

Faskiner og Jordvarmeanlæg



Kolofon

Titel:

Faskiner og jordvarmeanlæg

Redaktion:

Kevin Juel Askham , HedeDanmark
Jette Nørgaard Jensen, Kolding Spildevand A/S
Joshkun Yolju, Spildevandscenter Avedøre Kenneth Lund Nyrup Plast
Stig Knudsen , Wavin
Per Hemmingsen, Teknologisk Institut, Rørcentret
Flemming Springborg, Teknologisk Institut, Rørcentret
Per Henrik Pedersen , Teknologisk Institut, Køle- og Varmepumpeteknik

Udgiver:

Naturstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
www.nst.dk

År:

2012 (oprindeligt udarbejdet i 2010)

ISBN nr. elektronisk version

978-87-92903-47-1

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøministeriet vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøministeriets undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøministeriet synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøministeriet finder indholdet relevant for en bredere kreds.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

FORORD	4
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	5
1.1 BAGGRUND OG FORMÅL	5
1.2 KONKLUSIONER	5
1.2.1 Gældende lovgivning	5
1.2.2 Erfaringer fra England	6
1.2.3 Analyse af jordens mætningsgrads betydning for effekten af	6
1.2.4 Det videre forløb	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	8
1.3 BACKGROUND AND OBJECTIVE	8
1.4 CONCLUSIONS	8
1.4.1 Applicable legislation	8
1.4.2 Experience from England	8
1.4.3 Analysis of the importance of the soil's degree of saturation for geothermal energy systems	9
1.4.4 The further development	9
2 INDLEDNING	11
3 LOVGIVNING	12
3.1 UDTRÆDEN AF KLOAKFORSYNINGEN	12
3.2 NEDSIVNINGSTILLADELSER	13
3.3 AUTORISATION	14
3.4 JORDVARMEANLÆG	15
3.5 DELKONKLUSION	15
4 ERFARINGER FRA ENGLAND	16
4.1 ERFARINGER	17
4.2 SAMMENLIGNING AF KLIMATISKE FORHOLD MELLEM ENGLAND OG DANMARK	18
4.3 DELKONKLUSION	18
5 ANALYSE AF JORDENS MÆTNINGSGRADS BETYDNING FOR EFFEKTEN AF JORDVARMEANLÆG	19
5.1 BEREGNING AF EFFEKTVARIATION I SANDJORD	19
5.2 VARMELEDNINGSEVNE	19
5.3 VARMEKAPACITET	21
5.4 SIMPEL MODEL 1	21
5.5 SIMPEL MODEL 2	22
5.6 DELKONKLUSION	27
5.7 ØKONOMI	28
5.8 DET VIDERE FORLØB	28

Forord

By og Landskabsstyrelsen bevilgede i december 2009 et projekt under ansøgning om tilskud til miljøeffektiv teknologi 2009, vedrørende varmepumper og faskiner.

Formålet med projektet er at undersøge samt dokumentere, om det giver mening at kombinere jordvarmeslanger og faskiner, og i bekræftende fald beskrive hvad den energimæssige og økonomiske gevinst vil være.

Med den stigende efterspørgsel efter jordvarme samt den stigende efterspørgsel efter løsninger til nedsivning af regnvand vil en løsning, der kombinerer etablering af jordvarmeanlæg med etablering af faskiner, slå 2 fluer med 1 smæk.

Projektgruppen har forsøgt at besvare følgende spørgsmål:

- Hvilke erfaringer med kombinerede jordvarmeanlæg og nedsivende regnvand har man i Danmark samt i UK
- Hvilken relevant lovgivning er gældende i Danmark
- Hvor stort et energiindhold er der i regnvand, der nedsives omkring jordvarmeslangerne

Erfaringsindsamlingen er fremkommet ved et litteraturstudium samt et besøg på Universitetet i Coventry, som er involveret i en lang række forsøgsanlæg.

I gennemgangen af den relevante lovgivning har vi set på, hvilke krav der er til nedsivningsdelen samt jordvarmedelen.

Vurdering af energiindholdet er sket på baggrund af en modelberegning, hvor en række relevante parametre bliver analyseret.

Rapporten er udarbejdet af Teknologisk Institut, Rørcentret i samarbejde med en styregruppe bestående af:

Kevin Juel Askham	HedeDanmark
Jette Nørgaard Jensen	Kolding Spildevand A/S
Joshkun Yolju	Spildevandscenter Avedøre
Kenneth Lund	Nyrup Plast
Stig Knudsen	Wavin
Per Hemmingsen	Teknologisk Institut, Rørcentret
Flemming Springborg	Teknologisk Institut, Rørcentret
Per Henrik Pedersen	Teknologisk Institut, Køle- og Varmepumpeteknik

Arbejdsgruppen vil gerne takke alle, der er kommet med faglige input. En speciel tak skal rettes til Marcin Blazniak Andreassen fra Teknologisk Institut, der har lavet beregningerne af jordens mætningsgrads betydning for effekten af jordvarmeanlæg.

Sammenfatning og konklusioner

1.1 Baggrund og formål

Klimaforandringerne vil formentlig betyde stadig større regnmængder i Danmark, og der er derfor behov for nye tekniske løsninger til at håndtere de øgede regnvandsmængder. En mulig teknisk løsning vil være at kombinere nedsivning af regnvand i faskiner med brugen af vedvarende energi i form af jordvarmeanlæg. Denne løsning vil kunne nedsætte udledningen af regnvand til de offentlige kloakker samtidig med, at man vil kunne opnå en reduceret CO₂ udledning.

I nærværende rapport er mulighederne for at kombinere nedsivning af regnvand med et jordvarmeanlæg blevet analyseret ved at se på følgende spørgsmål:

- Hvilke relevante lovgivninger er gældende i Danmark
- Hvilke erfaringer med kombinerede jordvarmeanlæg og nedsivende regnvand har man i Danmark samt i UK
- Hvor stort et energiindhold er der i regnvand, der nedsives omkring jordvarmeslanger

Spørgsmålene er besvaret ved et litteraturstudium, en studietur til Universitetet i Coventry samt en modelberegning af energiindholdet i regnvand, der nedsives omkring en jordvarmeslange.

1.2 Konklusioner

1.2.1 Gældende lovgivning

Gennemgangen viser, at der ikke er nogen begrænsninger i vores lovgivning i forhold til at etablere faskiner i forbindelse med jordvarmeslanger.

Nogle kommuner kan i dag være betænkelige ved at give tilladelse til at etablere mindre faskiner i jordtyper med ringe porøsitet (og dermed en lille nedsivningsevne) fx i lerjord.

Men hvis tagvandet nedsives i en faskine, der har en længde og dybde svarende til en jordvarmeslange, vil kapaciteten af faskinen være så stor, at porøsiteten af jorden vil få langt mindre betydning, idet der med en så stor faskine vil kunne ske nedsivning i lerjord. Samtidig giver vores lovgivning mulighed for at give ejere af både jordvarmeanlæg og husejere, der nedsiver deres tagvand, en økonomisk fordel.

1.2.2 Erfaringer fra England

Besøget på Universitetet i Coventry bekræftede de danske erfaringer med, at jo mere vand der er omkring en jordvarmeslange, jo mere effektiv vil jordvarmeanlægget være.

Vejrforholdene i Danmark og England er mere eller mindre sammenlignelige. Selvom temperaturen i England sjældent når under frysepunktet på grund af golfstrømmen, så er ideen med at udlægge varmekablerne i brede spoler og benytte parkeringsarealer med permeable belægninger for at få cirkuleret vand omkring ledningerne interessant, og kunne forsøgsvis tænkes anvendt i Danmark.

1.2.3 Analyse af jordens mætningsgrads betydning for effekten af jordvarmeanlæg

En analyse af den udførte modelberegning viser en tydelig sammenhæng mellem jordens mætningsgrad og de termiske egenskaber i jorden, som er afgørende for, hvor meget energi man kan hive ud af jorden. Det er derfor meget afgørende at se på, hvilken mætningsgrad der er normal i Danmark samt hvorledes den evt. varierer hen over året.

