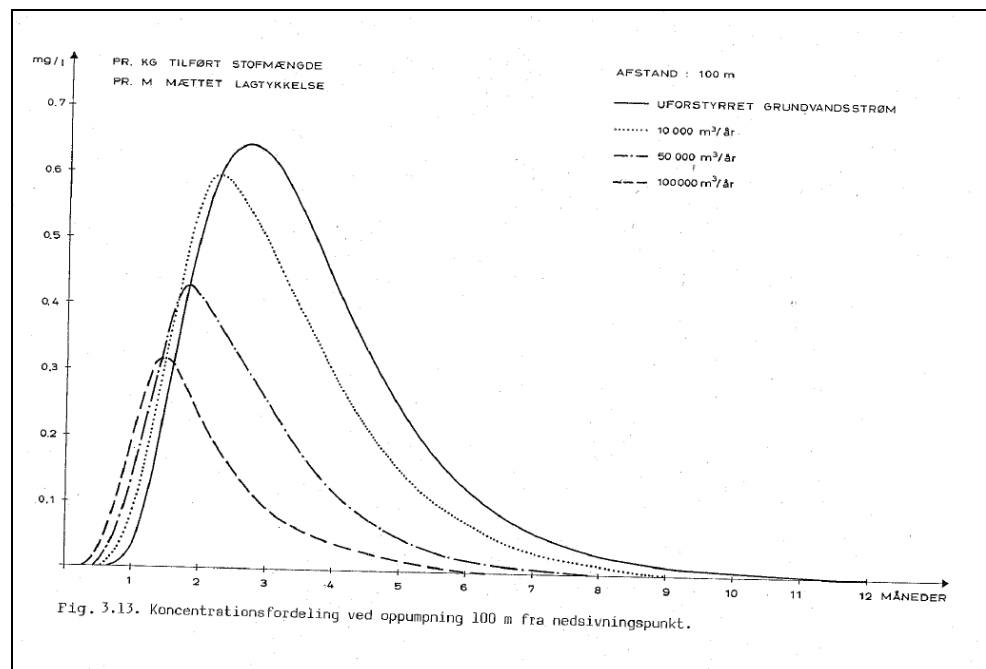
De nuværende afstandskrav for jordvarmeanlæg er som nævnt baseret på vurderinger og beregninger, som er rapporteret i 1986 i /5/. Siden 1986 er den eksisterende viden om transport og nedbrydning af stoffer i jord og grundvand blevet væsentligt større, og der er opnået et større grundlag for at vurdere risikoen for udslip af frostsikringsmiddel.

På baggrund af ny viden og reviderede antagelser er modelberegningerne i /5/ derfor suppleret med nye og ændrede scenarier. Rent teknisk er beregningerne foretaget ved at aflæse kurverne i /5/ (figur 3.12-3.15) og regne videre på resultaterne i regneark. Aflæsningerne er foretaget med en vis usikkerhed, og der er anvendt manuel interpolation for værdier, som ikke tidligere er beregnet. Figureerne er vist nedenfor.

Beregningerne er foretaget under følgende forudsætninger:  
Uforstyrret grundvandsstrømning med Darcy hastighed 0,25 m/d.

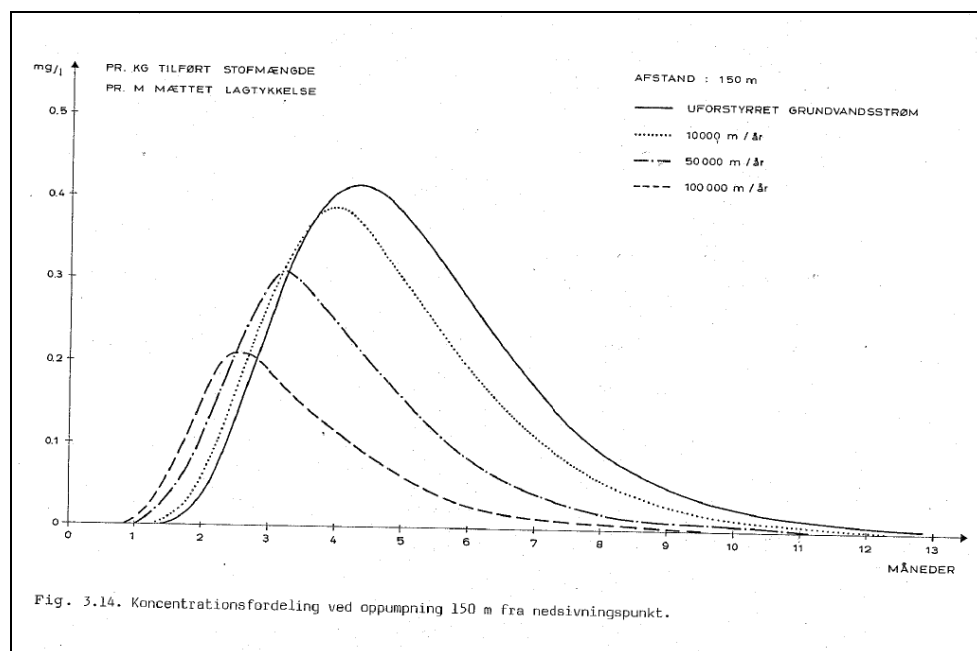


Figur 3 Konzentrationsfordeling ved oppumpning 50 m fra nedsivningspunkt. Fra /5/

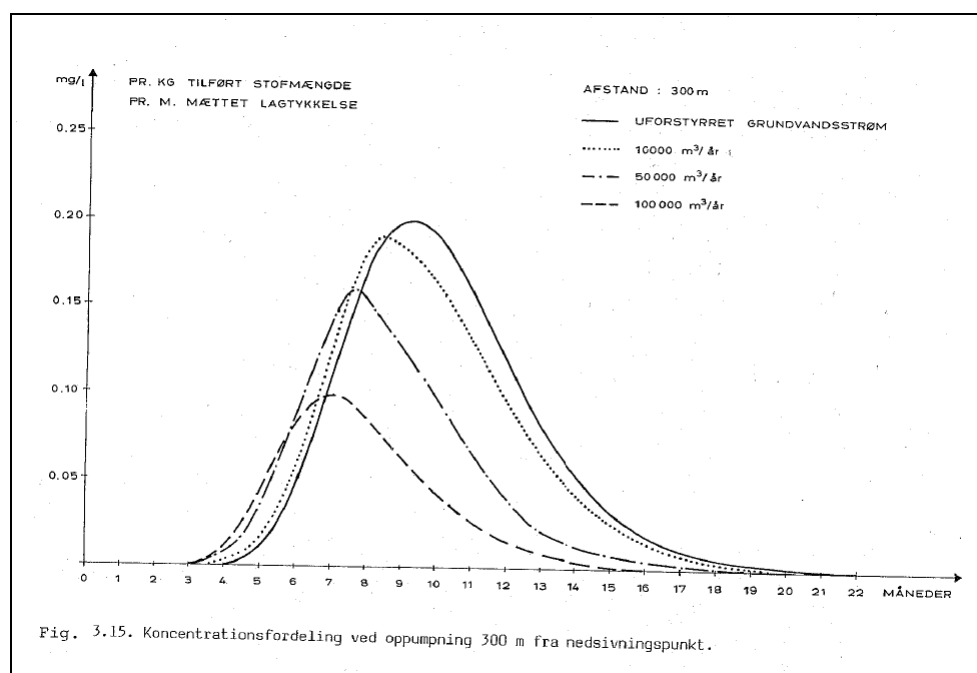


Figur 4 Konzentrationsfordeling ved oppumpning 100 m fra nedsivningspunkt. Fra /5/





Figur 5 Koncentrationsfordeling ved oppumpning 150 m fra nedsivningspunkt. Fra /5/.



Figur 6 Koncentrationsfordeling ved oppumpning 300 m fra nedsivningspunkt. Fra /5/.

I alt er der gennemregnet 132 scenarier i fire forskellige afstande (50, 100, 150 og 300 meter). Resultaterne findes i skemaerne bagest i dette appendix. Alle de beregnede koncentrationer er de *maksimale* beregnede koncentrationer (peak-værdi), svarende til det højeste punkt på kurverne ovenfor.

### 3.2.2 Parametre

De parametre, som er varieret i de nye beregninger, er følgende:

- Spildets størrelse, jf. afsnit 2.1 – idet der *ikke* regnes med afværgeforanstaltninger:
  - En revne eller utæthed i slangen opstår f.eks. på grund af for stor bøjning af slangen eller udvikling af en revne, som er initieret af beskadigelse under lægningen.
  - Overgravning af varmeslangen ved et uheld.
  - "Worst case" – hele slangens indhold tømmes ud i jorden ved et uheld.
- Nedbrydning. Selvom det i /5/ er påvist, at der sker en nedbrydning af stofferne, både i umættet og i mættet zone, er det ikke inddraget i beregningerne i rapporten. På baggrund af litteraturstudiet gennemregnes scenarier med halveringstider på 200, 100 og 30 dage. Der regnes med 1 års nedbrydning, og det er antaget, at væsken er så fortyndet, når den når grundvandsspejlet, at der sker nedbrydning af stoffet med det samme.
- Vandindvinding. Her vælges scenarier, som svarer til en privat husholdning (300 m<sup>3</sup>/år), det mindst mulige almene vandværk (3.000 m<sup>3</sup>/år), et almindelig indvindingsboring til et mindre alment vandværk (30.000 m<sup>3</sup>/år) og et stort alment vandværk (350.000 m<sup>3</sup>/år er grænsen for indberetning til EU, jf. drikkevandsdirektivet).
- Grundvandsmagasinet tykkelse. I /5/ er resultaterne angivet pr. m mættet lagtykkelse. Normalt indvindes der ikke væsentlige mængder vand fra magasiner på mindre end 5 meter mættet lagtykkelse. Jo tykkere magasinet er, desto større bliver fortyndingen.

Parametrene er varieret som det fremgår af Tabel 2.

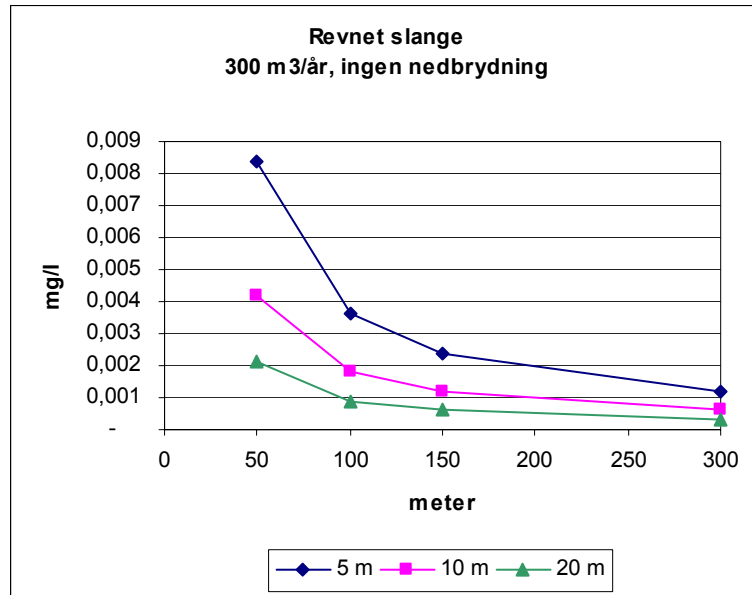
Tabel 2 Parametre i transportberegning

	Tidligere beregning	Ny vurdering
Spildets størrelse, kg	30	0,03 revne i slange 1 overgravning 130 worst case
Nedbrydning, halveringstid	Ingen nedbrydning	200 dage 100 dage 30 dage
Vandindvinding, m <sup>3</sup> /år	10.000 50.000 100.000	300 3.000 30.000 350.000
Magasintykkelse, m	1	5* 10 20
* Ikke beregnet for 350.000 m <sup>3</sup> /år, da det ikke er realistisk at indvinde denne mængde fra et 5 meter tykt grundvandsmagasin.		

Ved vurdering af resultaterne tages der udgangspunkt i et formodet kvalitetskriterium for grundvand for alle stofferne på 10 µg/l, der som nævnt ikke er sundhedsmæssigt begrundet, men skyldes risiko for mikrobiologisk vækst.

### 3.2.3 Revnet slange

Hvis udslippet af brine (varmetransmissionsvæske) er ganske lille, som det vil være ved en revne i slangen, vil fortyndingen under transporten i grundvandsmagasinet være tilstrækkeligt til at den maksimale koncentration er under  $10 \mu\text{g/l}$ , allerede i 50 meters transportafstand i alle scenarier, og uden at der regnes med nedbrydning. Det mest kritiske tilfælde er den mindste indvinding, og derfor er resultaterne for denne vist i Figur 7.

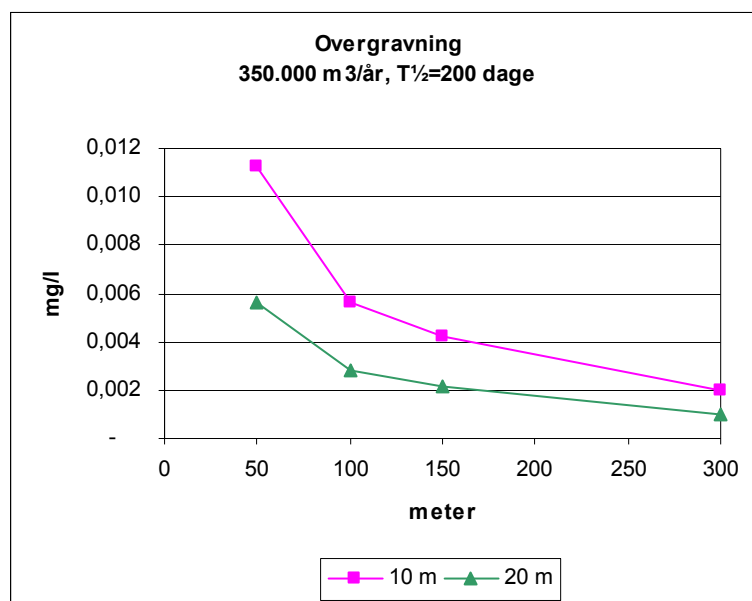


Figur 7 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for tre mægtigheder af magasinet.

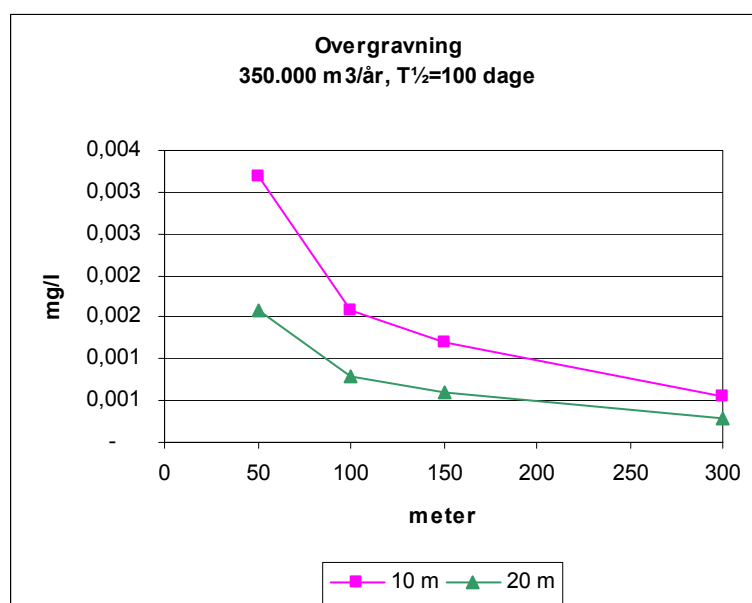
### 3.2.4 Overgravning

For de største vandforsyningsboringer, som indvinder  $350.000 \text{ m}^3/\text{år}$ , vil koncentrationen af frostsikringsmiddel ligge under  $50 \mu\text{g/l}$  i 50 meters afstand i alle scenarier, uanset om der er regnet med biologisk nedbrydning.

I betragtning af, at der vil ske biologisk nedbrydning af frostsikringsmidlet både i umættet zone og i mættet zone, vil det ikke være urealistisk at antage, at koncentrationen i langt de fleste tilfælde vil ligge under  $10 \mu\text{g/l}$ , også selvom transporttiden til 50 meter er mindre end ét år, som jo er det tidsrum, den biologiske nedbrydning er beregnet for. De beregnede koncentrationer ved halveringstid på 200 dage er vist i Figur 8. Koncentrationerne ved halveringstider på 100 eller 30 dage er væsentligt mindre, jf. Figur 9 og tabellerne bagest i dette appendix.



Figur 8 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for to mægtigheder af magasinet

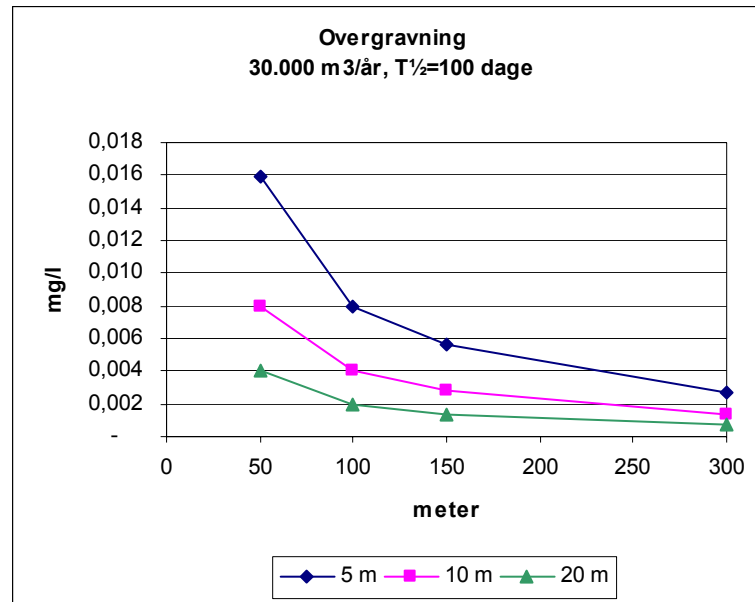


Figur 9 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for to mægtigheder af magasinet

I større afstand falder den maksimale koncentration hurtigt, og i 150-300 meters afstand, som svarer til 1 års transportafstand, vil der ikke være problemer med at overholde kravene, selv under ugunstige nedbrydningsforhold.

For de mellemstore vandforsyningsboringer, som indvinder 30.000 m<sup>3</sup>/år, ligger 1 års transportafstanden mellem 40 og 140 meter. De beregnede maksimumskoncentrationer i 50 meters afstand ligger i intervallet 50-200 µg/l, når der regnes uden nedbrydning. Disse værdier ligger væsentligt under de beregnede acceptable indhold fra 1986, men betydeligt over et eventuelt nyt kvalitetskriterium for grundvand på 10 µg/l.

Regnes der med biologisk nedbrydning, kommer koncentrationerne i 50 meters afstand tæt på af 10 µg/l, afhængigt af de nærmere omstændigheder. Af de beregnede scenarier er situationen med et grundvandsmagasin på kun 5 meters mægtighed mest kritisk, da strømningshastigheden her er større, og tiden til nedbrydning dermed også mindre. Det bemærkes dog, at indvinding af så store vandmængder sjældent sker fra et grundvandsmagasin, der kun er 5 meter tykt. De beregnede koncentrationer ved en halveringstid på 100 dage er vist i Figur 10.