Ifølge folk med kendskab til fugtindhold i jord er det svært, at sige noget om fugtindholdet i jorden samt hvor meget den varierer hen over året og i forskellige jordtyper. Jo højere mætningsgraden er under "normale" forhold, jo mindre bliver gevinsten ved at opfugte jorden ved at anlægge en faskine rundt om jordvarmeslangerne.

Et godt bud på en "normal" mætningsgrad i jorden vil være $> 75 \%$, hvorfor gevinsten som fås ved at øge jordens mætningsgrad vil være relativt begrænset.

Nedsivningen omkring jordvarmeslangerne vil dog give en ekstra gevinst, ved at jorden tilføres varme fra regnvandet, der nedsives gennem fyringssæsonen.

Et forsigtigt gæt vil være, at den øgede varmetilførelse i denne periode vil kunne nå et niveau på op i mod 20% , hvoraf de $5 - 10 \%$ kan tilskrives den øgede mætningsgrad.

Faskinens udformning vil ligeledes være meget afgørende for, hvilken effektførøgelse man vil få. I dag bliver de fleste faskiner opbygget ved hjælp af plastkassetter, der kan indeholde en relativ stor vandmængde. I faskiner omkring jordvarmeslanger er det afgørende, at regnvandet fordeles over en så stor del af varmeslangen som muligt. Dette vil stille krav til udformningen af nedsivningsdelen, således at regnvandet fordeles mest muligt.

En mulig udformning kan være at anbringe en eller flere fordelerbrønde, der sikrer, at regnvandet fordeles ud i et antal drænslanger, der lægges over varmeslangerne. Under varmeslangerne kan der anbringes en vandtæt membran, som lægges i en U-form, således at varmeslangerne kommer til at ligge i et "badekar", der vil sikre en høj mætningsgrad af jorden inde i "badekaret".

1.2.4 Det videre forløb

Af de ovenstående beregninger fremgår det tydeligt, at mætningsgraden (og eventuel variation af mætningsgraden) af jorden har en ret stor betydning for, hvor meget effekt man kan trække ud af jordvarmeslangerne og derved, hvor effektivt anlægget er.

Der er samtidig usikkerhed om, i hvor høj grad det er muligt at få fordelt regnvandet ud i hele jordvarmeslangernes længde.

Det anbefales derfor at etablere et forsøgsanlæg, hvor det vil være muligt at måle på effektforøgelsen ved nedsivning af regnvand omkring jordvarmeslangerne samt teste fordelingen af regnvand og nedsivningsevnen for en drænslange, der er anbragt i et ”badekar”.

Projektgruppen vil derfor forsøge at skaffe finansiering til opførelse af et forsøgsanlæg, hvor ovenstående vil kunne testes.

Summary and conclusions

1.3 Background and objective

The climate change will probably mean an increasing rainfall in Denmark which will require new technical solutions for handling the increasing volumes of rainwater. A possible technical solution is to combine the percolation of rainwater in fascines with the use of renewable energy such as geothermal energy. This solution can reduce the discharge of rainwater to the public sewage system and at the same time reduce the CO₂ emissions.

In this report the possibilities of combining the percolation of rainwater with a geothermal energy system have been analysed by examining the following issues:

- Which relevant legislation is applicable in Denmark?
- What are the experiences with combined geothermal energy systems and percolating rainwater in Denmark and in England
- How high is the energy content in the rainwater that is percolated around geothermal heating coils?

These issues have been examined by means of a literature survey, a research trip to the University in Coventry and a model simulation of the energy content in rainwater that is percolated around geothermal heating coils.

1.4 Conclusions

1.4.1 Applicable legislation

The evaluation shows that there are no limitations in the Danish legislation with regard to establishing fascines in connection with geothermal heating coils.

Today, some municipalities may be hesitant about giving permission to establish smaller fascines in soil types with little porosity (and thereby a poor percolation ability), e.g. clay soil. However, if the roof water is percolating into a fascine with a length and a depth corresponding to a geothermal heating coil, the capacity of the fascine will be so large that the porosity of the soil will be of much less importance, due to the fact that such a large fascine will have a positive effect on the percolation in clay soil. At the same time the Danish legislation gives the owners of both geothermal energy systems and house owners who percolate their roof water an economic advantage.

1.4.2 Experience from England

The visit at the University in Coventry confirmed the Danish experience that the more water there is around a geothermal heating coil, the more efficient a geothermal energy system works.

The weather conditions in Denmark and England are more or less comparable. Even though the temperature in England is rarely below the freezing point because of the

Gulf Stream, the idea of laying out heating cables in broad coils and using parking areas with permeable pavements in order to get the water circulated around the cables is very interesting and could be used in Denmark as an experiment.

1.4.3 Analysis of the importance of the soil's degree of saturation for the efficiency of geothermal energy systems

An analysis of the accomplished model simulation shows a clear connection between the soil's degree of saturation and the thermal characteristics of the soil which are crucial for how much energy you can obtain from the soil. Therefore, it is important to find the normal degree of saturation in Denmark and how much it may vary over the year.

According to people with knowledge about moisture content in soil, it is difficult to say anything about the moisture content in soil and how much it varies over the year and in the various soil types. The higher the degree of saturation is during "normal" conditions, the smaller the gain will be if the soil is moistened by installing a fascine around the geothermal heating coils.

An estimate of a "normal" degree of saturation in the soil is $> 75\%$, which is why the gain obtained by increasing the soil's degree of saturation will be relatively limited.

However, the percolation around the geothermal heating coils will provide an extra gain due to the fact that the rainwater that is percolating during the heating season supplies heat to the soil.

A rough estimate is that the increased heat supply during this period could reach a level of approximately 20% , of which the $5\text{-}10\%$ is due to the increased degree of saturation.

The design of the fascine will also be crucial for the level of the efficiency increase. Today, most fascines are constructed by means of plastic cassettes that can contain a relatively large quantity of water. In fascines around geothermal heating coils it is important that the rainwater is distributed over as large a part of the coil as possible. This will put demands on the design of the percolation part so that the rainwater can be distributed as much as possible.

A potential design is to use one or more distribution chambers to ensure that the rainwater will be distributed to a number of drain coils which are placed above the heating coils. Under the heating coils a watertight membrane can be placed in a u-shape, so that the heating coils will be placed in a "bathtub" which will ensure a high degree of saturation of the soil inside the "bathtub".

1.4.4 The further development

It appears from calculations that the degree of saturation (and maybe the variation of the degree of saturation) in the soil is quite important for how much effect the geothermal heating coils can generate and thereby how efficient the system is.

At the same time it remains uncertain to which degree it will be possible to distribute the rainwater to the total length of the geothermal heating coils.

It is therefore recommended to establish a pilot plant which will make it possible to measure the effect increase in connection with percolation of rainwater around the geothermal heating coils and to test the distribution of rainwater and the percolation ability for a drain coil placed in a “bathtub”.

Therefore, the project group will try to raise funding for a pilot plant at which it will be possible to carry out the above-mentioned measurements and tests.

2 Indledning

Med udmeldingen fra FN's klimapanel om, at det er nødvendigt at reducere udledningen af CO₂ for dermed at forsøge at begrænse klimaforandringerne, er der skabt stærkt forøget interesse for nye teknologier til at reducere udledningen af CO₂.

En af de større udfordringer omkring vand og klimaændringer er desuden at kunne håndtere de stigende mængder nedbør og deraf følgende oversvømmelser. Afløbsbranchen efterspørger specielt tekniske løsninger, som fokuserer på nedsivning (infiltration) af regnvand, som resulterer i øget bufferkapacitet i afløbssystemerne samt reducerer belastningen af det offentlige afløbssystem. Dette gælder både på privat grund (bolig, industri) samt i forbindelse med offentlige institutioner (skoler mv.).