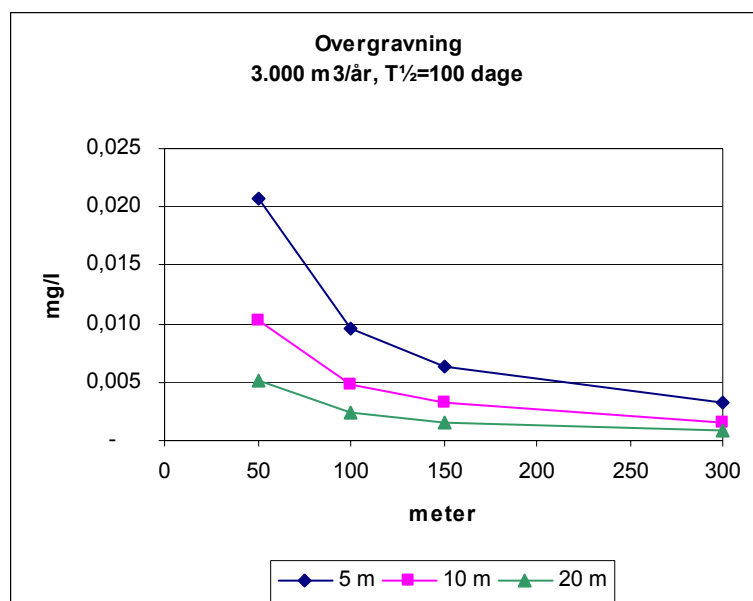


Figur 10 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for tre forskellige mægtigheder af magasinet

Maksimumskoncentrationerne falder hurtigt i større afstand, og i 150 meters afstand, som svarer den maksimale transportafstand for ét år, vil koncentrationerne i de fleste tilfælde ligge under kravene.

For de mindste almene vandforsyninger, som indvinder 3.000 m<sup>3</sup>/år, er fortyndingen mindre, og der fås derfor lidt højere koncentrationer af frostsikringsmiddel end i de større vandværker. Som beskrevet ovenfor, er ét års transportafstanden for disse anlæg dog under 50 meter, og der vil derfor være længere tid til nedbrydning af frostsikringsmidlet.

I Figur 11 vises de beregnede maksimumskoncentrationer ved en halveringstid på 100 dage. Også her må det antages, at koncentrationerne i de fleste tilfælde ligger under kravet i 50 meters afstand, specielt hvis nedbrydning i umættet zone regnes med.



Figur 11 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for tre mægtigheder af magasinet

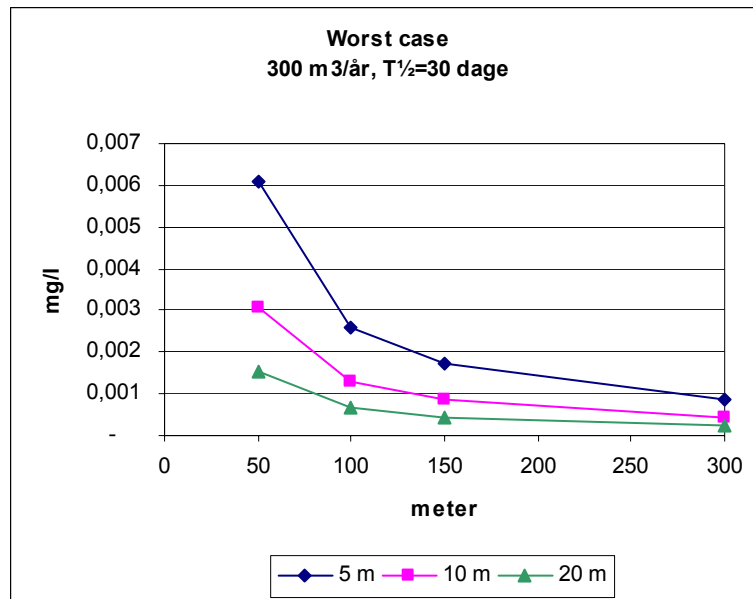
For private brønde og borer, som indvinder 300 m<sup>3</sup>/år er de beregnede koncentrationer ikke meget forskellige fra de værdier, der er beregnet for de mindste vandværker, da kurverne i Figur 3 - Figur 6 ikke kan aflæses tilstrækkelig nøjagtigt.

### 3.2.5 Worst case

Worst case-scenariet er medtaget for god ordens skyld, men samlet set anses scenariet for at være usandsynligt. I dette scenarie fås under de mest ugunstige forhold koncentrationer op mod 30 mg/l i 50 meters afstand for de mindste vandforsyningsboringer, og 4 mg/l for de største, hvis der ikke regnes med nedbrydning. I 300 meters afstand er de tilsvarende koncentrationer nede på henholdsvis 4 mg/l og 0,7 mg/l, hvilket fortsat er væsentligt over det acceptable.

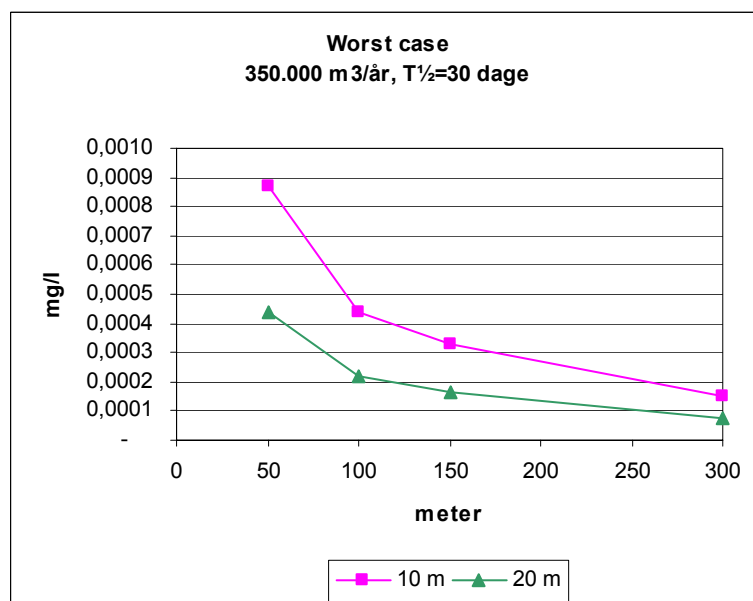
Som beskrevet i rapporten, er det sandsynligt, at der ved et meget stort udslip ikke vil ske nogen nedbrydning af stoffet i begyndelsen, hvor det vil virke toksisk over for de bakterier, der skal nedbryde det. Selvom der regnes med nedbrydning med halveringstider på 100-200 dage, fås der fortsat koncentrationer i mg-størrelse i de fleste af de beregnede scenarier.

Først når der regnes med en halveringstid på 30 dage, bliver nedbrydningen hurtig nok til at sikre, at selv de mindste vandforsyningsanlæg ikke får koncentrationer over 10 µg/l, sådan som det ses i Figur 12.



Figur 12 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for tre mægtigheder af magasinet

De beregnede koncentrationer i større indvindinger er væsentligt lavere end det viste. Som eksempel er vist beregningen for en indvinding på 350.000 m<sup>3</sup>/år, hvor koncentrationen uanset indvindingsforholdene ikke kommer over 1 µg/l.



Figur 13 Beregnede koncentrationer af frostsikringsmiddel for to mægtigheder af magasinet

Det bemærkes, at det kun er worst case-scenariet, der giver anledning til beregnede maksimale koncentrationer i vandforsyningsboringer, som ligger over de acceptable indhold, der blev regnet med i 1986.

## 4 Kilder

- /1/ [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- /2/ [www.ecb.jrc.it](http://www.ecb.jrc.it)
- /3/ <http://toxnet.nlm.nih.gov>
- /4/ Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 31:1, 79-123
- /5/ Energiministeriets varmepumpeforskningsprogram. Kemikalier i jordvarmeanlæg. Risiko for grundvandsforurening. Miljøstyrelsen, april 1986.
- /6/ Klotzbücher et al. 2007. Biodegradability and groundwater pollutant potential of organic anti-freeze liquids used in borehole heat exchangers. Geothermics 36, p. 348-361.
- /7/ Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut. Personlig meddelelse, 21. januar 2008.
- /8/ Peter Gravesen, Knud Erik S. Klint, Ole Stig Jacobsen, William G. Harrar, Gitte Felding, Peter Jørgensen, Inge Fomsgaard og Niels H. Spliid. Transport af vand og pesticider i opsprækket moræneler. Pesticider og grundvand - Temanummer fra Grundvandsgruppen. Miljøforskning 42, April 2000. Det strategiske miljøforskningsprogram.
- /9/ Boringsnære beskyttelsesområder – BNBO. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2007.



## Nedbrydning og transport af brine

- i relation til jordvarmeanlæg

Strømningstid til boring

Halveringstid dage

365 dage

Ingen nedbrydning

Worst case

Indvinding m <sup>3</sup> /år:	1 års strømningstilstand				Revnet slange			Overgravning			Worst case					
	Effektiv por Mægtighed m	BNBO radie m	BNBO areal m <sup>2</sup>	ha	0,03 kg frostvæske			1 kg frostvæske			100 kg frostvæske					
					Fortynding efter afstand (m)	max. konc. mg/l	300	150	50	Fortynding efter afstand (m)	max. konc. mg/l	300	150	50	Fortynding efter afstand (m)	max. konc. mg/l
300	0,1	5	14	600	0,008	0,004	0,002	0,001	0,280	0,120	0,080	0,040	28.000	12.000	8.000	4.000
300	0,2	5	10	300	0,008	0,004	0,002	0,001	0,280	0,120	0,080	0,040	28.000	12.000	8.000	4.000
300	0,3	5	8	200	0,008	0,004	0,002	0,001	0,280	0,120	0,080	0,040	28.000	12.000	8.000	4.000
300	0,1	10	10	300	0,004	0,002	0,001	0,001	0,140	0,060	0,040	0,020	14.000	6.000	4.000	2.000
300	0,2	10	7	150	0,004	0,002	0,001	0,001	0,140	0,060	0,040	0,020	14.000	6.000	4.000	2.000
300	0,3	10	6	100	0,004	0,002	0,001	0,001	0,140	0,060	0,040	0,020	14.000	6.000	4.000	2.000
300	0,1	20	7	150	0,002	0,001	0,001	0,000	0,070	0,030	0,020	0,010	7.000	3.000	2.000	1.000
300	0,2	20	5	75	0,002	0,001	0,001	0,000	0,070	0,030	0,020	0,010	7.000	3.000	2.000	1.000
300	0,3	20	4	50	0,002	0,001	0,001	0,000	0,070	0,030	0,020	0,010	7.000	3.000	2.000	1.000
3.000	0,1	5	44	6.000	0,008	0,004	0,002	0,001	0,260	0,120	0,080	0,040	26.000	12.000	8.000	4.000
3.000	0,2	5	31	3.000	0,008	0,004	0,002	0,001	0,260	0,120	0,080	0,040	26.000	12.000	8.000	4.000
3.000	0,3	5	25	2.000	0,008	0,004	0,002	0,001	0,260	0,120	0,080	0,040	26.000	12.000	8.000	4.000
3.000	0,1	10	31	3.000	0,004	0,002	0,001	0,001	0,130	0,060	0,040	0,020	13.000	6.000	4.000	2.000
3.000	0,2	10	22	1.500	0,004	0,002	0,001	0,001	0,130	0,060	0,040	0,020	13.000	6.000	4.000	2.000
3.000	0,3	10	18	1.000	0,004	0,002	0,001	0,001	0,130	0,060	0,040	0,020	13.000	6.000	4.000	2.000
3.000	0,1	20	22	1.500	0,002	0,001	0,001	0,000	0,065	0,030	0,020	0,010	6.500	3.000	2.000	1.000
3.000	0,2	20	15	750	0,002	0,001	0,001	0,000	0,065	0,030	0,020	0,010	6.500	3.000	2.000	1.000
3.000	0,3	20	13	500	0,002	0,001	0,001	0,000	0,065	0,030	0,020	0,010	6.500	3.000	2.000	1.000
30.000	0,1	5	138	60.000	0,006	0,003	0,002	0,001	0,200	0,100	0,070	0,034	20.000	10.000	7.000	3.400
30.000	0,2	5	98	30.000	0,006	0,003	0,002	0,001	0,200	0,100	0,070	0,034	20.000	10.000	7.000	3.400
30.000	0,3	5	80	20.000	0,006	0,003	0,002	0,001	0,200	0,100	0,070	0,034	20.000	10.000	7.000	3.400
30.000	0,1	10	98	30.000	0,003	0,002	0,001	0,001	0,100	0,050	0,035	0,017	10.000	5.000	3.500	1.700
30.000	0,2	10	69	15.000	0,003	0,002	0,001	0,001	0,100	0,050	0,035	0,017	10.000	5.000	3.500	1.700
30.000	0,3	10	56	10.000	0,003	0,002	0,001	0,001	0,100	0,050	0,035	0,017	10.000	5.000	3.500	1.700
30.000	0,1	20	69	15.000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,050	0,025	0,018	0,009	5.000	2.500	1.750	0,850
30.000	0,2	20	49	7.500	0,002	0,001	0,001	0,000	0,050	0,025	0,018	0,009	5.000	2.500	1.750	0,850
30.000	0,3	20	40	5.000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,050	0,025	0,018	0,009	5.000	2.500	1.750	0,850
350.000	0,1	10	334	350.000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,040	0,020	0,015	0,007	4.000	2.000	1.500	0,700
350.000	0,2	10	236	175.000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,040	0,020	0,015	0,007	4.000	2.000	1.500	0,700
350.000	0,3	10	193	116.667	0,001	0,001	0,000	0,000	0,040	0,020	0,015	0,007	4.000	2.000	1.500	0,700
350.000	0,1	20	236	175.000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,008	0,004	2.000	1.000	0,750	0,350
350.000	0,2	20	167	87.500	0,001	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,008	0,004	2.000	1.000	0,750	0,350
350.000	0,3	20	136	58.333	0,001	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,008	0,004	2.000	1.000	0,750	0,350



## Nedbrydning og transport af brine

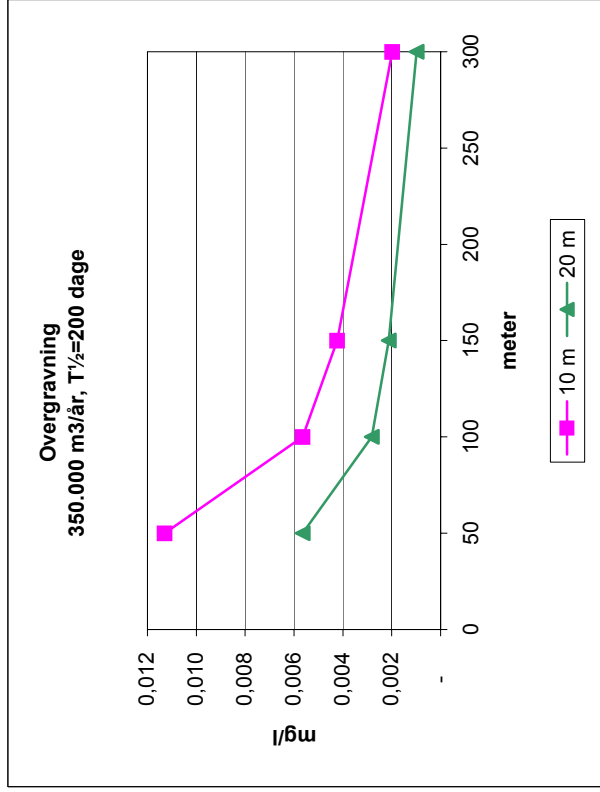
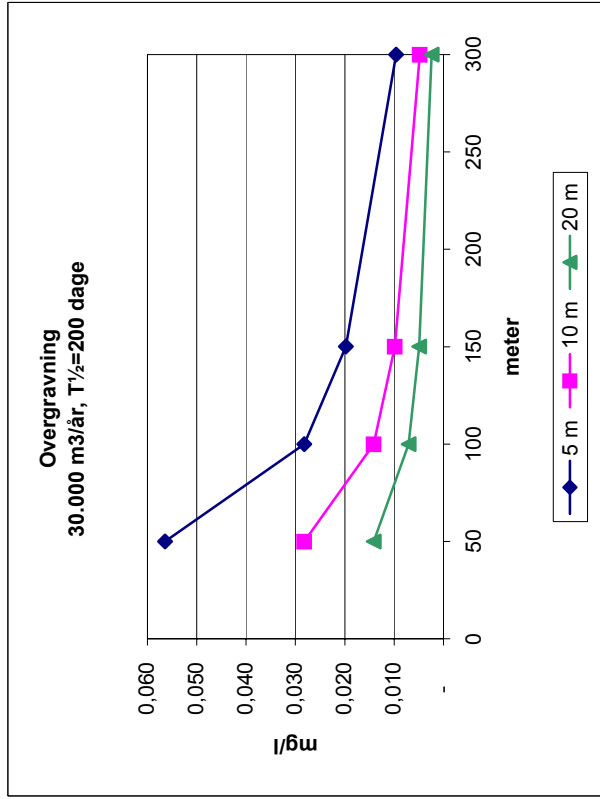
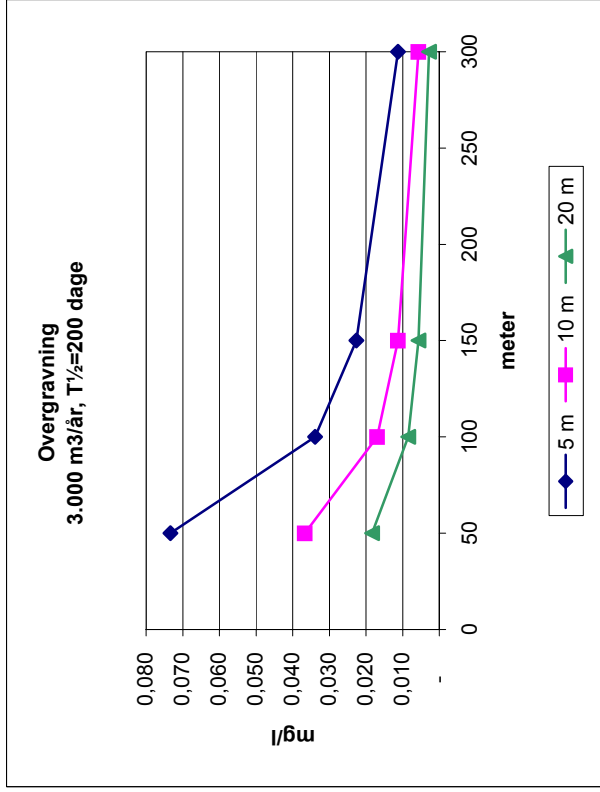
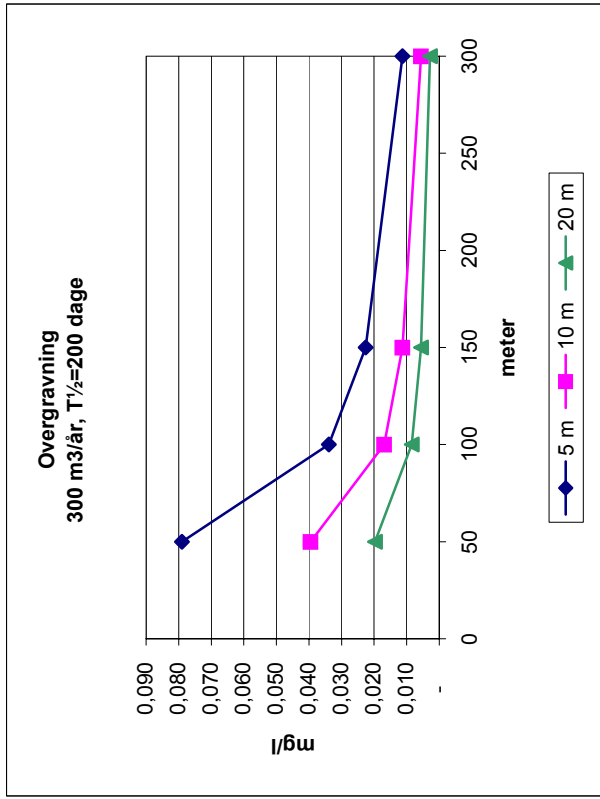
- i relation til jordvarmeanlæg