Kloakforsyningerne vil være interesserede i at øge incitamentet og få stærke argumenter for selv at vælge nedsivning – samt for at få den private borger til at nedsive regnvand på privat grund.

På baggrund af ovenstående er der behov for at udvikle en ny teknologi, der kan kombinere nedsivningen af regnvand med brugen af vedvarende energi. Helt konkret er der behov for at udvikle en ny faskine, der kan indeholde jordvarmeslanger.

Afkobling og nedsivning af regnvand vil være en af de vigtigste indsatser på afløbsområdet i Danmark i de kommende år. Indsatsen er nødvendig for at kommuner og forsyningsselskaber kan få et afløbssystem, der er tilpasset til fremtidens klimaændringer, når det gælder de forøgede mængder regnvand. Hvis regnvand afkobles og nedsives på privat grund eller i forbindelse med større offentlige anlæg (institutioner, virksomheder, pladser mv.) vil dette nedsætte belastningen af de offentlige kloakker betydeligt.

Udbredelsen af jordvarmeteknologien vil samtidig være en af de vigtigste indsatser på energiområdet i Danmark. Indsatsen er nødvendig for, at elselskaber kan nedbringe deres CO₂-forbrug samt erstatte brugen af fossile brændstoffer med vedvarende energikilder.

En teknologisk løsning, der kombinerer nedsivningen af regnvand (faskinen) med brugen af vedvarende energi (jordvarmeanlæg), vil øge incitamentet hos såvel private borgere samt forsyningsselskaber og kommunale institutioner til at anlægge faskiner og etablere jordvarme.

Ved populært sagt at "slå 2 fluer med ét smæk" kan anlægsudgifter forbundet med gravearbejdet samlet set reduceres betydeligt, da faskinen tilpasses til og etableres i den rende, der alligevel skal graves, når der nedgraves jordvarmeslanger.

Formålet med nærværende rapport er, at undersøge effekten for varmeproduktionen i et jordvarmeanlæg når regnvandet nedsives omkring varmeslangerne via en faskine.

3 Lovgivning

Jævnfør miljølovgivningen er en grundejer forpligtet til at tilslutte sig det offentlige afløbssystem, når kommunen har ført stikledningen frem til grunden. I eksisterende systemer er det normalt, at både regnvand og spildevand tilsluttes kommunens afløbssystem.

I nye udstykningsområder er det efterhånden blevet almindeligt, at der er krav om, at tagvandet nedsives på egen grund, mens spildevand og regnvand fra veje afledes i kommunens afløbssystem.

Det kræver altid tilladelse fra kommunen, hvis det ønskes at nedsive tagvandet. Kommunen kan enten blot give en nedsivningstilladelse, eller de kan vælge at give tilladelse til, at grundejeren træder ud af kloakfællesskabet og evt. får tilbagebetalt tilslutningsbidraget for regnvand.

3.1 Udtræden af kloakforsyningen

I bekendtgørelse nr. 1448 af 11/12-2007, Bekendtgørelse om spildevandstilladelser mv. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, er der fastsat regler for, hvordan grundejeren kan udtræde af kloakfællesskabet.

Forudsætningen for en hel eller delvis udtræden af kloakfællesskabet er:

- Området skal i spildevandsplanen være udpeget som et område, hvor kommunalbestyrelsen er indstillet på helt eller delvist at ophæve tilslutningspligten
- Der skal være enighed om udtræden mellem grundejeren og kommunen
- Kloakforsyningens samlede økonomi må ikke forringes væsentligt
- Kloakforsyningen skal fortsat kunne fungere teknisk forsvarligt
- Der skal kunne gives tilladelse til en alternativ bortskaffelse/afledning af spildevandet

Ved tilladelse til at udtræde af kloakforsyningen er kommunen ikke pligtig til at foretage en tilbagebetaling, idet kloakforsyningen jo allerede har afholdt de anlægsudgifter, som tilslutningsbidraget skal dække.

Kommunen kan dog vælge at tilbyde lodsejeren helt eller delvist at få tilbagebetalt tilslutningsafgiften. Standardtilslutningsbidraget blev indført ved lov nr. 325 af 14. maj 1997 om ændring af miljøbeskyttelsesloven og lov om betalingsregler for spildevandsanlæg mv., der trådte i kraft den 1. juli 1997. Pristalsreguleringen af tilslutningsafgiften foretages derfor med udgangspunkt i denne dato.

En eventuel tilbagebetaling vil altid være betinget af, at der etableres en alternativ bortskaffelse, og at udbetalingen foretages mod dokumentation af, at den alternative bortskaffelse er etableret. Det er kommunen, der afgør, hvilken dokumentation der skal foreligge. Kommunens tilbud om tilbagebetaling af tilslutningsbidrag er normalt tidsbegrænset.

Der betales ikke vandafledningsafgift for afledning af regnvand. Hvis grundejeren er meldt ud af kloakfællesskabet, er det kun muligt at blive tilsluttet igen efter ansøgning til kommunen og evt. mod indbetaling af tilslutningsbidrag.

3.2 Nedsivningstilladelser

Tilladelse til at aflede tagvand til nedsivning kan gives af kommunen, når følgende betingelser, jævnfør bekendtgørelse nr. 1448 af 11. december 2007, er opfyldt:

- Afledningen skal ske til et separat nedsivningsanlæg, hvortil der ikke ledes andre former for spildevand
- Nedsivningsanlægget dimensioneres, placeres og udføres således, at der ikke opstår overfladisk afstrømning eller gener i øvrigt
- Afstanden til vandindvindingsanlæg, hvortil der stilles krav til drikkevandskvalitet, er mindst 25 meter
- Afstanden til vandløb, søer eller havet er mindst 25 meter

Afstanden til vandløb, søer og havet kan nedsættes, hvis der samtidig kan gives en udledningstilladelse. En udledningstilladelse er afhængig af, at recipientkvalitet kan overholdes, og at vandindvindingen og grundvandsressourcer ikke forurenes.

I miljølovgivningen er der ikke fastsat regler for dimensionering og udformning af faskiner.

DS 440 Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning foreskriver at, af hensyn til fugt bør afstanden imellem nedsivningsanlægget og beboelseshuse og huse, hvorunder der udgraves kældere, være mindst 5 meter. Ved huse med hverken beboelse eller kældere kan afstanden nedsættes til 2 meter.

I henhold til Rørcenter-anvisning 009, Nedsivning af regnvand i faskiner skal de anførte afstande overholdes for bygninger på selve grunden og også ved eksisterende og fremtidig mulig bebyggelse på nabogrunden. Af hensyn til risiko for opblødning bør faskinen ikke anbringes nærmere end 2 meter fra skel.

Der gøres opmærksom på, at disse afstandskrav er vejledende og må bero på en konkret vurdering i det enkelte tilfælde. Denne konkrete vurdering kan fx foretages af en autoriseret kloakmester, men kommunen skal altid godkende de aktuelle afstande. Hvis det eksempelvis kan påvises, at risikoen er meget lille ved etablering af en faskine 2-3 meter fra en beboelsesejendom, bør det ikke være en hindring for etableringen.

Det kan fx være muligt i ét eller flere af nedenstående tilfælde:

- Hvis terrænet falder bort fra huset
- Hvis huset er nyt

- Hvis der på et eksisterende hus er etableret et lag, der spærrer for opstigende grundfugt

Hvis de eksisterende jordbundsforhold gør, at der ikke er fare for opblødning, eller hvis nabogrunden forbliver ubebygget, kan afstandskravet til skel ligeledes nedsættes.

Afstandskravene er vist i figur 1.