Strømningstid til boring Halveringstid	365 dage 200 dage		0,0035 /dag		Overgravning						Worst case					
					Revnet slange			1 kg frostvæske			100 kg frostvæske			100 kg frostvæske		
	Strømningstid til boring	Halveringstid	1 års strømningsafstand	1 års strømningsafstand	0,03 kg frostvæske		0,03 kg frostvæske		1 kg frostvæske		100 kg frostvæske		100 kg frostvæske		100 kg frostvæske	
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	50	100	150	300	50	100	150	300	50	100	150	300
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	0,002	0,001	0,001	0,001	0,079	0,034	0,023	0,011	7,903	3,387	2,258	1,129
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,040	0,017	0,011	0,006	3,951	1,693	1,129	0,564
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,020	0,008	0,006	0,003	1,976	0,847	0,564	0,282
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,073	0,034	0,023	0,011	7,338	3,387	2,258	1,129
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,037	0,017	0,011	0,006	3,669	1,693	1,129	0,564
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,018	0,008	0,006	0,003	1,835	0,847	0,564	0,282
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,056	0,028	0,020	0,010	5,645	2,822	1,976	0,960
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,028	0,014	0,010	0,005	2,822	1,411	0,988	0,480
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,007	0,005	0,002	1,411	0,706	0,494	0,240
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	350.000	350.000	350.000	350.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,006	0,004	0,002	1,129	0,564	0,423	0,198
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	350.000	350.000	350.000	350.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003	0,002	0,001	0,564	0,282	0,212	0,099

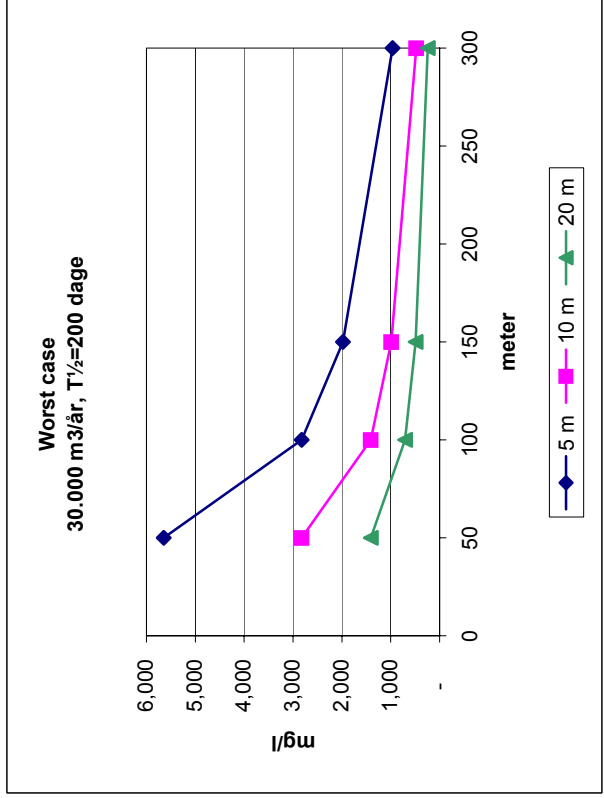
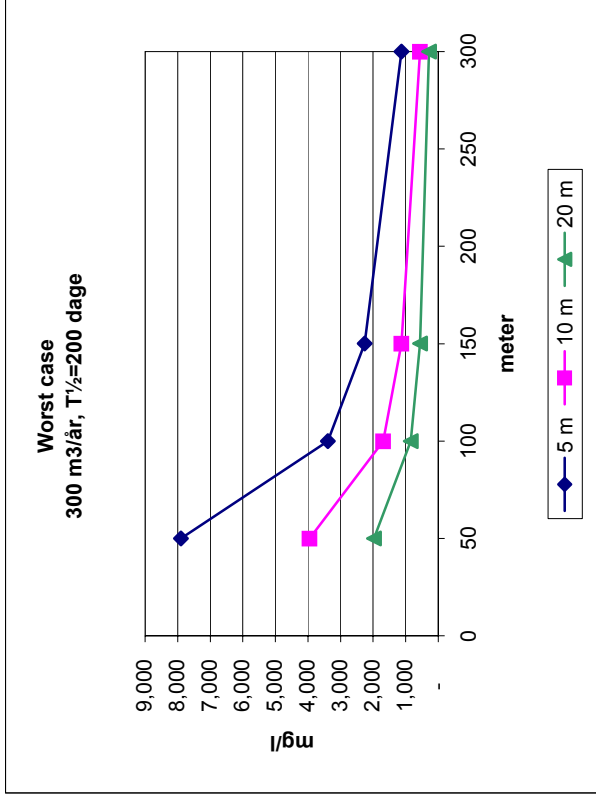
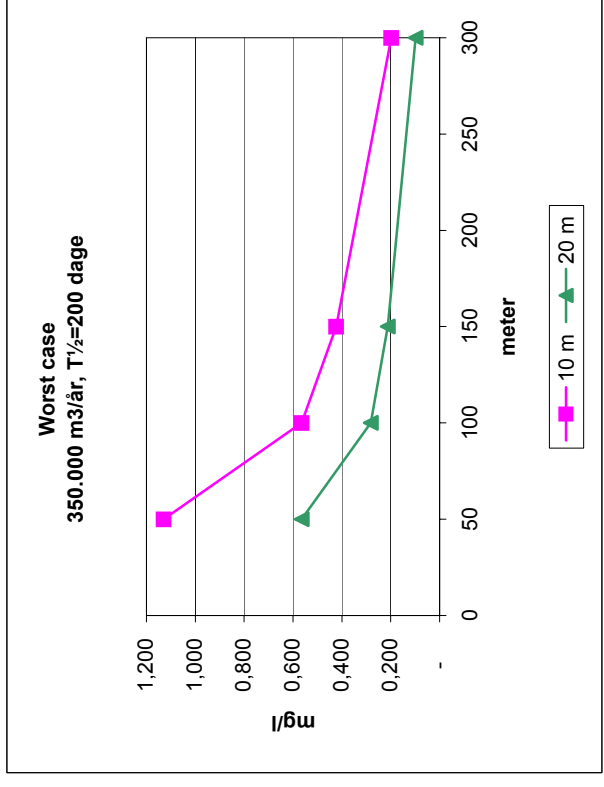
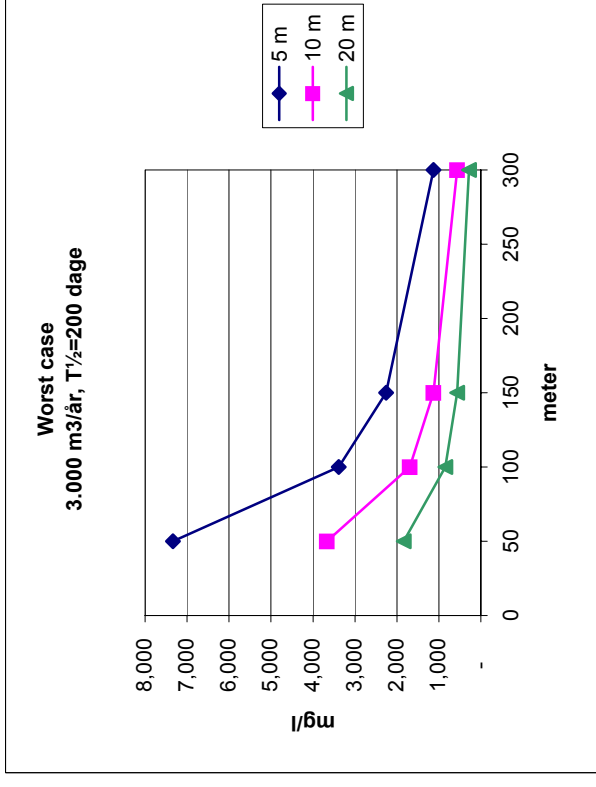
Strømningstid til boring Halveringstid	365 dage 100 dage		0,0069 /dag		1 kg frostvæske						100 kg frostvæske					
					0,03 kg frostvæske			1 kg frostvæske			100 kg frostvæske			100 kg frostvæske		
	Strømningstid til boring	Halveringstid	1 års strømningsafstand	1 års strømningsafstand	Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.	
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	50	100	150	300	50	100	150	300	50	100	150	300
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	0,001	0,000	0,000	0,000	0,022	0,010	0,006	0,003	2,230	0,956	0,637	0,319
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,005	0,003	0,002	1,115	0,478	0,319	0,159
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,002	0,002	0,001	0,558	0,239	0,159	0,080
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,021	0,010	0,006	0,003	2,071	0,956	0,637	0,319
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,005	0,003	0,002	1,036	0,478	0,319	0,159
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,002	0,002	0,001	0,518	0,239	0,159	0,080
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,008	0,006	0,003	1,593	0,797	0,558	0,271
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,004	0,003	0,001	0,797	0,398	0,279	0,135
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,001	0,001	0,398	0,199	0,139	0,068
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	350.000	350.000	350.000	350.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,001	0,001	0,319	0,159	0,119	0,056
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	350.000	350.000	350.000	350.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,159	0,080	0,060	0,028

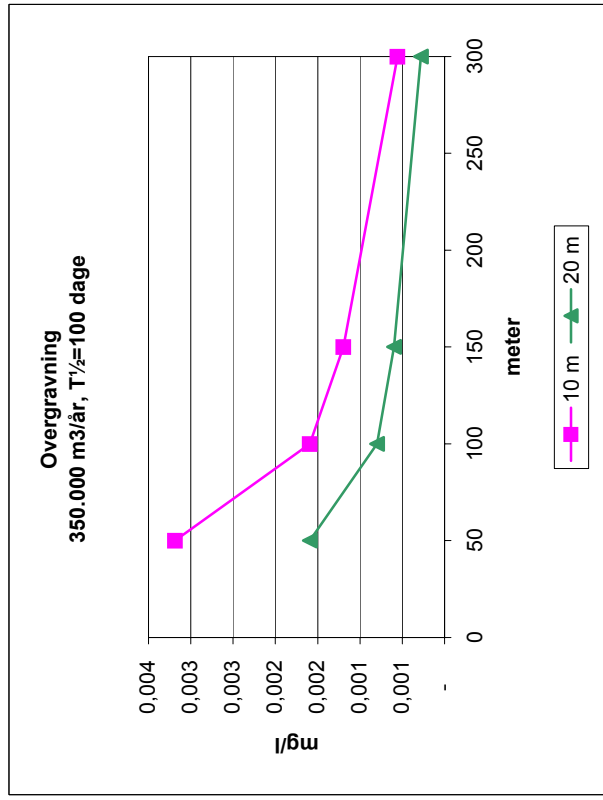
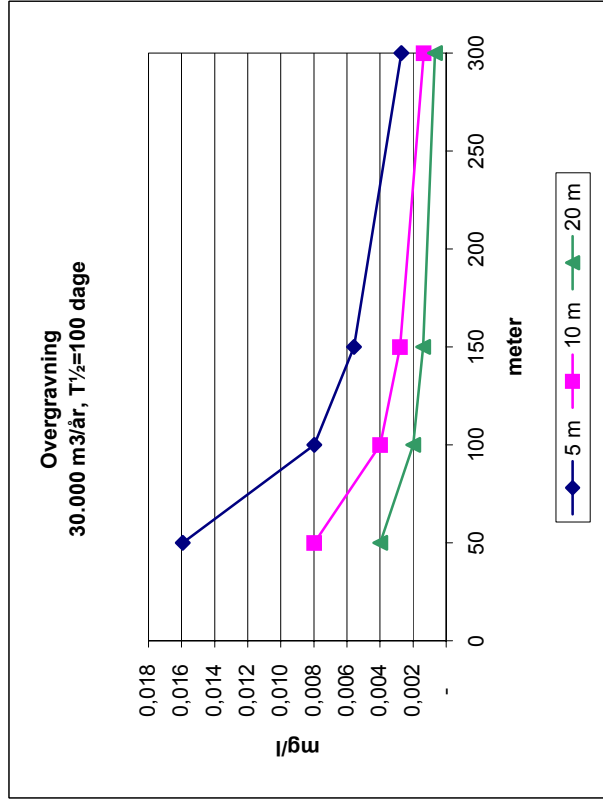
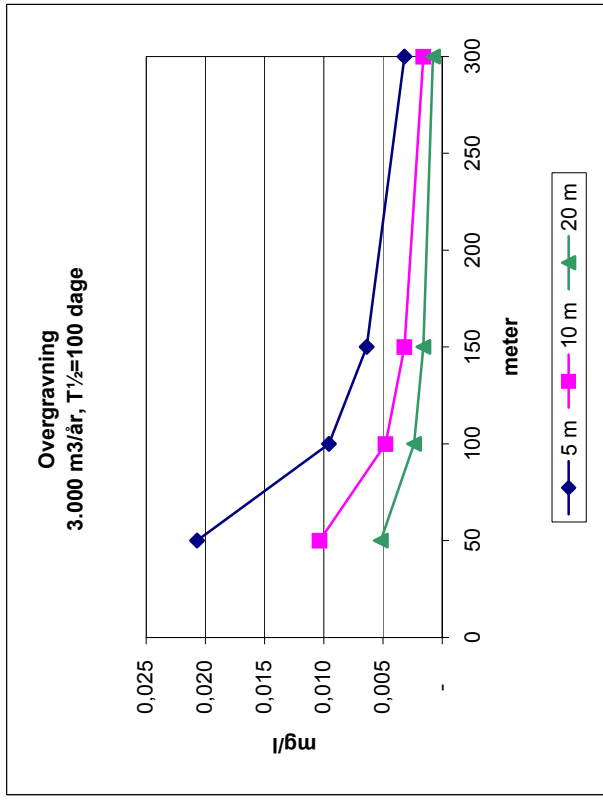
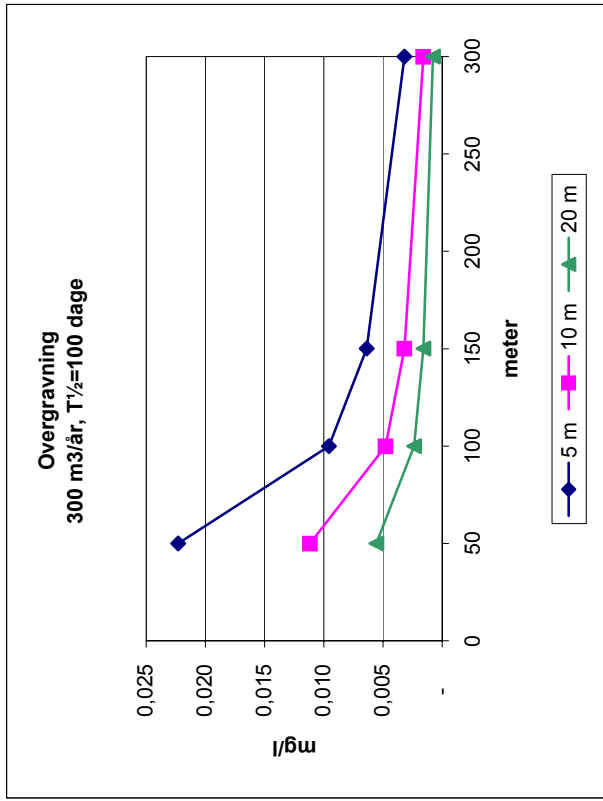
Strømningstid til boring Halveringstid	365 dage 30 dage		0,023 /dag		1 kg frostvæske						100 kg frostvæske					
					0,03 kg frostvæske			1 kg frostvæske			100 kg frostvæske			100 kg frostvæske		
	Strømningstid til boring	Halveringstid	1 års strømningsafstand	1 års strømningsafstand	Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.		Fortyding efter afstand (m), max. konc. mg.	
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	50	100	150	300	50	100	150	300	50	100	150	300
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003	0,002	0,001
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	300	300	300	300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003	0,002	0,001
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	3000	3000	3000	3000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,000	0,000
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	30000	30000	30000	30000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	350.000	350.000	350.000	350.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Indvinding m <sup>3</sup> /år:	350.000	350.000	350.000	350.000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