	Lovgivnings- mæssigt krav	Vejledende krav iht. SBI 185 eller DS 440	Vejledende afstandskrav ved minimal risiko*
Drikkevandsboring	25 m		
Vandløb, søer, hav	25 m		
Beboelseshus med/uden kælder		5 m	2 m*
Hus uden beboelse med kælder		2 m	2 m*
Hus uden beboelse uden kælder		2 m	1 m*
Skel		2 m	0,5 – 1 m**

* hvis terrænet falder bort fra huset, hvis huset er nyt eller hvis der på et eksisterende hus er etableret et lag, der spærrer for opstigende grundfugt

** hvis jordbundsforholdene gør, at der ikke er fare for opblødning, eller hvis nabogrunden forbliver ubebygget

Figur 1

Afstandskrav for faskiner til drikkevandsboringer, recipienter, beboelse og skel

3.3 Autorisation

Alt arbejde med kloaksystemer inden for skel må kun udføres af autoriserede kloakmestre.

Undtaget fra kravet om autorisation som kloakmester er udførelse af faskiner med tilhørende ledninger til bortledning af regnvand fra tag på beboelsesbygninger med tilknyttede udhuse, carporte og garager eller på landbrugsejendommers driftsbygninger.

Undtagelsen er betinget af, at anlægget anbringes på ejendommens egen grund og i øvrigt udføres efter de gældende forskrifter i Bygningsreglementet og lov om miljøbeskyttelse.

Undtagelsen giver ikke ret til uden autorisation som kloakmester at foretage afpropning eller øvrige indgreb i eksisterende afløbsinstallationer.

3.4 Jordvarmeanlæg

Placering af jordvarmeanlæg er beskrevet i Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg nr. 1019 af 25. oktober 2009. Heri fremgår det at jordvarmeanlæg skal overholde følgende krav:

- Et horisontalt anlæg med brine skal etableres mindst 50 meter fra et alment eller ikke alment vandforsyningsanlæg, og mindst 5 meter fra et andet vandforsyningsanlæg*
- Et vertikalt anlæg skal etableres mindst 300 meter fra et alment eller ikke alment vandforsyningsanlæg og mindst 50 meter fra et andet vandforsyningsanlæg*
- Et horisontalt anlæg med direkte fordampning skal etableres mindst 10 meter fra almene vandforsyningsanlæg og mindst 5 meter fra ikke-almene vandforsyningsanlæg
- Varmeslanger, der er placeret mindre end 1,5 meter fra bygninger og mindre end 1 meter fra vand- og kloakrør, skal være isoleret mod kondens
- Varmeslanger i et horisontalt anlæg skal ligge mindst 0,6 meter fra skel, medmindre der foreligger en skriftlig tilladelse fra naboejendommens ejer.
- Varmeslanger skal nedgraves, således at de har mindst 0,6 m jorddækning
- Afstanden mellem boringer til vertikale anlæg skal være mindst 20 meter

Kommunalbestyrelsen kan lempe kravene indtil 5 meter for horisontale anlæg og 50 meter for vertikale anlæg, hvis vandforsyningsanlægget kun forsyner den ejendom, hvor jordvarmeanlægget udlægges. Varmeslanger, som etableres mindre end 50 meter fra vandforsyningsanlægget, skal lægges i bøsningrør med fald væk fra vandforsyningsanlægget, så et eventuelt udslip sker mindst 50 meter fra indvindingsanlægget.

Kommunalbestyrelsen kan skærpe afstandskravene, eller fastsætte vilkår om særlig indretning af jordvarmeanlægget, hvis den skønner, at det er nødvendigt for at sikre et alment eller ikke alment vandforsyningsanlæg mod forurening.

3.5 Delkonklusion

På baggrund af den ovenstående gennemgang af relevant lovgivninger er der ikke umiddelbart nogen begrænsninger i vores lovgivning i forhold til at etablere faskiner i forbindelse med jordvarmeslanger.

Nogle kommuner kan i dag være betænkelige ved at give tilladelse til at etablere mindre faskiner i jordtyper med ringe porøsitet (og dermed en lille nedsivningsevne) fx i lerjord.

Men hvis tagvandet nedsives i en faskine der har en længde og dybde svarende til en jordvarmeslange vil kapaciteten af faskinen være så stor at porøsiteten af jorden vil få langt mindre betydning idet der med en så stor faskine vil kunne ske nedsivning i lerjord.

Samtidig giver vores lovgivning mulighed for at give ejere af både jordvarmeanlæg og husejere der nedsiver deres tagvand en økonomisk fordel.

Ved nedsivning af tagvand vil mange forsyninger tilbagebetale op til 40 % af tilslutningsbidraget til borgeren.

Hvis man installerer et jordvarmeanlæg i stedet for et oliefyr, har Teknologisk Institut beregnet, at man kan spare 50-60 procent på varmeregningen mens en tilsvarende beregning for el-varme kan komme helt op på 70 procent.

4 Erfaringer fra England

Det har længe været kendt at højere fugtindhold i jorden omkring jordvarmeslanger giver en øget effekt af jordvarmeanlægget.

Erfaringer fra forsøg udført af universitetet i Coventry viser desuden, at nedsivende regnvand omkring jordvarmeslanger har en gunstig indvirkning på varmepumpens COP (Coefficient Of Performance).

Projektgruppen besluttede derfor at besøge Universitetet i Coventry med det formål at besigtige et jordvarme/faskine anlæg i brug og få belyst/undersøgt hvilke driftserfaringer, der var gjort.

Turen startede med en rundvisning på universitetet i Coventry. Herunder fik vi en gennemgang af de igangværende forsøg, som universitetet er i gang med. Blandt andet med at undersøge, hvor meget der bliver tilbageholdt af tungmetaller i forskellige belægningsopbygninger med og uden fiberduge.

Herefter fik vi en rundvisning i forskellige belægningssten, som Hanson Formpave's havde anlagt rundt omkring Universitetet. De permeable belægninger fungerer som en del af opbygningen af faskine og jordvarmeanlægget, idet vandet trænger gennem belægningen og siver forbi jordvarmekablerne, hvorved der ifølge Hanson Formpave kan trækkes yderligere energi ud af jordvarmekablerne.



Billede af Formpave's permeable belægninger

Efter rundvisning på Universitetet i Coventry gik turen videre til følgende steder

- Building Research Establishment (BRE) innovation park in Watford
- Hanson Formpaves hovedkontor

Det første sted var et område med forsøgshuse, hvor alle mulige energieffektive løsninger blev forsøgt afprøvet, herunder Hansons Formpaves jordvarmeslanger og faskine.

4.1 Erfaringer

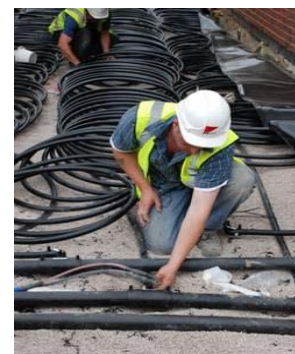
Formpave's havde en ide gående ud på at lægge jordvarmeslangerne ned i bunden af en lang faskine, som afvander eksempelvis et parkeringsareal med permeable belægninger. Jordvarmeslangerne ligger i et lukket bassin, hvor regnvandet bliver ledt ned over dem, før det bliver ledt til et overløb.

Jordvarmeslangerne vil hele tiden være dækket med vand og regnvandet vil herefter cirkulere forbi slangerne og vil derved kunne tilføre anlægget "energi".

I Danmark lægges ledningerne normalt i en lang smal rende med en afstand på ca. 1 meter i mellem strengene, men hos Hanson Formpave udlægges jordvarmekablerne som spoler, der bliver trukket ud i brede render, se fotos.



Billede af dansk rende af jordvarme med bund



Billede af engelsk ilægning kabler i bred faskine

De erfaringer Formpave har gjort med deres udlægning af fjernvarmekablerne under P-arealer med vandgennemstrømning, er meget positive. Hele deres nye hovedsæde på ca. 4000 m² samt bygning opført i innovation parken i Watford er udelukkende opvarmet på denne måde.