$T_{1/2} = 200$  dage

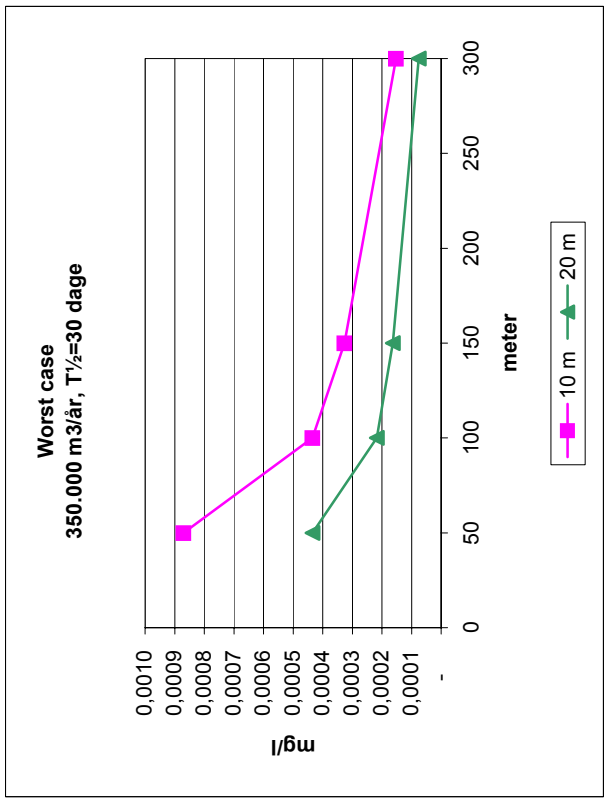
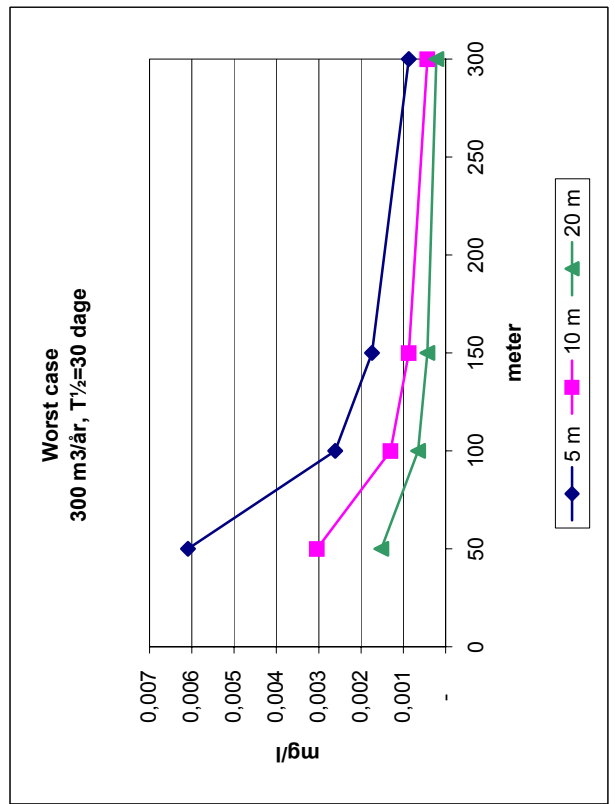
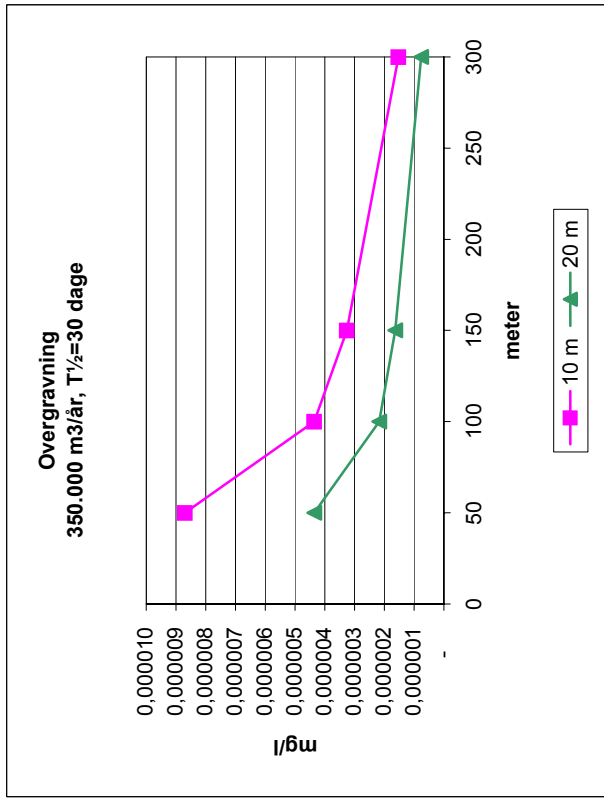
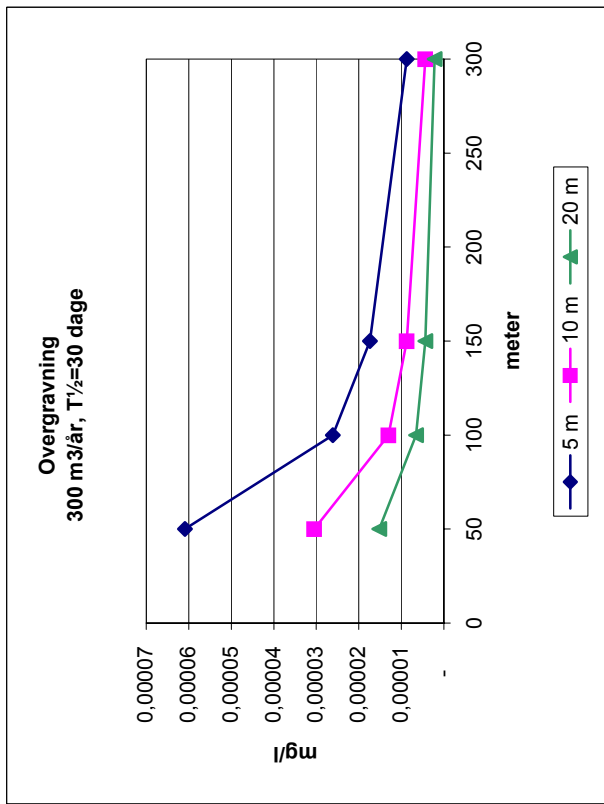


$T_{1/2} = 200$  dage





$T_{1/2}=30$  dage







# Anlægstyper

## INDHOLD

<b>1</b>	<b>JORDVARMEANLÆG</b>	<b>130</b>
1.1	HVORDAN FUNGERER JORDVARMEANLÆG	130
1.2	VARMEOPTAGERSYSTEMET	131
1.3	DIMENSIONERING AF JORDVARMEANLÆG	132
1.4	GODKENDELSE OG KVALITETSSIKRING AF VARMEPUMPEANLÆG	134
<b>2</b>	<b>VARMESLANGER I JORD (HORISONTALE ANLÆG)</b>	<b>135</b>
2.1	VALG AF SLANGE	135
2.2	SAMLINGER	135
2.3	NEDLÆGNING AF VARMESLANGER	137
2.4	MONTERING AF JORDVARMEANLÆG	138
<b>3</b>	<b>JORDVARMEBORINGER (VERTIKALE ANLÆG)</b>	<b>140</b>
3.1	ANLÆGSTYPER	140
3.2	INSTALLATION AF VARMEOPTAGEREN	142
3.2.1	<i>Typer af varmeoptagere</i>	<i>142</i>
3.2.2	<i>Tætning af boringer</i>	<i>145</i>
3.2.3	<i>Dimensionering og sikkerhed</i>	<i>146</i>
3.2.4	<i>Terrænaflutning</i>	<i>146</i>
3.3	ALUMINIUM I JORDVARMEBORINGER	147
<b>4</b>	<b>REFERENCER</b>	<b>149</b>

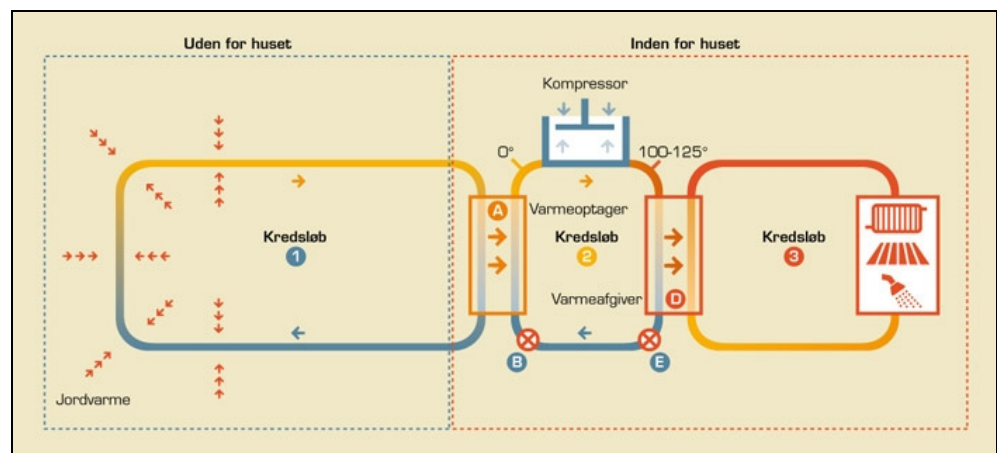
# 1 Jordvarmeanlæg

## 1.1 Hvordan fungerer jordvarmeanlæg

En varmepumpe udnytter varmeenergien fra omgivelserne (her fra jorden), som er optaget ved et lavt temperaturniveau, og omsætter denne varmeenergi til et højere temperaturniveau, som direkte kan anvendes til opvarmningsformål og varmt brugsvand. Omsætningen af varmeenergien fra et lavt til et højere temperaturniveau sker i en kredsproces i selve varmepumpen. Processen svarer i princippet til den proces, der foregår i et køleskab – her hentes varmen fra indersiden af køleskabet (optagersiden) og denne afleveres efterfølgende på ydersiden af skabet (varmeafgiveren). Hele processen forløber ved at tilføre energi til kompressoren.

Figur 1 illustrerer jordvarmeanlæggets princip.

- Kredsløb (1) er jordslangerne, som optager varme fra jorden. I dette kredsløb er der brine, dvs. vand som er tilsat frostsikringsmiddel.
- Kredsløb (2) er selve varmepumpen, hvor der cirkulerer et kølemiddel, dvs. en gas.
- Kredsløb (3) er husets opvarmningssystem, hvor der cirkulerer vand.



Figur 1 Principskitse af jordvarmeanlæg. Figur fra IVT Naturvarme

Selve kredsprocessen i varmepumpen består af

- fordampling (A), hvor kølemidlet optager varme fra jordslangekredsløbet ved et lavt temperaturniveau,
- kompression, hvor kølemidlets tryk hæves, hvilket får temperaturen til at stige,
- kondensering (D), hvor kølemidlet afgiver varme til husets varmesystem ved et højt temperaturniveau og tryk og
- drøvling (E-B), hvor kølemidlets tryk sænkes og temperaturen falder, inden det ledes til fordampningen igen.

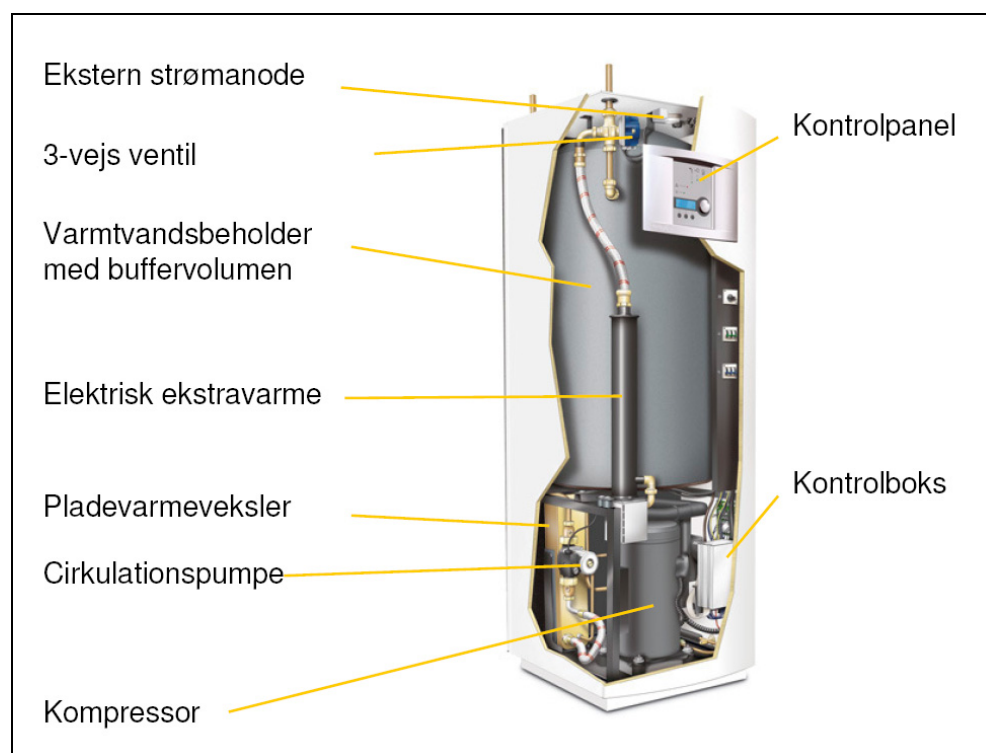
På grund af meget lave temperaturer i varmepumpen er det nødvendigt at frostsikre den væske, som cirkulerer i varmeoptageren (jordslangerne).

Kølemidlet vil for mindre anlæg ofte være en såkaldt HFC gas, der er en kraftig drivhusgas, der dog er lukket inde i et hermetisk (lufttæt) system, og således ikke direkte indvirker på den globale opvarmning. Kølemidler med drivhuseffekt er reguleret i bekendtgørelsen om drivhusgasser som beskrevet i hovedrapporten.

Et varmepumpeanlæg karakteriseres generelt ved varmekilden og varmeafgivervsystemet. Jordvarmeanlæg hører til gruppen jord/vand (væske/vand), hvilket betyder, at varmepumpeanlægget tager varmen fra jorden og afgiver den til et vandbaseret varmeanlæg i huset, f.eks. et radiator- eller gulvvarmesystem. Andre typer er f.eks. luft/luft anlæg, som bl.a. omfatter køleskabe.

For anlæg med varmeslanger ligger indløbstemperaturen til varmepumpen normalt i intervallet 0 – 6 °C, mens udløbstemperaturen efter varmepumpen er ca. tre grader lavere. I jordvarmeboringer varierer temperaturen mindre over året. Indløbstemperaturen i disse anlæg er normalt 5-6 °C, og udløbstemperaturen 2-3 °C.

Varmeveksleren anbringes sammen med anlæggets øvrige dele i et installationskab, f.eks. som i Figur 2.



Figur 2 Installationsskab til jordvarme

## 1.2 Varmeoptagersystemet

Varmeoptagersystemet i jordvarmeanlæg har til formål at optage og transportere varmen fra jorden ind til varmepumpen. I de mest almindelige anlæg anvendes en væske som varmetransmissionsmedium, men der findes også anlæg, hvor kølemidlet på gasform sendes ud i jordslanger.

Væsken i jordvarmeanlæggets varmeoptagersystem skal være frostsikret. Årsagen til dette er, at selv ved indgangs- eller jordtemperaturer over 0 °C, vil der kunne optræde temperaturer lavere end 0 °C i selve varmepumpen, hvor varmen optages af et fordampende kølemiddel. Her vil temperaturen normalt vil være under 0 °C. I nogle anlæg kan udløbstemperaturen fra varmeveksleren ligge under 0 °C i perioder, og der kan dannes kondens på slangerne, som fryser til is i et lag uden om slangen.

Den frostsikrede væske kaldes brine og består normalt af vand, tilsat 25 - 30 % IPA-sprit (sprit denatureret med isopropylalkohol) eller ethylenglycol. Også andre frostsikringsmidler er tilladt, herunder propylenglycol, som anvendes sjældent, samt salte og betain, som i praksis ikke er set anvendt i Danmark..

### 1.3 Dimensionering af jordvarmeanlæg

Hovedparten af de solgte jordvarmeanlæg er traditionelle systemer, hvor der nedgraves et passende antal meter varmeslanger i jord. Normalt nedgraves ca. 25-35 meter slange pr. kW dimensionerende varmetab i huset, hvor varmepumpen normalt dimensioneres til at dække 80-85 % af det dimensionerende varmetab svarende til ca. 95-98% af den årlige varmeenergi til huset. Et anlæg til et almindeligt parcelhus ligger normalt omkring 7-9 kW, svarende til en jordslange på op til 400 meters længde. For jordvarmeboringer afhænger dimensioneringen af geologiske og hydrogeologiske forhold.

Systemets effektivitet afhænger i høj grad af temperaturniveau på varm og kold side – det gælder om at holde den varme side på et så lavt temperaturniveau som muligt, og om at holde den kolde side (jordslangerne) på et så højt temperaturniveau som muligt. En tommelfingerregel siger, at for hver grad den kolde side bliver varmere stiger anlæggets effektivitet med ca. 3-5%, og for hver grad den varme side (fremløbet til radiatorer eller gulvvarme) sænkes, bliver systemet ca. 2-3% mere effektivt.

Varmepumpeanlæggets effektivitet angives ved en såkaldt effektfaktor, som populært beskrevet er forholdet mellem den tilførte energi og den energi, der kommer ud af anlægget. Effektfaktoren angives ofte som COP (coefficient of performance). Effektfaktoren er mere præcist forholdet mellem varmepumpens kapacitet (kW) og den tilførte effekt (kW) til varmepumpen. Ved prøvning på Teknologisk Institut måles varmepumpens kapacitet og den tilførte effekt, herunder hjælpeeffekt i form af pumper, ventilatorer m.v., ved bestemte driftstilstande fastlagt i henhold til Dansk og Europæisk Standard. Effektfaktoren beregnes for de i standarden fastlagte temperaturer for hhv. varmeoptager og varmeafgiver.

Når et varmepumpeanlæg driftsøkonomisk vurderes, er det nødvendigt at tage udgangspunkt i en skønnet årsnyttevirkningsgrad, dvs. leveret energi i forhold til tilført energi. For nye jordvarmeanlæg ligger effektfaktoren typisk i intervallet 3-4, men på grund af teknologisk udvikling forbedres effektfaktoren løbende. Der kan i øvrigt være variation mellem forskellige anlægstyper og varmeafgiversystemer. Ved nybyggeri, hvor det er muligt fra starten at dimensionere et optimalt varmesystem og i eksisterende boligmasse med lave temperaturkrav til opvarmningsanlægget f.eks. gulvvarmeanlæg, vil det som regel være de højeste (bedste) værdier, der gælder.

I litteraturen ses varmepumpers nyttevirkning ofte opgivet uden angivelse af driftstilstand, dvs. uden at varmekildetemperatur og fremløbstemperatur er anført. Dette betyder at man skal være meget opmærksom på kun at drage sammenligninger når driftsbetingelserne og angivelserne af afgivet, og tilført effekt eller tilført energi er sammenlignelige.

Der er de seneste år dukket en række anlæg op på markedet med "behovsstyring", der dækker over en teknologi, hvor kompressoren, og for nogle også cirkulationspumpen, reguleres efter det aktuelle behov. Dette betyder i praksis, at kompressoren og evt. pumpernes omdrejningstal reguleres, således at varmeafgivelsen passer til husets aktuelle behov. Anvendes denne teknologi kan den årlige effektivitet hæves betragteligt, hvilket betyder, at der reelt skal hentes mere varme i jordslangen. Dermed skal slangen som minimum være samme længde som i et traditionelt system.

Et jordvarmeanlæg vil normalt dække både rumvarmebehov og brugsvandsbehov i bygningen og er opbygget enten med beholderen integreret i enheden, eller alternativt med beholderen placeret ved siden af varmepumpen. Hovedparten af disse apparater anvender en såkaldt "brugsvandsprioritering" som betyder, at varmepumpen producerer brugsvand som første prioritet, og derefter produceres rumvarme.

Brugsvandsprioriteringen medfører, at anlæggets fremløbstemperatur varierer og tilpasses det aktuelle behov. Kondenseringstemperaturen følger fremløbstemperaturen, og derfor kører anlægget kun med den høje kondenseringstemperatur, når der er behov for brugsvandsproduktion. Da anlægget som beskrevet ovenfor er mest effektivt ved en lav kondenseringstemperatur, øges den samlede effektivitet herved.

I jordvarmeboringer er det en mulighed at vende varmepumpen i sommerperioden og i stedet bruge anlægget til køling. Herved opvarmes borehullet igen, og anlæggets effektivitet og levetid forlænges. Denne metode kaldes reversering og er hidtil kun set i større anlæg, hvor der også er et behov for køling om sommeren, f.eks. til aircondition. Reversering har størst betydning i anlæg, hvor der ikke er betydelig grundvandsstrømning. En kraftig grundvandsstrøm vil føre såvel kulde som varme bort fra boringen, og reversering vil her kun betyde, at der er mulighed for køling i sommerperioden med et begrænset energiforbrug.

Indtil videre findes der ikke danske retningslinier for dimensionering af jordvarmeboringer. Den tyske ingeniørforenings retningslinier /1/ vurderes at overestimere varmeoptagelsen og vil derfor føre til underdimensionerede anlæg under danske forhold.

Information om dimensionering af varmepumpeanlæg kan findes hos Teknologisk Institut, jf. nedenfor.

For at sikre korrekt dimensionering og vedligeholdelse af varmepumpeanlæg har installatørerne desuden en kvalitetssikringsordning, som kaldes Varmepumpeordningen (VPO). Denne ordning tæller i dag mere end 100 installatører fordelt rundt i Danmark. Alle disse installatører har gennemgået og bestået et kursus, som sikrer, at de kan beregne og dimensionere varmepumper. Ordningen er nærmere beskrevet på [www.vp-ordning.dk](http://www.vp-ordning.dk). Teknologisk Institut har pr. 1.oktober 2007 overtaget sekretariatet for Varmepumpeordningen.

Der er krav om, at den elektriske tilslutning udføres af en el-installatør.

#### 1.4 Godkendelse og kvalitetssikring af varmepumpeanlæg

Der findes i dag ingen lovkrav vedr. godkendelse af varmepumper eller de installatører, der monterer anlæggene. Dog er selve kølesystemet i varmepumpen omfattet af arbejdsmiljøreglerne i bekendtgørelsen om anvendelse af trykbærende udstyr.

Der er iværksat flere ordninger, der skal sikre forbrugeren og medvirke til at sikre, at markedet baseres på kvalitetsanlæg.

Teknologisk Institut administrerer en frivillig systemgodkendelsesordning for varmepumpeanlæg, en ordning der bygger på den tidligere "Prøvestation for Varmepumpeanlæg", der fra 1980-2002 var Energistyrelsens godkendelsesorgan i forbindelse med de daværende tilskudsordninger.

Ordningen, der blev iværksat i begyndelsen af 2002, bygger på følgende forhold:

- Krav til dokumentation af anlæg, herunder installations- og brugervejledning, offentliggjorte performance data etc.
- Vurdering af systemopbygning, herunder køleteknisk gennemgang og vurdering af anlæggets forventede levetid.
- Krav vedr. backup til forbrugere – reservedelslager, uddannet personale etc. til servicering af anlæg.

Ordningen tæller i dag (december 2007) mere end 100 varmepumpeanlæg, heraf 67 jordvarmeanlæg. Der udarbejdes i ordningen en såkaldt "positivliste" hvor data på de enkelte anlæg præsenteres på ordningens hjemmeside ([www.varmepumpeinfo.dk](http://www.varmepumpeinfo.dk)). Siden indeholder udover positivlisten en del almen information om varmepumper, som er rettet mod privatforbrugere, bl.a. en række dokumenter, der er tiltænkt som hjælpeværktøjer i forbindelse med køb af varmepumpe. Herudover indeholder siden en række informationer stilet til producenter og leverandører af varmepumper, bl.a. information om lovgivning, standardisering og tekniske nyheder.

Ordningen er uafhængig af kommercielle interesser og er i dag det eneste sted i Danmark, hvor der gives uvildig rådgivning på varmepumpeområdet.

Teknologisk Institut administrerer desuden en såkaldt "Kvalitetssikringsordning for Varmepumpeanlæg" finansieret af Energistyrelsen, hvor hovedformålet er tekniske support til installatører og producenter. Information om denne ordning kan ligeledes findes på [www.varmepumpeinfo.dk](http://www.varmepumpeinfo.dk).

## 2 Varmeslanger i jord (horisontale anlæg)

### 2.1 Valg af slange

PE (polyethylen) er det mest anvendte materiale til varmeslanger og anvendes såvel ved vandrette anlæg som i boringer. Slangerne godkendes og mærkes i henhold til normen EN 13244.

Vælges der andre plasttyper, er det vigtigt at man sikrer sig at materialet kan holde til de lave temperaturer (f.eks.  $-15\text{ °C}$ ) som kan forekomme ved eksempelvis overbelastet jordslange. PE har gode egenskaber ved lave temperaturer, hvorimod slagstyrken er faldende for PVC og PP. Desuden er varmeudvidelseskoefficienten lavere for PE end for PP og PVC, hvilket gør at slangen ikke udvides og sammentrækkes så meget på grund af temperaturændringer.

Til horisontale jordvarmeanlæg anvendes PN6. Der anvendes enten PE40 SDR11 eller PE80 SDR 17.

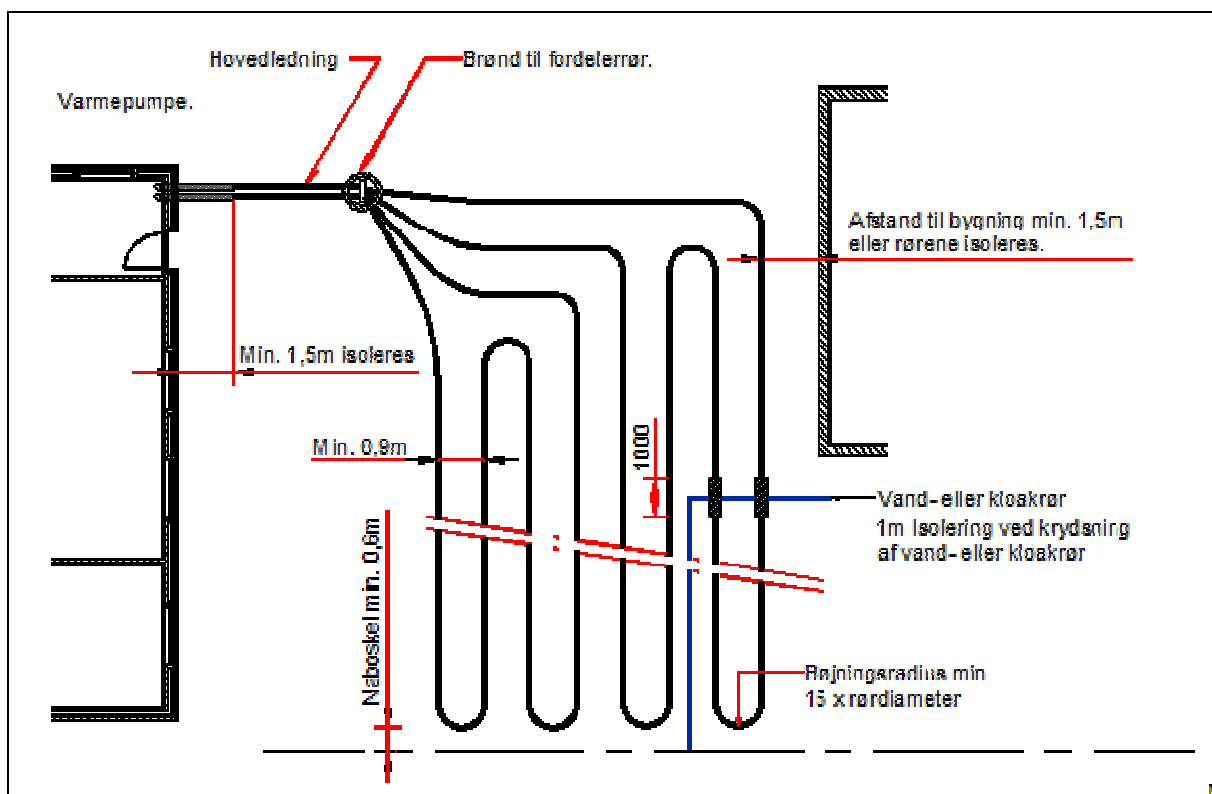
Fabrikantens krav til bøjningsradius skal overholdes. Normalt er mindste bøjningsradius for PE40 er 15 x slangens diameter, og for PE80 25 x slangens diameter.

### 2.2 Samlinger

Slangerne kan deles i flere strenge for at reducere tryktabet i slangen og dermed pumpeenergien. Ved flere strenge samles slangerne i en samlebrønd, hvori der er placeret en fordelingsmanifold, der ligeledes kan sikre korrekt indregulering af de enkelte strenge. Manifoldden skal give mulighed for at lukke for de enkelte strenge af hensyn til muligheden for individuel tæthedsprøvnings og afspærring i tilfælde af uheld. Hvis der kun etableres én streng, monteres denne direkte ind på varmepumpen.

De enkelte strenge kan være op til 400 meter lange, afhængig af slangediameteren. Varmeslanger kan fås i længder på op til 600 meter til brug ved anlæg i større huse, og ved etablering af større anlæg i f.eks. idrætshaller, etageejendomme etc. kan de enkelte strenge derfor ofte være længere.

I Figur 3 ses en typisk slangeplan med angivelse af isolering, afstand og bøjningsradius.



Figur 3: nedgravning af jordslange - kilde [www.dvi-nibe.dk](http://www.dvi-nibe.dk)

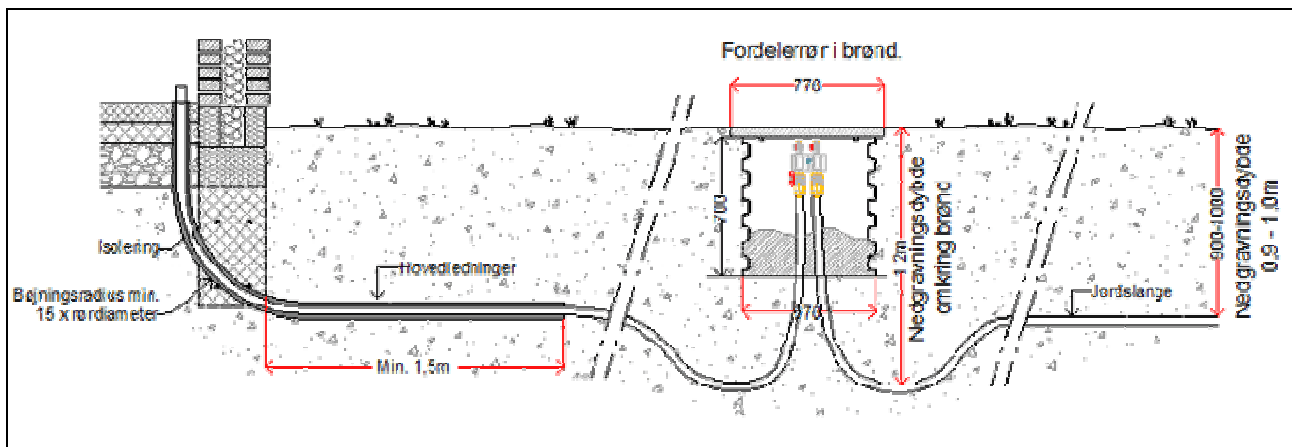
Normalt bør det derfor ikke være nødvendigt at samle slangerne andre steder end i samlebrønden. Eventuelle samlinger af slangerne kan dog være nødvendige, f.eks. ved senere reparationer. Samling af slangerne udføres da med trækfaste samlinger, og det sikres at samlingen kan inspiceres, f.eks. ved etablering af en inspektionsbrønd. Samling af slangerne skal ske 0,5 m over slangernes højeste niveau, og der skal altid udføres tæthedsprøvning efter samling af slangerne.

Til samlinger af slanger, som udføres i forbindelse med reparationer, bør anvendes elektro-svejs fittings compatible med PE-slangerne i anlægget, eller trækfaste VA-godkendte<sup>1</sup> fittings til mekaniske samlinger. Ved svejsning af slangerne skal man være opmærksom på typen af slange, og om slangen er egnet til svejsning, således at der vælges den bedste metode. Producentens anvisninger skal følges. Ved reparationer på eksisterende anlæg udføres samlingen og afmærkes efterfølgende på ledningsplanen.

Figur 4 viser et eksempel på udløb fra huset og samlebrønden i tværsnit.

<sup>1</sup> Godkendelse til vandforsyningsanlæg, se [www.etadanmark.dk](http://www.etadanmark.dk)





Figur 4: skitse af installation af jordslange – kilde [www.dvi-nibe.dk](http://www.dvi-nibe.dk)

Bemærk at der kan være problemer med opbygning af is i samlebrønden, låget bør derfor slutte tæt og må gerne være isoleret. På grund af isdannelse kan der desuden være behov for isolering af udløbsslangen gennem sokkel og indtil 1,5 m fra huset og ved samling af slangerne i samlebrønden. Til samlebrønden skal der anvendes korrosionsbestandige materialer.

### 2.3 Nedlægning af varmeslanger

Varmeslanger kan lægges ned enten ved gravning eller ved nedpløjning. Ved gravning kan slangerne enten lægges i en rende, eller jorden kan rømmes af og lægges på igen bagefter. Ved gravning lægges slangerne normalt i stenfrit sand.



Figur 5 – først trækkes en grubetand igennem jorden for at få åbnet og samtidig undersøge jorden for sten mv.

Nedpløjning er en nyere og billigere metode. Her pløjes først en fure med en grubetand, som slangen skal lægges i. Formålet med dette er at få åbnet jor-

den og samtidig undersøge jorden for sten mv., som kan være forhindringer for at lægge slangen.

Herefter lægges slangen med et specialværktøj, jf. Figur 6. Under lægningen er slangen under tryk og forsynet med et manometer, så den overvåges for skader under nedlægningen.



Figur 6 Nedlægning af slangen.

#### 2.4 Montering af jordvarmeanlæg

Til ethvert jordvarmeanlæg skal der medfølge en detaljeret monteringsvejledning til installatøren, der i detaljer beskriver de enkelte arbejds gange i installationsprocessen. Som minimum skal følgende være beskrevet:

- Tilslutning af jordslange
- Tilslutning af radiatorsystem/gulvvarme
- Tilslutning af el, inkl. tilslutning af følere til styringen
- Tilslutning af brugsvand
- Beskrivelse af styring, herunder indkøring af varmepumpe

Det er naturligvis forskelligt fra produkt til produkt hvorledes anlægget skal installeres, men en række forhold går igen og der kan opstilles en række generelle anbefalinger i forbindelse med installation af jordvarmeanlæg.

Rørinstallationer og elinstallationer skal naturligvis etableres i henhold til gældende lovgivning. Et jordvarmeanlæg bør være udstyret med afspærringsventiler, således at varmepumpen efterfølgende kan serviceres uden det er nødvendigt at aftappe brine og vand fra systemet. Der skal ligeledes tages hensyn til eventuel kondensdannelse (primært fra jordslangen). Jordslangen skal frostsikres (normalt ned til ca.  $-15^{\circ}\text{C}$ ) og forsynes med en akkumuleringsbeholder og pressostat, der bryder varmepumpen, hvis trykket i slangen falder.

Der bør ligeledes foreligge pumpediagram for både varm og kold cirkulationspumpe, således at det sikres, at cirkulationspumperne kan levere det nødvendige flow ved det aktuelle tryktab i jordslange og radiatorsystem. Elinstallation skal udføres af en autoriseret elinstallatør.

Slangegennemføringer i murværk / fundament skal isoleres, således at fugtskader undgås, og isoleringen bør føres helt til varmepumpen, således at kondensdannelse på slangen undgås på opstillingsstedet. Der skal desuden isoleres 1,5 meter fra sokkel.

## 3 Jordvarmeboringer (vertikale anlæg)

### 3.1 Anlægstyper

Jordvarmeboringer er karakteriseret ved, at varmeoptageren installeres i en boring. For boringer til jordvarmeanlæg gælder – ligesom for alle andre boringer – reglerne i bekendtgørelse nr. 1000 af 26. juli 2006 om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land.

I områder med klippegrund kan jordvarmeboringer (bjergvarme) etableres ved blot at fore og faststøbe de øverste ca. 2 meter af borehullet. Herunder står borehullet åbent. I borehullet ophænges en varmeslange, svarende til de slanger, der anvendes i horisontale anlæg. Denne anlægstype er meget udbredt i Sverige, hvor Geotec, som er den svenske brancheorganisation for brøndborere, anslår, at der findes omkring en halv million bjergvarmeanlæg.

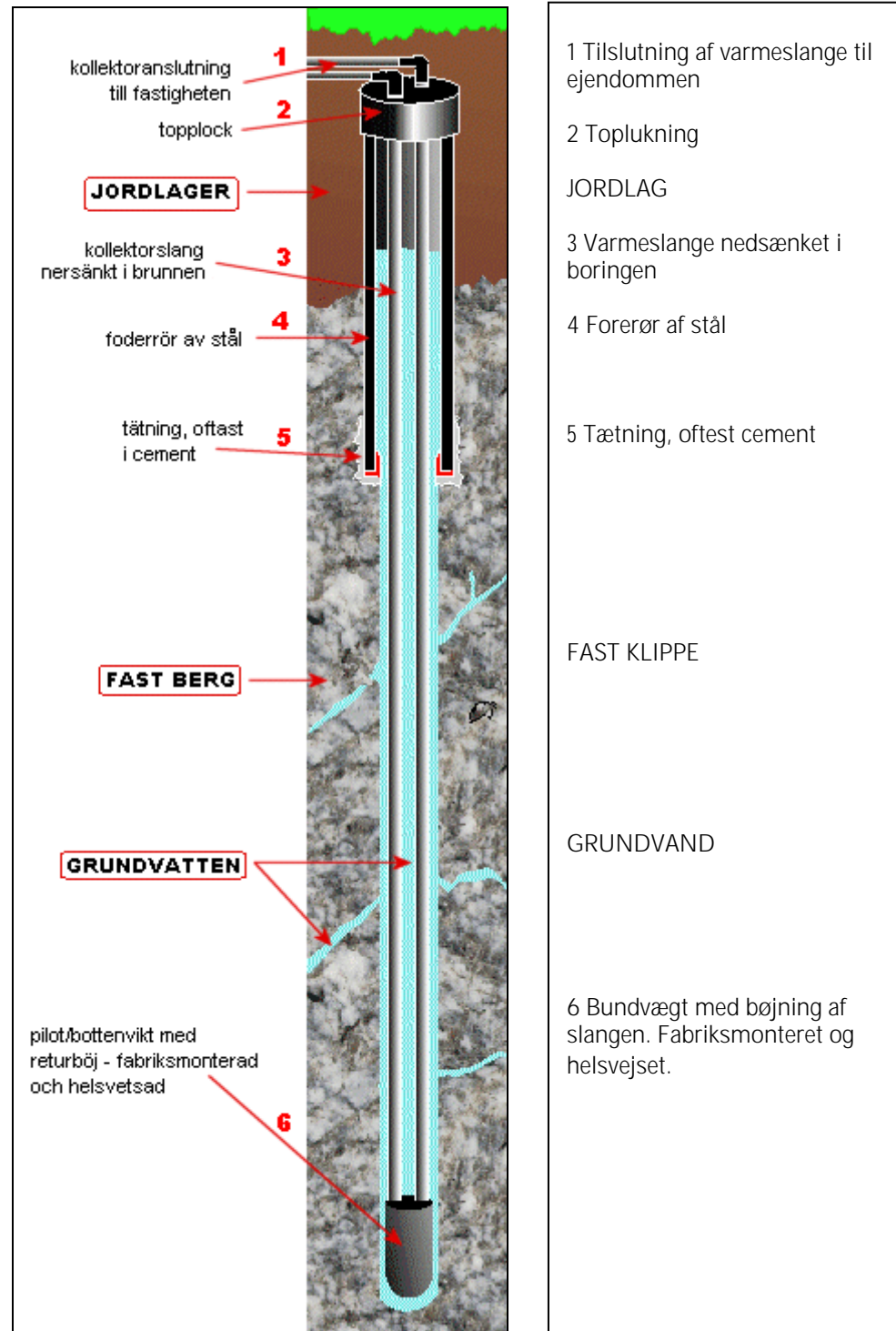
Bjergvarme kan ikke installeres i løse aflejringer. I områder, hvor der er klippe, kalk, sandsten eller anden fast bjergart under et lag løse jordarter kan varmeslanger i åbent hul ud fra en teknisk betragtning godt benyttes. Her er det nødvendigt at fore borehullet ned gennem den løse lagserie, svarende til den teknik der anvendes for vandforsyningsboringer, der står åbne i kalk.

Ved behandling af ansøgninger om tilladelse til disse anlæg skal der tages stilling til, om der er risiko for kortslutning af grundvandsmagasiner, jf. boringsbekendtgørelsens § 9. I praksis er metoden ikke acceptabel i områder, hvor der er drikkevandsinteresser af betydning, mens den kan være anvendelig f.eks. hvor grundvandet er salt.