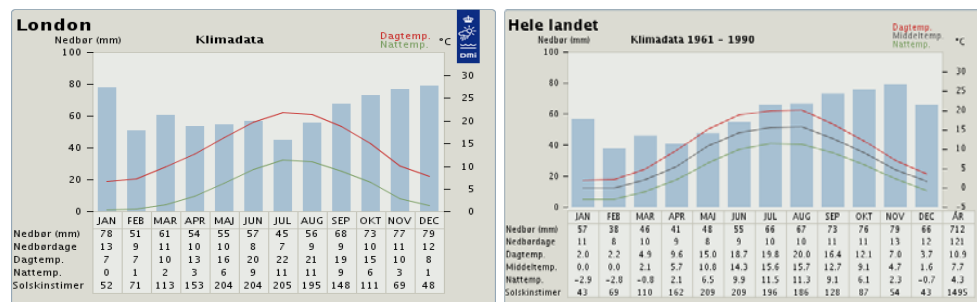
Billede af hovedsæde



Billede af innovationshus i Watford

4.2 Sammenligning af klimatiske forhold mellem England og Danmark

Det ville umiddelbart være nærliggende at sammenligne Englands og Danmarks klima. Det viser sig dog, at jordens gennemsnitstemperatur 1 meter under terræn ligger et par grader højere i England end i Danmark.



DMI's temperaturudsving for London DMI's temperaturudsving for Danmark

4.3 Delkonklusion

Vejrforholdene i Danmark og England er mere eller mindre sammenlignelige, selvom vejret i England sjældent når under frysepunktet på grund af golfstrømmen, så er ideen med at udlægge varmekablerne i brede spoler og benytte parkeringsarealer med permeable belægninger for at få cirkuleret vand omkring ledningerne interessant og kunne forsøgsvis tænkes anvendt i Danmark. Som det ses senere i oplægget, så kan der være meget, at hente driftsmæssigt på at nedlægge varmekabler, hvor der samtidig er en høj vandmættethed i den omkringliggende jord, og gerne hvor der er mulighed for at få en vandstrømning omkring jordvarmeslangerne.

5 Analyse af jordens mætningsgrads betydning for effekten af jordvarmeanlæg

Det har længe været kendt, at jordens mætningsgrad har stor betydning for hvilken effekt man kan få ud af et jordvarmeanlæg. Dette bekræftes af de beregninger af jordslangers effektvariation, som er gengivet herunder:

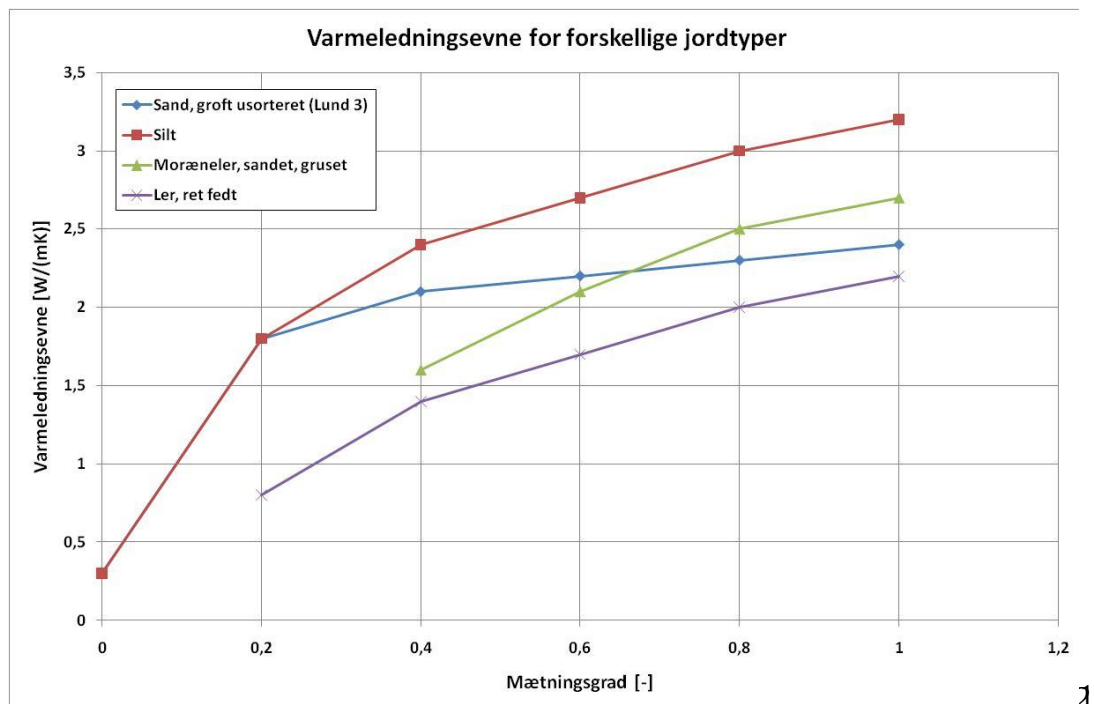
5.1 Beregning af effektvariation i sandjord

Der er to vigtige parametre, når man undersøger et termisk system med jordslanger. Disse er:

- Varmeledningsevne – hvor godt ledes varmen igennem materialet. For jordslange systemet er denne parameter vigtig, da hovedparten af energien bliver tilført fra omgivelserne, hvor den geotermiske energistråling er ($0,05\text{W/m}^2$ - $0,080\text{W/m}^2$). Dvs. varmen tilføres fra omgivelserne og skal ledes igennem jordlag til slangen. Derfor er det vigtigt, at denne parameter er så stor som mulig
- Varmekapacitet – varmekapaciteten fortæller hvor meget energi, der kan udvindes pr. kg. jord når jordens temperatur bliver reduceret med 1°C . I et jordslangesystem er denne parameter vigtig, da den fremstår som en "energi buffer". I jordslangesystemet har man behov for energi om vinteren, når der er koldt udenfor. Derfor er det vigtigt, at jordens energi er godt "opladet" om sommeren, så man kan bruge energi om vinteren

5.2 Varmeledningsevne

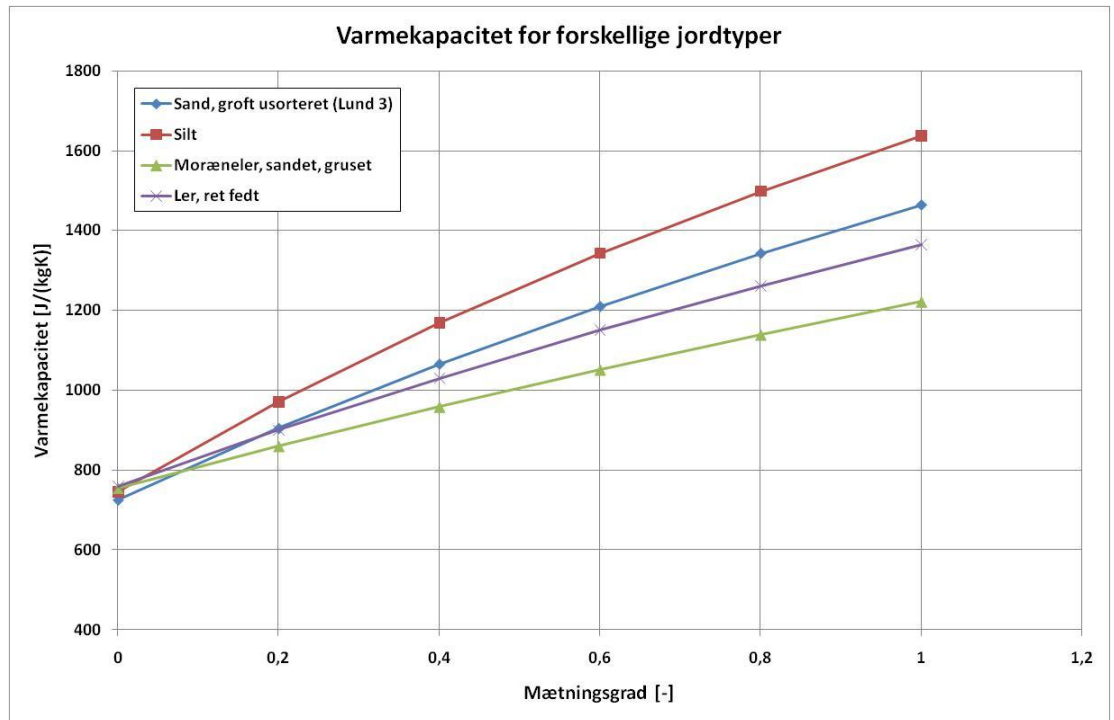
Varmeledningsevnen for forskellige jordarter ses i figuren nedenfor. Af figuren ses, at varmeledningsevnen er afhængig af, hvor vandmættet jorden er. Dette er især fremtrædende for silt.



1

5.3 Varmekapacitet

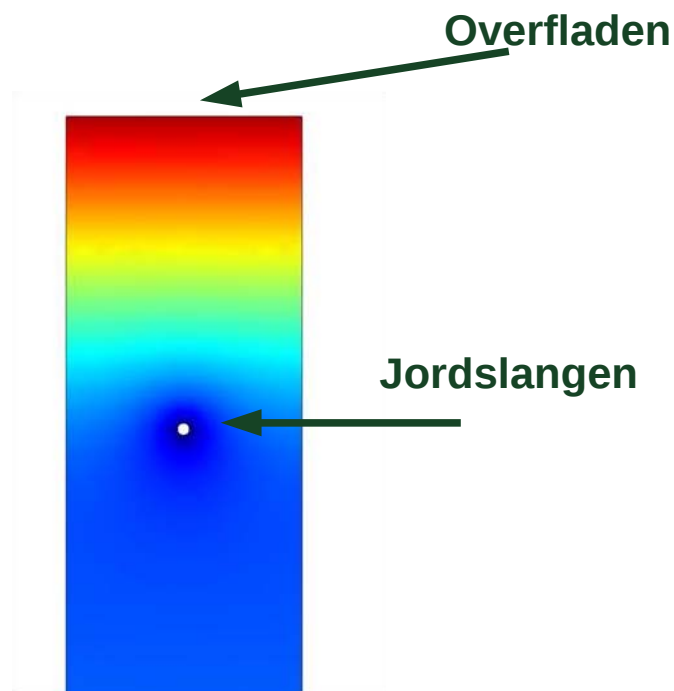
Varmekapacitet for forskellige jordarter ses i figuren nedenfor. Af figuren ses at varmekapaciteten er afhængig af hvor vandmættet jorden er. Dertil kommer at ved hårdt belastede jordslanger og når jorden er mættet med vand, kan man udnytte ”fryseenergien”.



Alt i alt kan man sige, at de termiske egenskaber af de forskellige jordarter påvirkes af vandindholdet af jorden.

5.4 Simpel model 1

Der opstilles en simpel model af jordslangen som vist på figuren forneden. Fra overfladen tilføres varmen hvor omgivelses temperaturen sættes til 8°C mens jordslange temperatur sættes eksempelvis til 0°C. Selve jordslangen er i dette eksempel nedgravet i 1 meters dybde. I modellen kigges der på, hvor meget effekt man kan udvinde af jordslangen ved forskellige mætningsgrader af jorden. I dette eksempel tages der udgangspunkt i sand. Beregningen er stationær, dvs. belastning er konstant - ikke tidsafhængig.

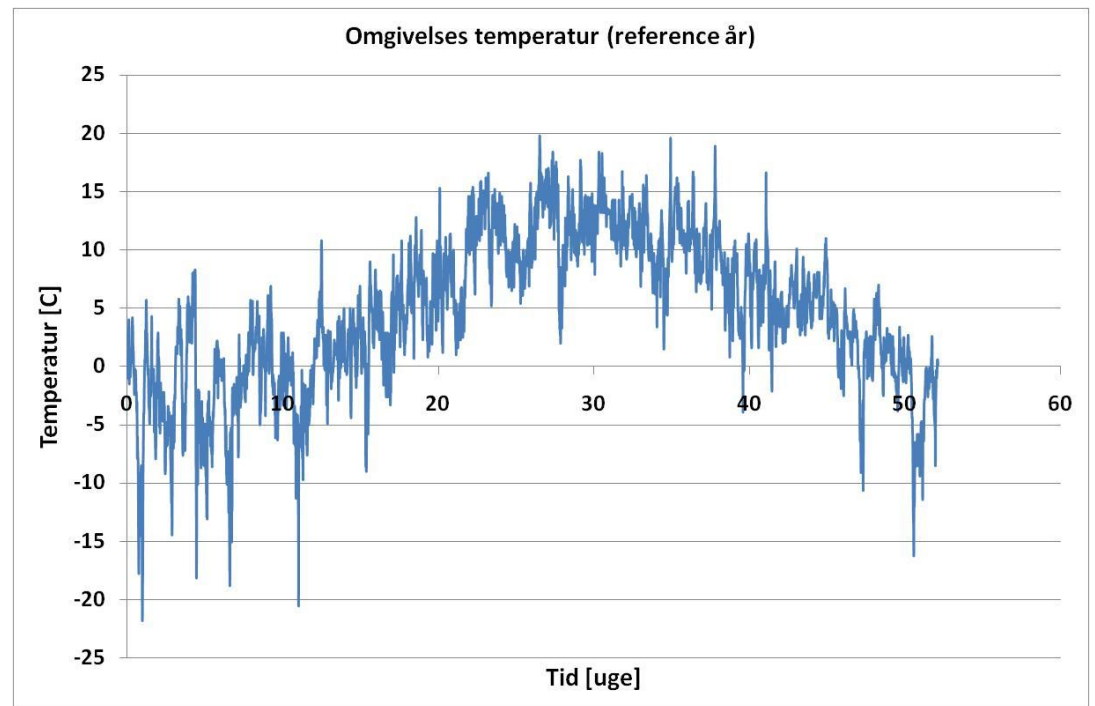


I tabellen forneden ses resultaterne. Af tabellen kan man se, at mætningsgraden har en betydning for varmeoptaget. Det er især ved lave mætningsgrader, at varmeoptaget falder igennem.