Der er etableret et antal bjergvarmeanlæg på Bornholm, men udover dette finder anlægstypen meget begrænset anvendelse i Danmark. Dette skyldes følgende forhold:

- Prisen for udførelse af boringer er væsentligt højere i løse aflejringer end i klippe. I løse aflejringer er boreteknikken en anden, og der er brug for at stabilisere borehullet med borerør eller boremudder, hvilket medfører langt større boreomkostninger. Anlæggene er derfor mere konkurrencedygtige i områder med fast klippegrund.
- Behovet for grundvandsbeskyttelse er væsentligt mindre i Sverige end i Danmark. Sveriges areal er mere end 10 gange større end Danmarks, og befolkningstætheden er meget mindre. Kun 50 % af vandforsyningen er baseret på grundvand, og i store dele af landet kan der på grund af de geologiske forhold ikke indvindes grundvand af betydning. Der er derfor store områder uden væsentlige grundvandsinteresser i Sverige. I disse områder er det uproblematisk at skabe en kortslutning mellem øvre og nedre grundvand, sådan som det sker ved en bjergvarmeboring.

Princippet for bjergvarmeboringer er vist i Figur 7.



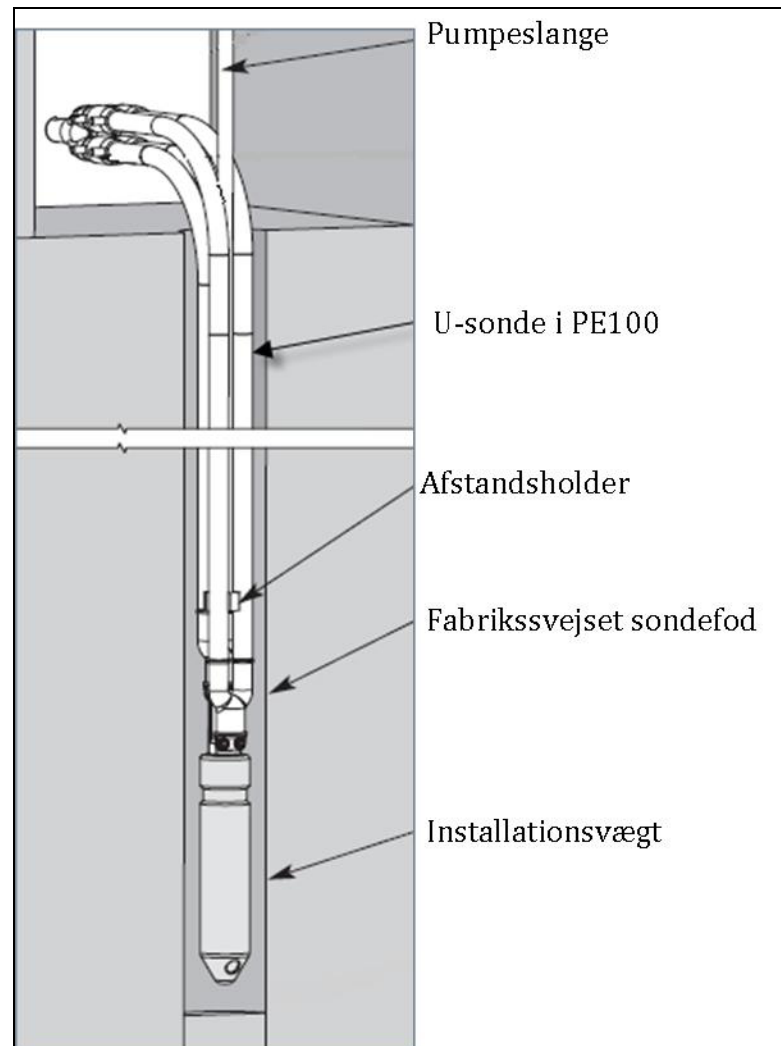
Figur 7 Typegodkendt bjergvarmeboring. Fra Geotec, den svenske brancheorganisation for brøndborere

I løse aflejringer er det nødvendigt at benytte borerør eller boremudder for at holde borehullet åbent under borearbejdet. I praksis vil der i de aktuelle dybder altid anvendes skylleboringsteknikker og boremudder.



Under danske forhold vil det også næsten altid være et krav, at boringen tætnes med bentonit/cementsuspension eller lignende, svarende til de krav, der stilles til andre typer af boringer. Dette er behandlet nærmere i hovedrapporten.

Et dansk eksempel på installation af varmeoptagere i en boring er vist i Figur 8.

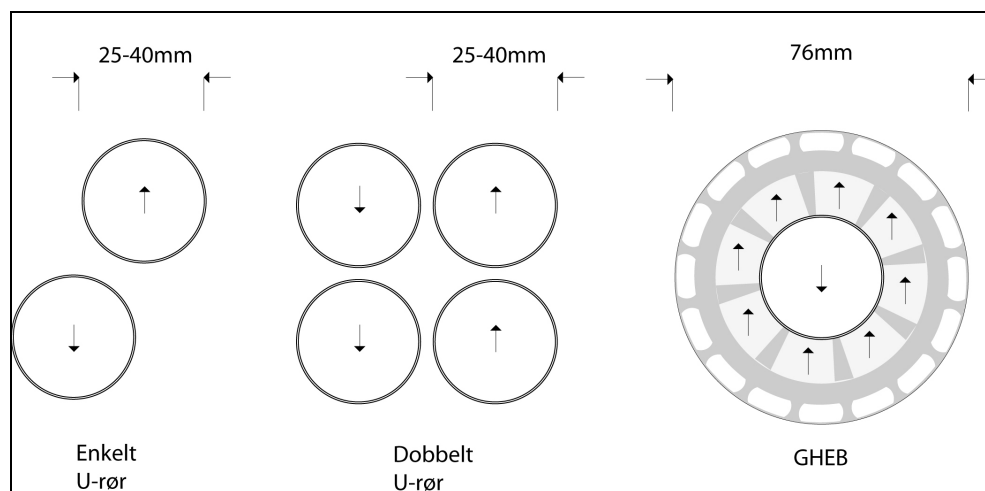


Figur 8 Principsnit gennem jordvarmeboring. Fra Rotek A/S.

## 3.2 Installation af varmeoptageren

### 3.2.1 Typer af varmeoptagere

Borehullet kan i princippet udbygges med forskellige typer af rør, sådan som det fremgår af Figur 9. Der kan anvendes et enkelt U-rør, svarende til hvad der er beskrevet for bjergvarme, et dobbelt U-rør, som består af to rør af samme type, eller koncentriske rør.



Figur 9 Snit gennem forskellige typer af rør, som anvendes i jordvarmeboringer. Rørene til venstre er plastslanger, mens GHEB til højre er fremstillet af aluminium.

U-rør fremstilles af samme type slanger som slangerne til de vandrette anlæg. Der anvendes dog PE100 SDR 11, som er stivere og har en højere trykklasse.

Plastslanger skal være EN 13244 godkendte PE100RC SDR11 (PN17). Disse slanger kan holde til trykket fra pumpning af bentonit-cementsuspension, de er stive og ridsefaste, og mindre ridser, som kan opstå under etablering af anlægget, udvikler sig ikke efterfølgende. Slangerne samles i bunden af boringen i et støbt emne, som er svejset fast på slangerne inden leveringen. Inden nedsænkning i borehullet anbefales det, at der foretages en trykprøvning af slangen for at kontrollere, at slanger og svejsninger ikke er blevet beskadiget under transporten. Trykprøvningen skal ske med rent vand, efter DS 455 (slangens nominelle tryk gange 1,3. Trykket må ikke falde indenfor den første time).

Hvis der anvendes andre materialer end ovennævnte, skal leverandøren tilvejebringe uafhængig og saglig dokumentation for, at materialerne er korrosionsbestandige og lever op til boringsbekendtgørelsens krav.

Figur 10 viser varmeslanger til installation i en boring.



Figur 10 Varmeslanger til installation i en jordvarmeboring. I dette anlæg anvendes to U-rør, som er støbt i bunden. Øverst ligger en slange til nedpumpning af bentonit/cementsuspension. Fra Rotek A/S.

Slangerne bindes tæt sammen inden de føres ned i borehullet, oftest med en vægt i bunden for at tynde slangerne ned. Herefter tætnes der mellem slangerne og borehulsvæggen.



Figur 11 Afrulning af varmeslanger, installation af anlægget i en boring. Fra Rotek A/S.

I koncentriske rør (koaxial-rør) pumpes brinen typisk ned i midterrøret og løber derefter op i det yderste rør, hvorved det opvarmes. Koncentriske rør kan udformes på flere måder. I Tyskland markedsføres koncentriske plastrør /1/, men disse er så vidt vides ikke set på det danske marked.

Derimod er der på det danske marked set en nyudviklet type aluminiumsrør, GHEB, som er skitseret i Figur 9. Her er der tale om et aluminiumsrør (gråt), som monteres med en almindelig 40 mm varmeslange indeni. Brine pumpes ned gennem plastrøret i midten og strømmer op på ydersiden af dette. Udenom dette rør findes et luftfyldt sikkerhedskammer, som trykovervåges. Aluminium er væsentligt mere varmeledende end plast, hvilket ifølge producen-



ten øger anlæggets effektivitet /2/. Også her tætnes mellem røret og borehulsvæggen.

Sammenkobling med den vandrette del af anlægget sker ligesom det er beskrevet for varmeslanger (horisontale anlæg). For de dele af anlægget, som går fra boringen frem til huset gælder de krav, som er beskrevet for horisontale varmeslanger.

### 3.2.2 Tætning af boringer

For at imødegå risikoen for udveksling af vand mellem grundvandsmagasiner og for nedsivning af overfladevand og forurening er det nødvendigt at tætnes jordvarmeboringerne. I udgangspunktet tættes jordvarmeboringer efter samme principper som andre boringer. Normalt etableres jordvarmeboringer i en forholdsvis lille dimension, som sammen med en stor boreddybde i praksis gør det umuligt at tætnes boringen med skiftende sand og ler.

Tætning af jordvarmeboringer sker mest hensigtsmæssigt ved støbning fra bunden med en passende bentonit/cement suspension. Her anvendes normalt en såkaldt storebæltsblanding. Opfyldningen sker i praksis ved at føre en ekstra slange ned til boringens bund, som bentonit/cement suspensionen kan pumpes igennem. I meget dybe boringer kan det være nødvendigt at anvende to slanger til dette formål, hvor den ene anvendes til opfyldning af boringens nederste halvdel, og en anden stopper midt i boringen og anvendes til opfyldning af den øverste del. Metoden stiller krav til jordvarmeslangernes trykstyrke, som ikke må kollapse på grund af trykket ved opfyldning. Det kan være nødvendigt at sætte varmeslangerne under tryk under støbningen for at undgå at de kolliderer.

Det bemærkes, at varmeledningsevnen i bentonit generelt er lav, og tætningen omkring varmeslangerne kan derfor fungere som en isolering, der forringer varmeoptagelsen. Der kan evt. tilsættes kvartssand til forbedring af varmeledningsevnen. I /1/ anbefales en sammensætning af bentonit, cement og sand på 1:1:3. Ren bentonit bør ikke anvendes, da den dels har dårlig varmeledningsevne, dels ikke tåler frost. Der fås dog særlige typer bentonit, som er specialfremstillet til jordvarmeboringer, og som har en højere varmeledningsevne. Nogle af disse kan desuden holde til frostgrader uden at miste forseglingssevnen. Tabel 3.1 viser varmeledningsevnen for nogle af disse materialer.

Tabel 3.1 Varmeledningsevne af materialer til tætning af jordvarmeboringer

Materiale	Varmeledningsevne W/(m·K)	Kilde
Bentonit	0,5-0,8	/1/
Cement	0,9-2,0	/1/
Storebæltsblanding	0,9 <sup>2</sup>	/7/
Kvartssand	3,6,-6,6	/1/
Special-bentonit til jordvarmeanlæg	1,5-2,0	/8/

Borehullet kan i princippet udbygges med forskellige typer af rør, sådan som det er beskrevet ovenfor. De anvendte materialer til anlæg i boringer skal være korrosionsbestandige, jf. § 16 i bekendtgørelse om boringer.

<sup>2</sup> Der er støbt en cylindrisk prøve Ø 70 mm og h=87mm. Prøven er afhærdnet i luft ca 2,5 måned. Herefter er den forsøgt vandmættet med ledningsvand (opnået mætningsgrad på 78%)

### 3.2.3 Dimensionering og sikkerhed

For at et lodret jordvarmeanlæg kan fungere, skal der være tilstrækkelig strømning af vand omkring slangen, for at den kan blive ved med at give varme. Alternativt skal jordlaget omkring slangen regenereres ved at tilføre varme om sommeren f.eks. ved veksling med udeluft eller som overskudsvarme fra en bygning. Ved sidstnævnte løsning kan anlægget køle bygningen med et meget lille elforbrug til at drive cirkulationspumpe i brinekredsen. Denne type løsning finder i stigende grad anvendelse ved bygninger og anlæg af en vis størrelse, mens den sjældent ses for enfamiliehuse. En række af vores nabolande har en del erfaringer med sådanne lodrette varmeoptagersystemer, bl.a. i Tyskland og Sverige har man mange års erfaring med løsningen.

Vedrørende dimensionering af anlæggene er der endnu kun begrænsede danske erfaringer. Svenske erfaringer kan anvendes i en vis udstrækning, men de svenske anlæg er som nævnt ofte baseret på bjergvarme, hvor forholdene er anderledes end i danske grundvandsmagasiner. Tyske erfaringer er tilsvarende anvendelige, men på grund af en lavere gennemsnitstemperatur over året er jordtemperaturen lavere i Danmark end i Tyskland, og kan der ikke trækkes lige så megen varme ud af anlæg i Danmark som i Tyskland. Derudover er varmesæsonen længere i Danmark, og et højere antal drifttimer betyder, at der er brug for flere boremeter. Den tyske ingeniørforenings retningslinjer /1/ vurderes derfor at overestimere varmeoptagelsen og vil derfor føre til underdimensionerede anlæg under danske forhold. Det er i øvrigt leverandørens ansvar, om anlægget fungerer efter hensigten; kommunen kan ikke stilles til ansvar for at have givet tilladelse til et underdimensioneret anlæg.

I bjergvarmeboringer er der set problemer med opbygning af en iskerne omkring den slange, hvor væsken løber ned i boringen, i de koldeste perioder, hvis vandet fra varmeveksleren kommer under frysepunktet. På grund af kondens og afkøling opbygges et lag is uden om slangen, som kan blive så massivt at det presser på den anden slange, som derved deformeres. Slangen kan ikke holde til gentagne deformationer og vil derfor på et tidspunkt gå i stykker. Denne skade kan forebygges ved at dimensionere anlæggene sådan at indløbstemperaturen til varmepumpen er mindst 2 °C. I praksis kan udløbstemperaturen så godt blive lavere kortvarigt i de koldeste perioder, men der ses ikke opbygning af is omkring slangerne. Der bør stilles et sådant krav i tilladelsen.

I de tyske retningslinjer /1/ angives det, at de øverste to meter af boringsanlæg skal tømmes af med trykluft i de måneder, hvor der kan forventes frost, for at imødegå denne type problemer. Hvis denne løsning vælges, vil det ikke være muligt at anvende jordvarmeanlægget i den periode af året, hvor der er mest brug for det.

Risikoen for uheld i form af overgravning er betydeligt mindre for anlæg i boringer end for almindelige varmeslanger i jord. De ovenfor beskrevne problemer med frysning giver kun skader i de øverste meter af anlæggene og vil derfor ikke give anledning til udslip direkte i grundvandsmagasinet.

### 3.2.4 Terrænaflutning

Normalt afsluttes boringer i terræn med en tørbrønd. Terrænaflutningen for jordvarmeboringer udføres afhængigt af anlæggets udførelse. Hvis der ikke er

samlinger af slanger og rør i forbindelse med boringsafslutningen, er en tørbrønd eller inspektionsbrønd ikke nødvendig.

Det foreslås derfor, at der kun stilles krav om etablering af en inspektionsbrønd eller lign. hvis der forekommer samlinger. I andre tilfælde kan anlægget dækkes helt til under forudsætning af, at der på stedet opbevares en målfast plan over placering af boringer og slanger.

### 3.3 Aluminium i jordvarmeboringer

GHEB-systemet, som er beskrevet ovenfor, anvender aluminiumsrør. Der er ikke længere tids erfaring med disse anlæg, og COWI har derfor til dette projekt foretaget en indledende vurdering af, om materialet kan anses for korrosionsbestandigt under de givne omstændigheder. Resultaterne gengives i det følgende.

Der anvendes Al-legering EN AW 60606/T6 med 25 µm eloxering. Der anvendes ikke andre metaller i anlægget. Ifølge DS 419 kræver denne legering supplerende korrosionsbeskyttelse, når den anvendes i jord. Eloxeringen forekommer ikke at være en robust løsning under disse omstændigheder.

#### *Effekt af pH*

Aluminium er passivt i pH-intervallet fra ca. 4 - ca.9, men grænserne kan flytte sig, afhængigt af hvilke ioner, der er i den omgivende elektrolyt (dvs. i porevæsken af den omgivende bentonit/sand, eller evt i jorden, hvis der er gennemsivning. Mht. bestandighed af el-oxeringen er der risiko for skader på belægningen uden for pH-intervallet 4-8,5. pH-værdier uden for dette interval kan ikke udelukkes i jord.

#### *Lokal-effekter*

Aluminium er følsomt for lokal-effekter og forskellige galvaniske effekter, og det skal tages alvorligt her. Overgangen bentonit/sand kan give anledning til potentialforskelle, og dermed risiko for lokal korrosion. Dette kan elimineres ved udelukkende at anvende bentonit til backfill for så vidt at bentonitten ikke i sig selv giver anledning til problemer, jf ovenfor.

Spalter er også en kendt kilde til alvorlig korrosion på aluminium, så konstruktivt design bør granskes for den slags detaljer. Her er der en risiko i forbindelse med samlingerne, hvis det er muligt for vand at trænge ind.

Høje chloridindhold i jord og grundvand giver risiko for pitting, som hurtigt kan give betydelige skader.

#### *Mekaniske skader*

Før og under installation vil der være risiko for at skade overfladen og 25 µm eloxering er jo så absolut et tyndt lag. Risikoen ved mekaniske skader er, at der opstår lokal-korrosion/pitting i det område hvor overfladebelægningen (der er en form for kunstigt passivlag) ødelægges ved mekanisk påvirkning.

#### *Korrosion generelt*

Det er positivt at temperaturen er lav og konstant. Det begrænser i givet fald korrosions hastigheden.

Det er ikke vurderet, om kølevæskerne kan have en korrosiv effekt, men det vurderes umiddelbart, at det næppe er et problem. Brine baseret på salte bør dog være udelukket.

Samlet set er de væsentligste risici for korrosion af aluminiumsrørene

- sur eller meget basisk jord
- saltholdige aflejringer / saltholdigt porevand
- selv små beskadigelser af rørene under etableringsarbejdet
- korrosion i samlinger

Som beskrevet ovenfor, kan også andre forhold spille ind, og der er risiko for korrosion også under andre forhold.

#### *Korrosionssikring*

Efterfølgende har GeoHeat, som fremstiller systemet, fået udarbejdet en redegørelse fra FORCE /6/, som kommer til tilsvarende konklusioner om korrosionsrisiko. Det anbefales her, at systemet korrosionssikres med en offeranode af magnesium samt sikring af samlingerne med krympeflex, hvorved der forventes en minimal risiko for gennemtæring i 20-30 år. Det forventes, at offeranoden skal skiftes efter ca. 10 år. Under særligt aggressive jordbundsforhold vil der dog fortsat være en korrosionsrisiko.