Mætningsgrad	Udvundet effekt [W/m]
0	1,5
0,25	9,1
0,5	10,8
0,75	11,9
1	13,0

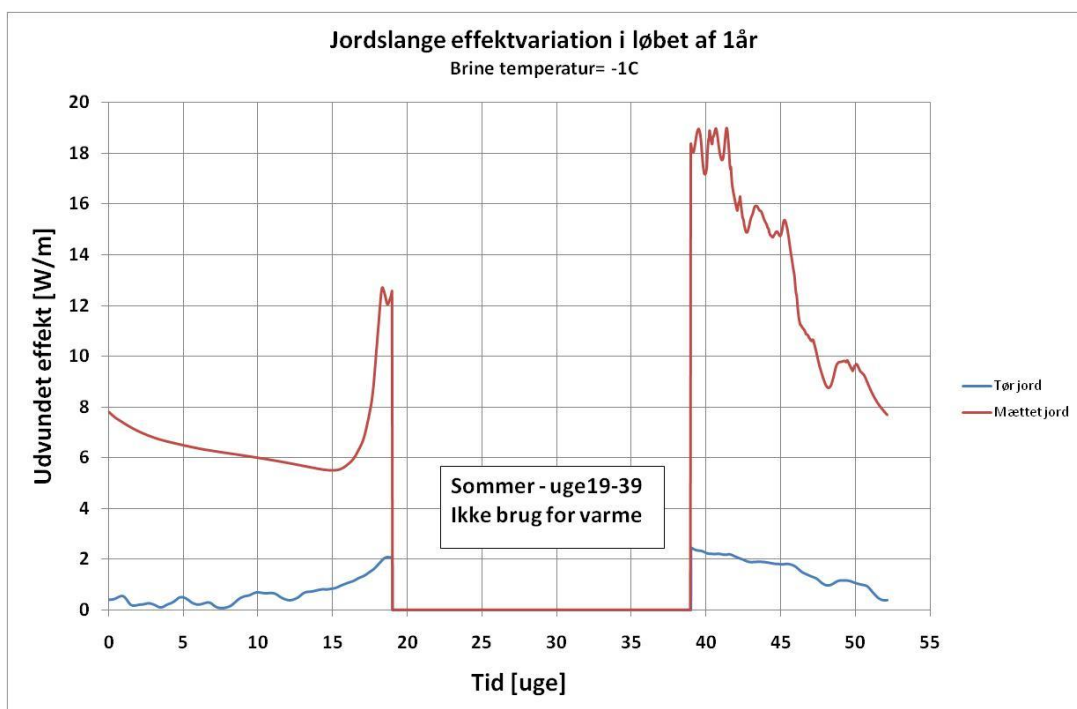
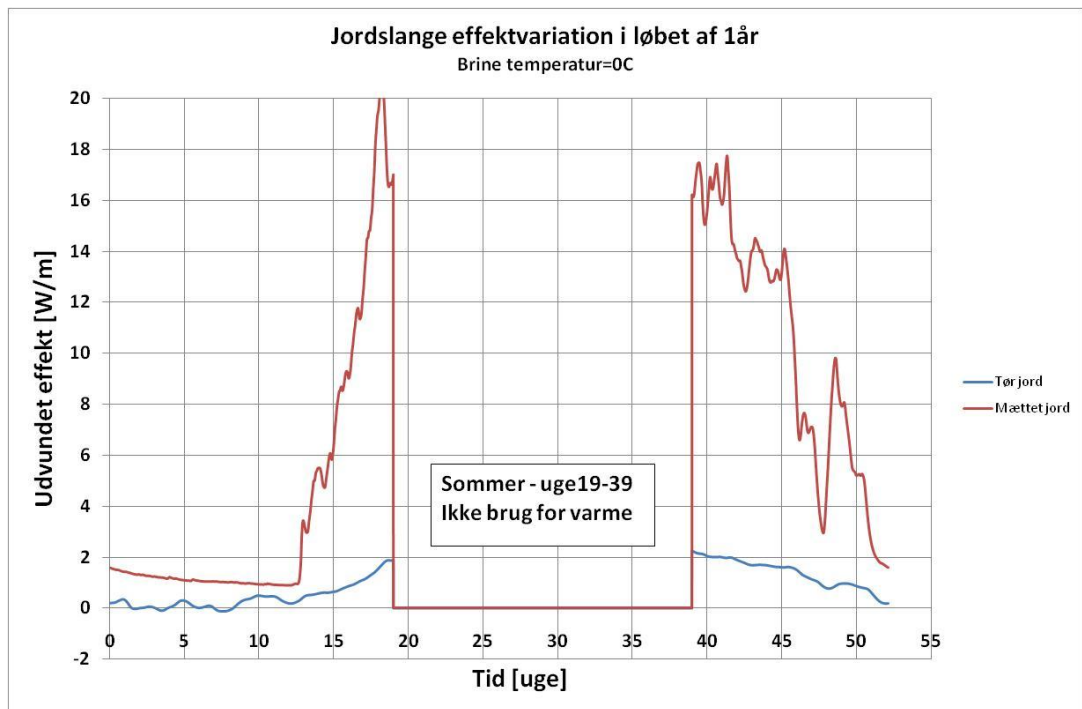
5.5 Simpel model 2

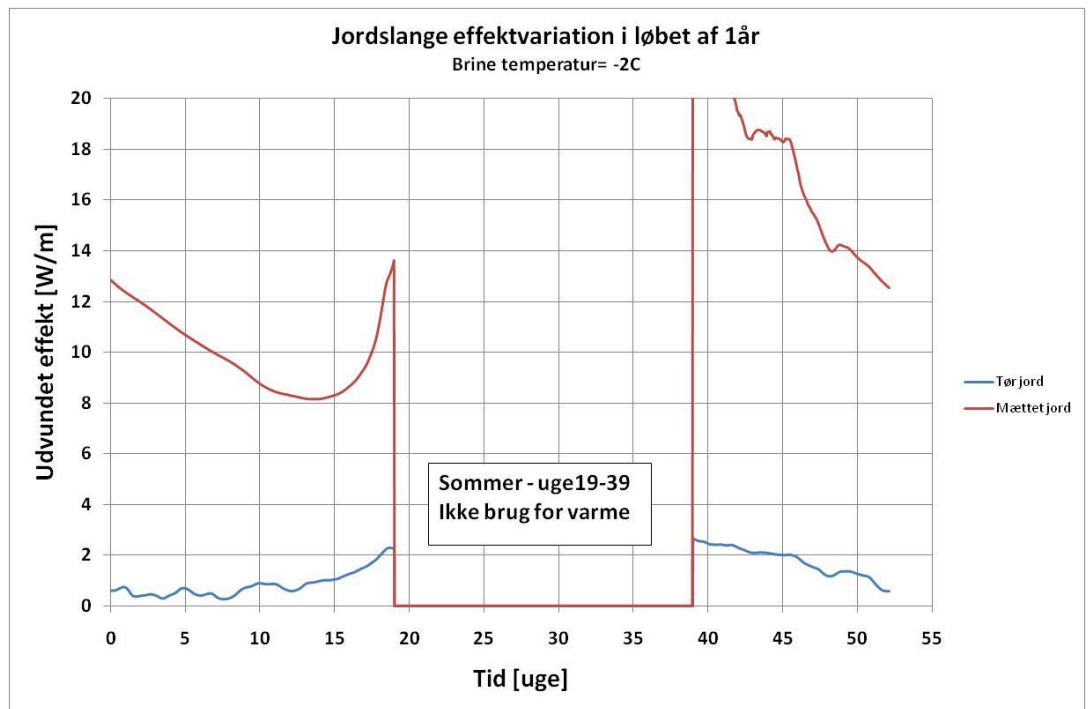
Derefter laves der en tidsafhængig beregning, hvor man simulerer et år. I beregningen varierer omgivelseres temperaturen (temperatur variation er baseret på et reference år og kan ses i figuren forneden). Brinetemperaturen i jordslangen holdes konstant på 0°C, -1°C og -2°C, og man kigger på hvor meget effekt, man kan udvinde af jordslangen pr. meter jordslange ved forskellige mætningsgrader af jorden i løbet af et år.



SAND

I figuren forinden ses resultatet af simuleringen. I simuleringen blev der anvendt materialeegenskaber for sand ved en mætninggrad=0 (tør jord) og 1 (mættet jord).