## 4 Referencer

- /1/ VDI 4660 II Termische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpeanlagen. VDI 4640, blatt 2. Verein Deutscher Ingenieure, September 2001.
- /2/ GeoHeat, Tage Svendsen.
- /3/ DS/EN ISO 12944-2 Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner med maling - Del 2: Klassifikation af korrosionskategorier.
- /4/ DS 419:2001 Norm for aluminiumskonstruktioner
- /5/ **Metals Handbook 9th Edition (1987), Volume 13, Corrosion, udgivet af American Society for Metals.**
- /6/ FORCE Technology. Korrosion af aluminiumsrør i forbindelse med jordvarmeanlæg. 19. marts 2008.
- /7/ Jens Baumann, GEO. Personlig meddelelse på baggrund af forsøg udført februar 2008.
- /8/ Kirsten Sahl, Rotek A/S. Forskellige fabrikater.



# 1 Skemaer

BILAG 2.1	SKEMA TIL ANSØGNING, VARMESLANGER I JORD
BILAG 2.2	SKEMA TIL ANSØGNING, JORDVARMEBORING
BILAG 2.3	SKEMA TIL FÆRDIGMELDING
BILAG 2.4	SKEMA TIL ÅRLIGT EFTERSYN
BILAG 2.5	SKEMA TIL SLØJFNING





# xxx Kommune

## xxxAfdeling

### Skema til ansøgning af varmeslanger i jord

efter bekendtgørelse nr. 1203 af 20. november 2006

#### 1. Ejer og beliggenhed af jordvarmeanlæg

Navn:	
Adresse:	
Tlf.nr og evt e-mail:	
<b>Hvor skal installationen foretages:</b>	
Adresse:	
Matr. nr:	Ejerlav:
Grundareal: m <sup>2</sup>	Udlægningsareal: m <sup>2</sup>
Installatør:	Adresse og tlf.nr:
Er der tinglyste deklarationer på matriklen:    nej    ja, vedlæg oplysninger herom i bilag.	

#### 2. Anlæg

<b>a)</b> Kort beskrivelse af anlægget vedlægges.	
<b>b)</b> Skitse over placering af jordslanger vedlægges.	
<b>c)</b> Er der drikkevandsboring/brønd på matriklen? Hvis ja, angiv afstand fra anlægget:	
<b>d)</b> Er der kendskab til andre drikkevandsboringer/brønde inden for 50 m. fra anlægget? Hvis ja angiv afstand fra anlægget:	
<b>e)</b> Type af jordslange: PE40, SDR 11 PE80, SDR 17 Andet: Dokumentation for at krav i DS/EN 13244 er overholdt vedlægges	
<b>f)</b> Længde af jordslanger i alt:                    m	<b>g)</b> Type frostvæske:
<b>h)</b> Antal strenge:	<b>i)</b> Mængde frostvæske i alt:                    l
<b>j)</b> Diameter af jordslanger:                    mm	<b>k)</b> Mængde frostvæske pr. streng:
<b>l)</b> Nedgravningsdybde:                    m	<b>m)</b> Evt. korrosionsmiddel:
<b>n)</b> Supplerer jordvarmeanlægget nuværende opvarmningsform? Nej                    Ja, hvilken:	
<b>o)</b> Erstatte jordvarmeanlægget nuværende opvarmningsform? Nej                    Ja, hvilken:	

**VEND!**

# xxx Kommune

## xxxAfdeling

### 3. Fuldmagt fra grundejer

Dato: \_\_\_\_\_ Ejers underskrift: \_\_\_\_\_

Installatørs underskrift og stempel

**Skemaet sendes til** xxx Kommune

# xxx Kommune

## xxxAfdeling

### Skema til ansøgning om jordvarmeboring

efter bekendtgørelse nr. 1203 af 20. november 2006

#### 1. Ejer og beliggenhed af jordvarmeanlæg

Navn:	
Adresse:	
Tlf.nr og evt e-mail:	
<b>Hvor skal installationen foretages:</b>	
Adresse:	
Matr. nr:	Ejerlav:
Grundareal: m <sup>2</sup>	
Installatør:	Adresse og tlf.nr:
Brøndborer:	Adresse og tlf.nr:
Er der tinglyste deklarationer på matriklen:    nej    ja, vedlæg oplysninger herom i bilag.	

#### 2. Anlæg

<b>a)</b> Kort beskrivelse af anlægget samt boringens dimensioner og udførelse vedlægges.	
<b>b)</b> Skitse over placering af boringen vedlægges.	
<b>c)</b> Er der drikkevandsboring/brønd på matriklen? Hvis ja angiv afstand fra anlægget:	
<b>d)</b> Er der kendskab til andre drikkevandsboringer/brønde inden for 50 m. fra anlægget? Hvis ja, angiv afstand fra anlægget:	
<b>e)</b> Type af varmeslange: PE100, SDR 17 Andet: Dokumentation for at krav i DS/EN 13244 er overholdt vedlægges	
<b>f)</b> Længde af varmeslanger i alt:    m	<b>g)</b> Type frostvæske:
<b>h)</b> Antal strenge:	<b>i)</b> Mængde frostvæske i alt:    l
<b>j)</b> Diameter af jordslanger:    mm	<b>k)</b> Mængde frostvæske pr. streng:
<b>l)</b> Boreddybde:    m	<b>m)</b> Evt. korrosionsmiddel:
<b>n)</b> Supplerer jordvarmeanlægget nuværende opvarmningsform? Nej    Ja, hvilken:	
<b>o)</b> Erstatte jordvarmeanlægget nuværende opvarmningsform? Nej    Ja, hvilken:	

**VEND!**

# xxx Kommune

## xxxAfdeling

### 3. Fuldmagt fra grundejer

Dato: _____ Ejers underskrift: _____
Installatørs underskrift og stempel

**Skemaet sendes til** xxx Kommune

# xxx Kommune

## xxxAfdeling

### Skema til færdigmelding af jordvarmeanlæg

#### 1. Ejer og beliggenhed af jordvarmeanlæg

Navn:	
Adresse:	
Tlf.nr og evt e-mail:	
<b>Hvor er installationen foretaget:</b>	
Adresse:	
Matr. nr:	Ejerlav:
Installatør:	Adresse og tlf.nr:

#### 2. Anlæg

<input type="checkbox"/> Varmeslanger: Målsat tegning over placering af jordslanger vedlægges.
<input type="checkbox"/> Boring: Målsat tegning af boringens placering samt dokumentation for boreprofil og boringens udbygning (tætning mv.) samt forbrug af materialer vedlægges.
<input type="checkbox"/> Kopi af dokumentation for tæthedsprøvning vedlægges.

#### 3. Erklæring

Undertegnede erklærer hermed, at jordvarmeanlægget er etableret i overensstemmelse med bekendtgørelse nr. 1203 om jordvarme, samt vilkårene givet i meddelte tilladelse.
Dato: _____
Installatørs underskrift og stempel: _____
Grundejers underskrift: _____

Når kommunen har modtaget dette skema, registreres jordvarmeanlægget i BBR.  
**Skemaet sendes til** xxx Kommune



## Årligt eftersyn af jordvarmeanlæg - Jordslanger

Kunde
Adresse
Postnr.
Tlf.:

**Eftersyn skal udføres af fabrikantens eller importørens godkendte montør eller af autoriseret VVS/Kølemontør med VPO-certifikat eller tilsvarende.**

Eftersyn af:	Godkendt	Evt. udført reparation
Rør og samlinger		
Driftstryk		
Niveauvagt eller trykovervågning		
Frostsikringsvæske		
Efterfyldt Jordvarmekreds antal liter		
Evt. bemærkninger til eftersyn:		

**Det er ejerens/brugerens ansvar at utætheder indberettes til kommunalbestyrelsen, og at der bliver truffet foranstaltninger, der kan bringe en evt. udstrømning til ophør f.eks. ved tømning af anlægget.**

Anlægget er eftersat og er konstateret tæt. Der er ikke konstateret utætheder der har medført udslip fra anlægget.

Eftersyn udført dato: \_\_\_/\_\_\_ 2\_\_\_ af:

Firma
Navn
Adresse
Postnr
Tlf

Dato for næste eftersyn \_\_\_\_\_

Dokumentation for udført eftersyn skal opbevares af ejer i indtil 10 år, og skal på forlangende fremvises/fremsendes til kommunen.





# xxx Kommune

## xxxAfdeling

### Skema til sløjfning af jordvarmeanlæg

#### 1. Ejer og beliggenhed af jordvarmeanlæg

Navn:	
Adresse:	
Matr. nr:	Ejerlav:
Tlf.nr og evt e-mail:	
Sløjfningen er udført af:	
Vedlæg evt. dokumentation i form af faktura eller andet.	

#### 2. Anlæg

Er jordslangerne tømt for væske?  Nej  Ja, hvis ja hvor er væsken afleveret:
Er varmepumpens kompressor tømt?  Nej  Ja, hvis ja, hvor er gassen afleveret: Tømningen af kompressoren er foretaget af:
Jordvarmeboring: Sløjfning er indberettet til GEUS, jf. boringsbekendtgørelsen.

#### 3. Varmeforsyning

Hvilken varmforsyning er ejendommen overgået til?
---

#### 4. Erklæring

Undertegnede erklærer hermed, at jordvarmeanlægget er sløjft i overensstemmelse med vilkårene givet i meddelte tilladelse.  Dato: _____  Grundejers underskrift: _____
--

Når kommunen har modtaget dette skema, registreres sløjfningen af jordvarmeanlægget i BBR, og tilladelsen til jordvarmeanlægget bortfalder.  
**Skemaet sendes til** xxx Kommune

# 1 Paradigmer for tilladelser

BILAG 3.1	PARADIGMA FOR TILLAEDELSE, VARMESLANGER I JORD
BILAG 3.2	PARADIGMA FOR TILLAEDELSE, JORDVARMEBORING



[Navn og adresse]

[dato]

## Tilladelse til etablering af varmeslanger i jord

### 1. Ansøgning

[navn på ansøger] har ved indsendelse af ansøgningskema, dateret xx.xx.xxxx søgt om etablering af jordvarmeanlæg på [adressen, matrikelnummer],

### 2. Afgørelse

XX Kommune meddeler hermed tilladelse til at etablere jordvarmeanlæg på [adressen]. Tilladelsen er givet på grundlag af ansøgningen og oplysninger i sagen i øvrigt.

Afgørelsen er meddelt efter § 19 i Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, nr. 1757 af 22. december 2006 og Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg nr. 1203 af 20. november 2006.

### 3. Vilkår

#### 3.1 Generelt

- 3.1.1. Jordvarmeanlægget skal etableres og drives som beskrevet i ansøgningen med supplerende oplysninger, dog med de ændringer og tilføjelser, der fremgår af vilkårene nedenfor.
- 3.1.2. De vilkår der omhandler driften af anlægget skal være kendt af de personer, der er ansvarlige for eller udfører den pågældende del af driften. Et eksemplar af tilladelsen skal til enhver tid være tilgængelig på adressen.
- 3.1.3. Hvis tilladelsen ikke er udnyttet inden 3 år fra afgørelsesdatoen, bortfalder den.
- 3.1.4. Når det etablerede jordvarmeanlæg tages i brug, skal det anmeldes til XX Kommunes miljøafdeling, hvorefter anlægget registreres i BBR-register. Dette skal ske via vedlagte skema til færdigmelding.
- 3.1.5. Sammen med færdigmeldingsskemaet skal fremsendes målfast tegning over slangernes placering og dokumentation for tæthedsprøvning. Dette skal ske inden 14 dage efter at

anlægget er etableret.

### **3.2. Indretning og drift**

- 3.2.1. Som varmetransmissionsvæske må kun anvendes vand og XX [godkendt frostsikringsvæske].
- 3.2.2. Evt. vilkår om typen af jordslangerne. Det anbefales, at jordslangerne som minimum er af typen PE40, SDR11 eller PE80, SDR 17 og opfylde kravene i DS/EN13244.
- 3.2.3. Jordslangerne skal lægges mellem 0,6 – 0,9 meter under terræn.
- 3.2.4. Såfremt der ligger andre rør eller ledninger inden for en afstand af 2 meter fra jordvarmeslangerne, skal der lægges markeringsbånd 0,5 meter over jordvarmeslangerne.
- 3.2.5. Jordslangerne må ikke nedgraves tættere end x meter på .. [recipient , fortidsminde m.m.]
- 3.2.6. I forbindelse med etableringen skal slangerne tæthedsprøves. Eventuelle samlinger skal være frilagte under prøvningen. Der skal tæthedsprøves med rent vand. Prøvetrykket skal være 1,5 gange driftstrykket. Rørene pumpes op til prøvetrykket og efter 15 min. kontrolleres, om trykket er faldet. Er dette tilfældet, pumpes igen op til prøvetrykket. Dette gentages indtil trykket ikke er faldet efter 15 min. fra sidste oppumpning. Prøvetrykket skal nu kunne opretholdes i 1 time uden at trykket falder. Under prøvningen må ingen dele af slangerne være udsat for direkte sol. Kopi af tæthedsprøvningen skal indsendes til XX Kommune sammen med færdigmeldingsskemaet, jf. vilkår 3.1.4.
- 3.2.7. Varmeoptagesystemet skal være tæt og forsynet med et trykovervågningssystem, samt en alarm og en sikkerhedsanordning, der i tilfælde af lækage stopper anlægget.
- 3.2.8. Anlægget må ikke kunne genstartes automatisk.
- 3.2.9. Eventuelle samlinger af slangerne skal etableres i samlebrønde og kunne inspiceres.
- 3.2.10. Hvis anlægget opdeles i flere strenge, skal samlingspunktet i samlebrønden ligge mindst ½ meter over jordslangernes højeste punkt.

### **3.3. Egenkontrol**

- 3.3.1. Ejere og brugerne af anlægget skal sikre, at anlægget er i en sådan vedligeholdelsesstand, at der ikke foreligger en åbenbar nærliggende risiko for, at der kan ske forurening af jord og grundvand. Der må f.eks. ikke være synlige tæring af rørsystemet.
- 3.3.2. Hvis ejerne eller brugerne af anlægget konstaterer eller får mistanke om, at anlægget er utæt, skal der straks træffes foranstaltninger, der kan bringe en eventuel udstrømning til ophør, f.eks. ved tømning af anlægget. Kommunen skal straks orienteres.
- 3.3.3. Jordvarmeanlægget skal mindst én gang årligt, på foranledning af anlæggets ejer, efterses af

en sagkyndig i jordvarmeanlæg.

- 3.3.4. Resultatet af den årlige kontrol skal opbevares i mindst 10 år og efter anmodning forevises kommunen.
- 3.3.5. XX Kommune kan til enhver tid kræve, at der foretages tæthedsprøvning eller anden kontrol af jordslangerne. Hvis det ved en tæthedsprøvning eller på anden måde viser sig, at jordslangen/jordslangerne er utæt, skal den/disse straks tømmes for resterende indhold. Væsken behandles som farligt affald efter kommunens anvisning.
- 3.3.6. Et anlæg, der har været utæt, må ikke tages i brug før det er dokumenteret at jordslangerne er tætte. Kommunen skal godkende tæthedsprøvningen som skal foretages som beskrevet i vilkår 3.2.5.

### **3.4. Sløjfning af anlæg**

- 3.4.1. Hvis jordvarmeanlægget ikke længere benyttes, skal det sløjfes. Sløjfningen skal meddeles XX Kommune.
- 3.4.2. Ved sløjfningen skal anlægget tømmes for varmetransmissionsvæske, og væsken skal bortskaffes efter kommunens anvisninger.

## **4. Miljøteknisk beskrivelse og vurdering**

*[Her beskrives anlæggets tekniske data og placering i forhold til drikkevandsinteresser, vandindvinding, private drikkevandsboringer eller markvandingsboringer m.m.]*

Placeringen af anlægget lever op til bekendtgørelsens krav om, at der fra jordvarmeanlægget skal være mere end 300 meter til alment vandindvindingsanlæg og 50 meter fra andre vandindvindingsanlæg.

*[Hvis afstandskravene nedsættes skal der her angives en beskrivelse af de hydrogeologiske forhold].*

## **5. Generelle oplysninger**

Hvis der i forbindelse med etablering af jordvarmeanlæg på ejendommen er en olietank, som tages ud af brug, skal oplysninger herom meddeles til XX Kommune. Olietanken skal sløjfes efter reglerne i olietankbekendtgørelsen.

## **6. Gyldighed og retsbeskyttelse**

### **6.1. Gyldighed**

Tilladelsen er gyldig straks efter modtagelsen. Ved klage kan Miljøklagenævnet dog bestemme, at klagen har opsættende virkning. Hvis tilladelsen udnyttes inden klagefristens udløb, er det på egen regning og risiko, idet tilladelsen kan påklages og eventuelt blive ophævet eller ændret i en klagesag.

## 6.2. Retsbeskyttelse

Kommunalbestyrelsen fører tilsyn med, at jordvarmeanlæg ikke forurener grundvandet. Under udøvelsen af dette tilsyn har kommunalbestyrelsen adgang til på offentlig og privat grund at foretage undersøgelser af forhold af betydning for miljøbeskyttelsen og vandforsyningen jf. miljøbeskyttelseslovens § 87 og vandforsyningslovens § 64 samt til at træffe de til forebyggelse eller fjernelse af forureningen nødvendige foranstaltninger.

Tilladelser efter miljøbeskyttelseslovens § 19 kan til enhver tid ændres eller tilbagekaldes af kommunen uden erstatning, ved risiko for forurening af vandforsyningsanlæg eller ved risiko for miljøbeskyttelsen i øvrigt, jævnfør § 20 i miljøbeskyttelsesloven.

## 7. Klagevejledning

Jf. Miljøbeskyttelseslovens § 98 kan kommunens afgørelse påklages til Miljøklagenævnet af afgørelsens adressat, Sundhedsstyrelsen, Naturfredningsforeningen, eventuelt andre organisationer og enhver, der har en individuel væsentlig interesse i sagens udfald.

Klageperioden er 4 uger fra den dag tilladelsen er meddelt. Eventuel klage over afgørelsen skal være skriftlig og være kommunen i hænde senest xx.xx.xxxx. Klagen vil herfra blive sendt videre til Miljøklagenævnet, der er klagemyndighed.

Der gøres opmærksom på, at der til enhver tid er aktindsigt i sagen.

Ifølge miljøbeskyttelseslovens § 101 kan afgørelsen prøves ved domstolene. Sagen skal anlægges inden 6 måneder efter, at afgørelsen er endeligt meddelt.

Ansøgeren vil få besked, hvis andre klager over afgørelsen.

## 8. Liste over modtagere af kopi af tilladelsen

- 1 Sundhedsstyrelsen, Islands Brygge 67, 2300 København S., e-mail: [sst@sst.dk](mailto:sst@sst.dk) (evt. lokal embedslæge),
- 2 Danmarks Naturfredningsforening, , Masnedøgade 20, 2100 København Ø., e-mail: [dn@dn.dk](mailto:dn@dn.dk) (evt. lokal afdeling),
- 3 Lokale Vandværk eller vandforsyning
- 4 Andre (eksempelvis nabo el.lign.)



[Navn og adresse]

[dato]

## Tilladelse til etablering af jordvarmeboring

### 1. Ansøgning

[navn på ansøger] har ved indsendelse af ansøgningskema, dateret xx.xx.xxxx søgt om etablering af en boring til jordvarmeanlæg på [adressen, matrikelnummer],

### 2. Afgørelse

XX Kommune meddeler hermed tilladelse til at etablere en boring til jordvarmeanlæg på [adressen]. Tilladelsen er givet på grundlag af ansøgningen og oplysninger i sagen i øvrigt.

Afgørelsen er meddelt efter § 19 i Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, nr. 1757 af 22. december 2006 og Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg nr. 1203 af 20. november 2006, samt efter bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land, nr. 1000 af 26. juli 2007.

### 3. Vilkår

#### 3.1. Generelt

- 3.1.1. Jordvarmeboringen og anlægget skal etableres og drives som beskrevet i ansøgningen med supplerende oplysninger, dog med de ændringer og tilføjelser, der fremgår af vilkårene nedenfor.
- 3.1.2. De vilkår, der omhandler driften af anlægget, skal være kendt af de personer, der er ansvarlige for eller udfører den pågældende del af driften. Et eksemplar af tilladelsen skal til enhver tid være tilgængelig på adressen.
- 3.1.3. Hvis tilladelsen ikke er udnyttet inden 3 år fra afgørelsesdatoen, bortfalder den.
- 3.1.4. Når det etablerede jordvarmeanlæg tages i brug, skal det anmeldes til XX Kommunes miljøafdeling, hvorefter anlægget registreres i kommunens BBR-register. Dette skal ske via vedlagte skema til færdigmelding.
- 3.1.5. Sammen med færdigmeldingsskemaet skal fremsendes målfast tegning over anlæggets placering samt borejournal og dokumentation for forbrug af materialer og for tæthedsprøvning. Dette skal ske inden 14 dage efter at anlægget er etableret.

## **3.2. Boringen**

- 3.2.1. Boringens formål er jordvarme.
- 3.2.2. Boringen etableres på matr. nr. XXXXX (se kortbilag).
- 3.2.3. Boringen føres til en dybde af maksimum XX m.
- 3.2.4. Boringen skal placeres mindst 5 meter fra eksisterende bygninger.
- 3.2.5. Boringen afsluttes med en tørbrønd med tætsluttende dæksel, tætte sider og tæt bund. Alle gennemføringer af rør og ledninger skal være vandtætte. Dækslet skal kunne aflåses og være forsynet med ventilationskanal til udluftning af kondensvand. Den øverste kant af brønden skal være hævet mindst 30 cm over terræn. Det omkringliggende terræn skal reguleres, så terrænet falder bort fra boringen i en radius af 2 meter.
- 3.2.6. Der må ikke anvendes eller udledes stoffer som f.eks. pesticider eller aftappede væsker, der kan forurene grundvandet, indenfor en afstand af 2 meter fra boringen.
- 3.2.7. Kommunen skal underrettes om tidspunktet for borearbejdet mindst 10 dage før udførelsen.
- 3.2.8. Boringen skal etableres i overensstemmelse med bekendtgørelsen om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land nr.1000 af 26-07-2007.
- 3.2.9. Borearbejdet skal udføres af en brøndborer med bevis i henhold til bekendtgørelse nr. 1453 af 11. december 2007 om uddannelse af personer, der udfører borer på land.
- 3.2.10. Når varmeoptagningssystemet er installeret i boringen, skal hele boringen fyldes ved pumpning fra bunden med en bentonit/cementsuspension.
- 3.2.11. Boringen skal indberettes til GEUS jf. reglerne i kapitel 5 i bekendtgørelsen om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land nr.1000 af 26-07-2007.
- 3.2.12. Borejournalen skal desuden sendes til kommunen jf. vilkår 3.1.5.

### **Typespecifikke vilkår**

#### ***Hvis der anvendes plastslanger anvendes følgende vilkår***

- Plastslangen skal som minimum være af typen PE100RC SDR11 (PN17) og opfylde kravene i DS/EN13244.

#### ***Hvis der anvendes aluminiumsrør (f.eks. fra firmaet GeoHeat) anvendes følgende vilkår***

- Til beskyttelse mod korrosion skal aluminiumsrøret forbindes med en offeranode af magnesium. Offeranoden er normalt ca. 1 m lang og 5-10 cm i diameter. Offeranoden anbringes i en lærredssæk omgivet af bentonit og natriumsulfat. Inden nedgravning skal bentonitten gennemvædes med vand. Offeranoden anbringes i et boret hul 3-5 m fra jordvarmeboringen med den øvre ende minimum 1 m under terræn.

- Offeranoden skal kontrolleres regelmæssigt (f.eks. i forbindelse med det årlige eftersyn) ved at måle den strøm der går mellem anode og aluminiumsrør. Strømmen bør være mellem 10-50 mA afhængig af jordbundsforholdene.
- Når offeranoden er forbrugt, skal denne udskiftes. Anoden er typisk forbrugt når strømmen når ned på et par mA.

### **3.3. Indretning og drift**

- 3.3.1. Som varmetransmissionsvæske må kun anvendes vand og XX [godkendt frostsikringsvæske].
- 3.3.2. Jordvarmeanlægget må ikke etableres tættere end x meter på .. [recipient , fortidsminde m.m.]
- 3.3.3. I forbindelse med etableringen skal anlægget tæthedsprøves. Anmeldelsen af tæthedsprøven skal ske til XXX Kommune senest 3 dage før. Eventuelle samlinger fra boringen og til varmepumpen skal være fritlagte under prøvningen. Der skal tæthedsprøves med rent vand. Prøvetrykket skal være 1,5 gange driftstrykket. Rørene pumpes op til prøvetrykket og efter 15 min. kontrolleres, om trykket er faldet. Er dette tilfældet, pumpes igen op til prøvetrykket. Dette gentages indtil trykket ikke er faldet efter 15 min. fra sidste oppumpning. Prøvetrykket skal nu kunne opretholdes i 1 time, uden at trykket falder. Under prøvningen må ingen dele af slangerne være udsat for direkte sol. Kopi af tæthedsprøvningen skal indsendes til XX Kommune sammen med færdigmeldingsskemaet, jf. vilkår 3.1.4.
- 3.3.4. Varmeoptagesystemet skal være tæt og forsynet med et trykovervågningsystem, samt en alarm og en sikkerhedsanordning, der i tilfælde af lækage stopper anlægget.
- 3.3.5. Anlægget må ikke kunne genstartes automatisk.
- 3.3.6. Eventuelle samlinger af slangerne fra boringen og til varmepumpen skal etableres i samlebrønde og kunne inspiceres.
- 3.3.7. Ved aftapning af varmetransmissionsvæske skal væsken bortskaffes efter kommunens anvisninger.

### **3.4. Egenkontrol**

- 3.4.1. Ejere og brugere af anlægget skal sikre, at anlægget er i en sådan vedligeholdelsesstand, at der ikke foreligger en åbenbar nærliggende risiko for, at der kan ske forurening af jord og grundvand. Der må ikke være synlige tæring af rørsystemet.
- 3.4.2. Hvis ejerne eller brugere af anlægget konstaterer eller får mistanke om, at anlægget er utæt, skal der straks træffes foranstaltninger, der kan bringe en eventuel udstrømning til ophør, f.eks. ved tømning af anlægget. Kommunen skal straks orienteres.
- 3.4.3. Jordvarmeanlægget skal mindst én gang årligt, på foranledning af anlæggets ejer, efterses af en sagkyndig i jordvarmeanlæg.

- 3.4.4. Resultatet af den årlige kontrol skal opbevares i mindst 10 år og efter anmodning forevises kommunen.
- 3.4.5. XX Kommune kan til enhver tid kræve, at der foretages tæthedsprøvning eller anden kontrol af jordslangerne. Hvis det ved en tæthedsprøvning eller på anden måde viser sig, at jordslangen/jordslangerne er utæt, skal den/disse straks tømmes for resterende indhold. Væsken behandles som farligt affald efter kommunens anvisning.
- 3.4.6. Et anlæg, der har været utæt, må ikke tages i brug før det er dokumenteret at jordslangerne er tætte. Kommunen skal godkende tæthedsprøvningen, som skal foretages som beskrevet i vilkår 3.3.3.

### **3.5. Sløjfning**

- 3.5.1. Hvis jordvarmeanlægget ikke længere benyttes, skal det sløjfes. Sløjfningen skal meddeles XX Kommune.
- 3.5.2. Ved sløjfningen skal anlægget tømmes for varmetransmissionsvæske, og væsken skal bortskaffes efter kommunens anvisninger.
- 3.5.3. Jordvarmeboringen sløjfes efter de til enhver tid gældende regler, som oplyses af kommunen. Sløjfningen skal desuden indberettes til GEUS.

## **4. Miljøteknisk beskrivelse og vurdering**

[Her beskrives anlæggets tekniske data og placering i forhold til drikkevandsinteresser, vandindvinding, private drikkevandsboringer eller markvandingsboringer, beskrivelse af geologi/hydrogeologi og grundvandsbeskyttelse, begrundelse for specielle vilkår m.m.]

**Placeringen af anlægget lever op til bekendtgørelsens krav om, at der fra jordvarmeanlægget skal være mere end 300 meter til alment vandindvindingsanlæg og 50 meter fra andre vandindvindingsanlæg.**

*[Hvis afstandskravene nedsættes skal der her angives en beskrivelse af de hydrogeologiske forhold].*

## **5. Generelle oplysninger**

Hvis der i forbindelse med etablering af jordvarmeanlæg på ejendommen er en olietank, som tages ud af brug, skal oplysninger herom meddeles til XX Kommune. Olietanken skal sløjfes efter reglerne i olietankbekendtgørelsen.

Desuden skal der gøres opmærksom på, at tilsætning af boremudder under borearbejde med indhold af kemikalier vil kræve særskilt tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19. [Dette er vigtigt, da disse boringer oftest ikke renpumpes. Derfor anbefales det, at sagsbehandleren sikres sig, at der ikke benyttes problematiske stoffer i boremudder.]

## **6. Gyldighed og retsbeskyttelse**

## 6.1. Gyldighed

Tilladelsen er gyldig straks efter modtagelsen.

Ved klage kan Miljøklagenævnet dog bestemme, at klagen har opsættende virkning. Hvis tilladelsen udnyttes inden klagefristens udløb, er det på egen regning og risiko, idet tilladelsen kan påklages og eventuelt blive ophævet eller ændret i en klagesag.

## 6.2. Retsbeskyttelse

Kommunalbestyrelsen fører tilsyn med, at jordvarmeanlæg ikke forurener grundvandet. Under udøvelsen af dette tilsyn har kommunalbestyrelsen adgang til på offentlig og privat grund at foretage undersøgelser af forhold af betydning for miljøbeskyttelsen og vandforsyningen jf. miljøbeskyttelseslovens § 87 og vandforsyningslovens § 64 samt til at træffe de til forebyggelse eller fjernelse af forureningen nødvendige foranstaltninger.

Tilladelser efter miljøbeskyttelseslovens § 19 kan til enhver tid ændres eller tilbagekaldes af kommunen uden erstatning ved risiko for forurening af vandforsyningsanlæg eller ved risiko for miljøbeskyttelsen i øvrigt, jævnfør § 20 i miljøbeskyttelsesloven.

## 7. Klagevejledning

Jf. Miljøbeskyttelseslovens § 98 kan kommunens afgørelse påklages til Miljøklagenævnet af afgørelsens adressat, Sundhedsstyrelsen, Naturfredningsforeningen, eventuelt andre organisationer og enhver, der har en individuel væsentlig interesse i sagens udfald.

Klageperioden er 4 uger fra den dag tilladelsen er meddelt. Eventuel klage over afgørelsen skal være skriftlig og være kommunen i hænde senest xx.xx.xxxx. Klagen vil herfra blive sendt videre til Miljøklagenævnet, der er klagemyndighed.

Der gøres opmærksom på, at der til enhver tid er mulighed for aktindsigt i sagen.

Ifølge miljøbeskyttelseslovens § 101 kan afgørelsen prøves ved domstolene. Sagen skal anlægges inden 6 måneder efter, at afgørelsen er endeligt meddelt.

De vil få besked, hvis andre klager over afgørelsen.

## 8. Liste over modtagere af kopi af tilladelsen

- 1 Sundhedsstyrelsen, Islands Brygge 67, 2300 København S., e-mail: [sst@sst.dk](mailto:sst@sst.dk) (evt. lokal embedslæge),
- 2 Danmarks Naturfredningsforening, Masnedøgade 20, 2100 København Ø., e-mail: [dn@dn.dk](mailto:dn@dn.dk) (evt. lokal afdeling),
- 3 Lokale Vandværk eller vandforsyning
- 4 Andre (eksempelvis nabo el.lign.)



# Hjemmeside om jordvarmeanlæg

## Etablering af jordvarmeanlæg



I forbindelse med etableringen af et jordvarmeanlæg skal kommunen give en tilladelse i henhold til Miljøbeskyttelseslovens § 19 (nr. 1757 af 22/12/2006), samt [bekendtgørelse om jordvarmeanlæg nr. 1203 af 20/11/2006](#).

Her henter du henholdsvis ansøgningsskema, færdigmeldingsskema og sløjfningskema for jordvarmeanlæg. Vær opmærksom på, at færdigmelde anlægget når det er installeret.

- [Skema til ansøgning om jordvarme](#)
- [Skema til færdigmelding af jordvarmeanlæg](#)
- [Skema til sløjfning af jordvarmeanlæg](#)

Kommunen skal bl.a. have oplysninger om almene vandindvindingsanlæg indenfor 300 meter fra det ansøgte jordvarmeanlæg, ligesom der skal foreligge oplysninger om evt. brønde og borer til egen vandforsyning indenfor en radius af 50 meter. I disse zoner må der ikke etableres jordvarme med mindre de hydrogeologiske forhold sandsynliggør at der ikke er øget risiko for forurening af drikkevandet

Et eksempel på typiske vilkår kommunen stiller i forbindelse med et tilladelse til etablering af et jordvarmeanlæg kan nævnes:

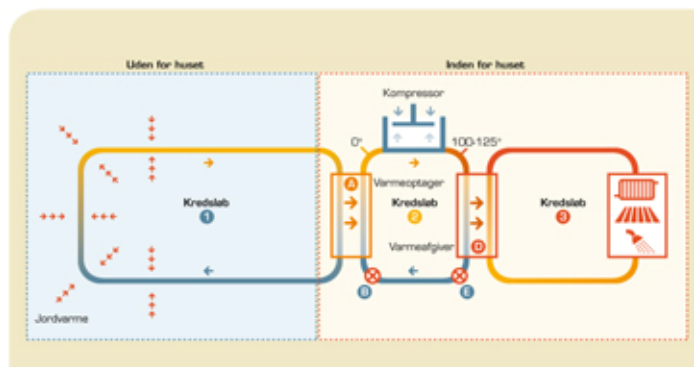
- Jordvarmeanlægget skal udføres som ansøgt.
- Efter udførelsen af det tilladte anlæg skal der indsendes skriftlig dokumentation for anlæggets endelige placering og tekniske udformning. Til denne dokumentation hører en plantegning med angivelse af endelige dimensioner og anlæggets placering i forhold til nærliggende bygninger.
- Varmeoptagesystemet skal være tæt og forsynet med et trykovervågningssystem samt en alarm og en sikkerhedsanordning, der i tilfælde af lækage i varmesystemet stopper anlægget.
- Der anvendes vand eller andet godkendt kølemiddel som varmetransmissionsmiddel.
- Ejeren skal sørge for, at anlægget mindst én gang årligt efterses af en sagkyndig i jordvarmeanlæg specielt mht. trykovervågningssystemets funktion, sikkerhedsanordningen og anlæggets tæthed. Resultatet af undersøgelsen tilsendes kommunen som et notat fra den sagkyndige. Det oplyses i den forbindelse, at ejeren skal opbevare en kopi af resultatet af kontrollen i mindst 10 år.

- Ejeren af anlægget skal sikre, at dette er i en sådan vedligeholdelsesstand, at der ikke foreligger åbenbar, nærliggende risiko for, at der kan ske forurening af jord og grundvand, herunder må der ikke være synlig tæring af rørsystemet.
- Får ejeren mistanke om, at anlægget er utæt skal kommunen straks underrettes, og ejeren skal straks træffe foranstaltninger, der kan bringe evt. udstrømning til ophør f.eks. ved tømning af anlægget. Dette skal ske ved bistand af en sagkyndig på området.
- Bortskaffelse af væske fra anlægget skal ske efter kommunens anvisning.

Læs mere om varmepumper her: <http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo>

### Sådan fungerer et jordvarmeanlæg med varmepumpe

Et jordvarmeanlæg er bygget op af tre kredsløb:



#### Kredsløb 1: Ude i haven

Væsken cirkulerer konstant rundt i kredsløb 1 og bringer varme tilbage til anlæggets varmeoptager A. Inde i varmeoptageren trækkes jordvarmen ud af væsken. Sådan "skummer" anlæggets varmeoptager hele tiden væsken i kredsløb 1 for varme og sender den videre til kredsløb 2.

#### Kredsløb 2: Inde i anlægget

Kredsløb 2 er selve hjertet i varmeanlægget og hedder en varmepumpe. Her cirkulerer en anden væske, der har ganske specielle egenskaber – først og fremmest fordi den har et meget lavt kogepunkt. Væsken bliver til en gas i varmeoptager A. Varmen afgives igen i D, når den bliver presset sammen til en væske ved hjælp af en kompressor. Når dampen i kredsløb 2 afgiver sin varme, fortættes dampen igen til sin væskeform og er klar til en ny tur rundt i kredsløb 2.

#### Kredsløb 3: I boligen

Varmeafgiveren D opvarmer vandet i en varmtvandsbeholder. Hermed overføres varmen fra kredsløb 2 til kredsløb 3, der omfatter husets radiator-, gulvarme- og vvs-installationer.



# Tjekliste til sagsbehandlingen

## Tjekliste til brug ved behandling af jordvarmesager

### Udarbejdelse af tilladelse

Journaliser ansøgningen [journal.nr xxxxxx]

Undersøg om der er en sag af relevans for jordvarme på grunden

Kontroller om ansøgningen er fyldestgørende

- Er ansøgning underskrevet af grundejer?
- Er der en skitse af forventet placering af jordvarmeslanger
- Er der beskrivelse af dimensioner af anlægget / udførelse af boring inkl. tætning
- Er den frostsikringsvæske, der foreslås i ansøgningen, godkendt jævnfør bekendtgørelsen? Eller er der dokumentation for, at væsken er mindst lige så miljøvenlig i relation til grundvandsbeskyttelse.
- Boringer: Har brøndboreren bevis (se GEUS hjemmeside)

Send kvitteringsbrev med anmodning om eventuelle manglende oplysninger

Undersøg afstand til almene vandindvindingsanlæg og andre vandindvindingsanlæg

Tjek frostsikringsmidlet og mængde

Undersøg for tinglysninger

Undersøg forsyningsplan / varmeplan

Tjek følgende:

- Fredninger
- Fortidsminder
- Natura 2000
- Naturbeskyttelse: § 3 områder
- EU-habitatområder
- Jordforurening V1 eller V2
- Er nuværende varmforsyning olietank

Send udkast til tilladelse i høring til ansøger og installatør

Send tilladelse til grundejer med kopi til installatør og klageberettigede evt. per mail.

- Vedlægge færdigmeldingsskema
- Evt. afmeldingsskema til olietanke

### Færdigmelding

Journaliser færdigmeldingsskema

Registrer jordvarmeanlægget i BBR

Registrer jordvarmeanlægget i kommunens GIS-system

Sørg for at jordvarmesagen gemmes i kommunens byggesag på matriklen

## Sløjfning

Journaliser afmeldingsskema

Registrer afmeldingen i BBR

Registrer sløjfningen i kommunens GIS-system

Sørg for at afmeldingsskema lægges i kommunens byggesag på matriklen