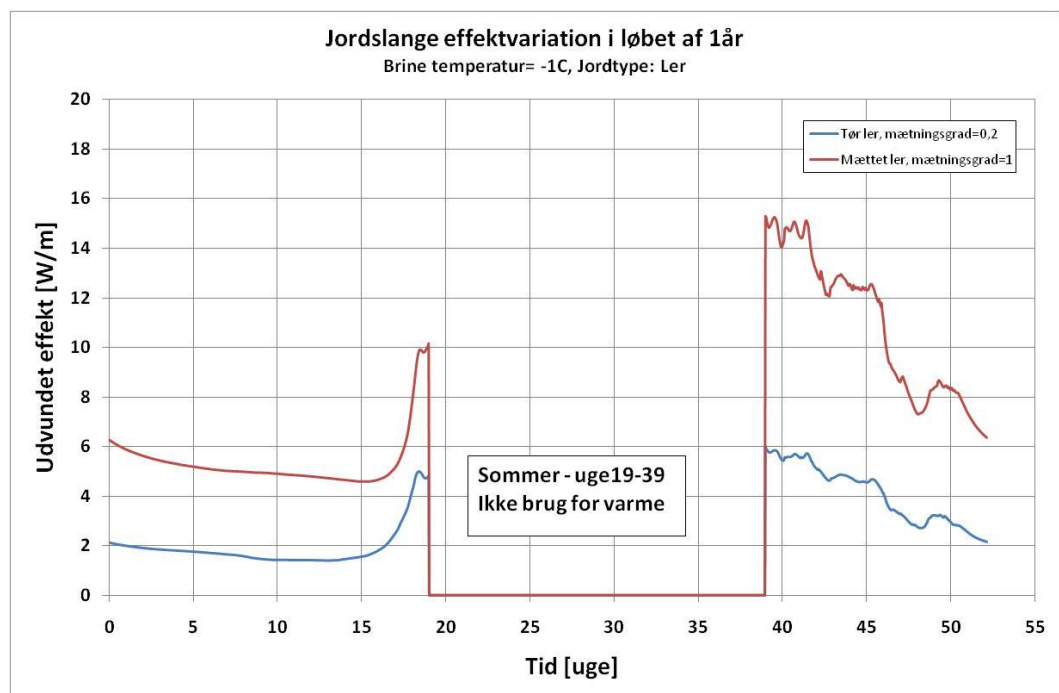
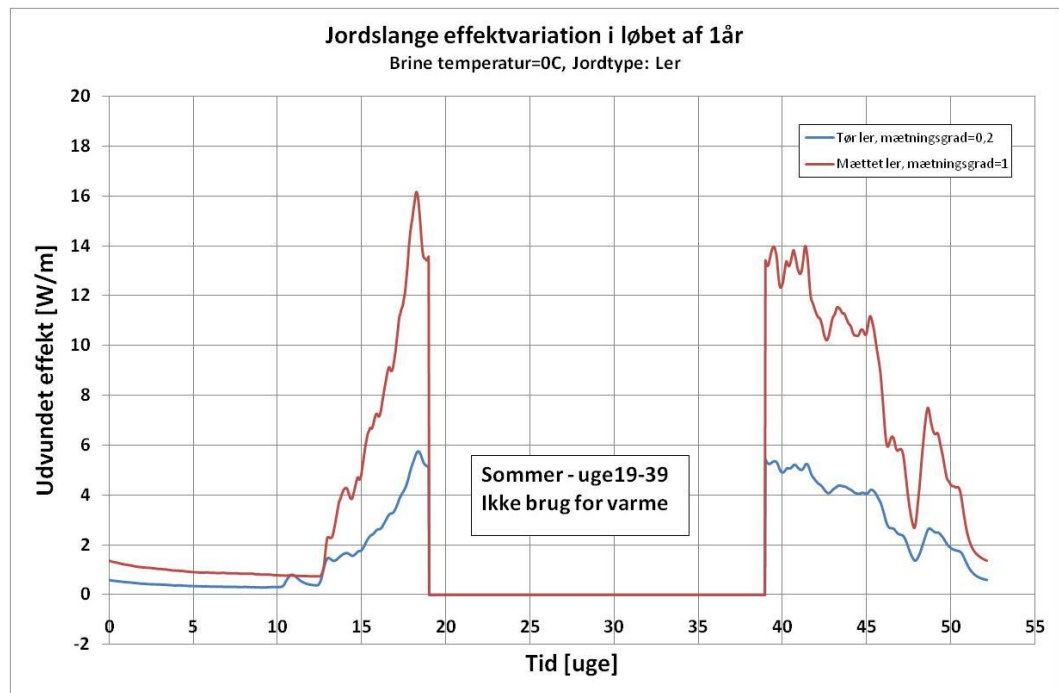


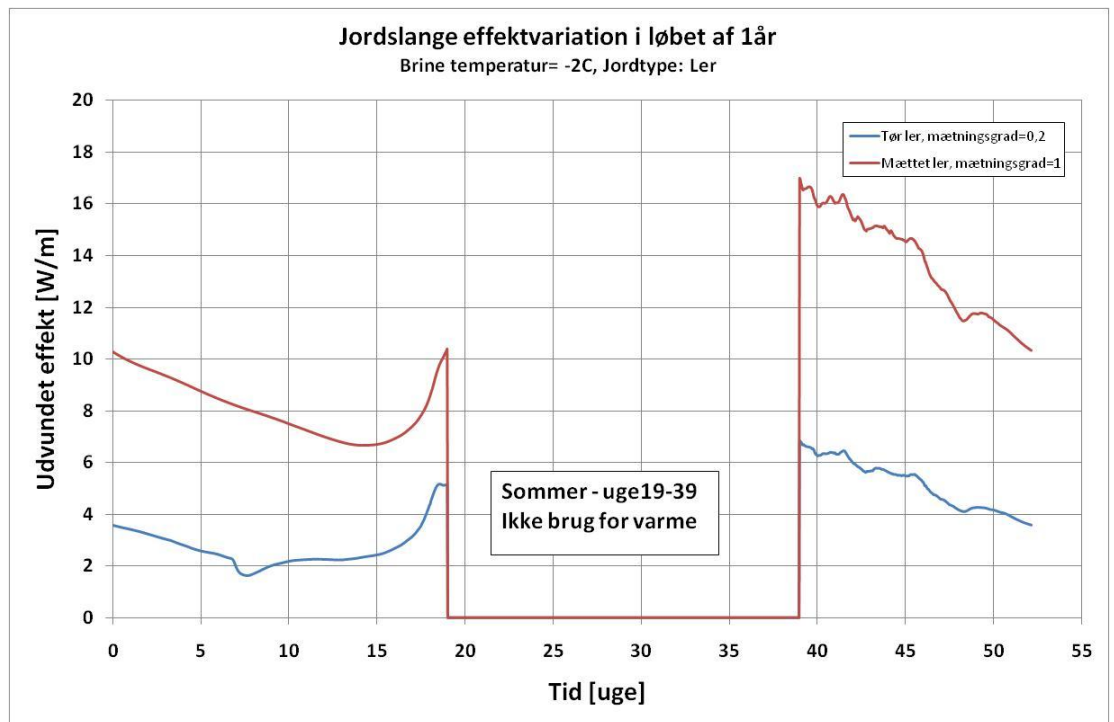


I ovenstående figur kan man se, at man stort set ikke kan trække noget effekt ud af jordslangen, når jorden omkring slangen er tør, også selvom man har reduceret brine temperaturen fra 0C til -2C. Ved vandmættet jord kan man derimod se, at når brine temperaturen falder, så stiger den effekt, man kan trække fra jordslangen. Dette skyldes, at man udvinder den energi, der er forbundet med frysning af vandet i jorden omkring jordslangen.

LER

Desuden er der blevet udført beregninger for lerjord., Disse beregninger ses nedenfor. Generelt kan man sige, at fugtigheden i sand typisk varierer mere end for ler. Det er altså mere svært for lerjord at blive helt tørt. I det følgende anvendes materialeegenskaber for ler ved en mætninggrad=0,2 (tør ler) og 1 (mættet ler), da man ikke råder over termiske materiale egenskaber for helt tørt lerjord.





Generelt kan man se at samme tendenser indtræffer for lerjord som for sand, hvor man udvinder mere energi ved mættet tilstand.

5.6 Delkonklusion

De ovenstående beregninger viser en tydelig sammenhæng mellem jordens mætningsgrad og de termiske egenskaber i jorden, som er afgørende for, hvor meget energi man kan hive ud af jorden. Det er derfor meget afgørende, at se på hvilken mætningsgrad der er normal i Danmark samt hvorledes den evt. varierer hen over året.

Ifølge folk med kendskab til fugtindhold i jord er det svært, at sige noget om fugtindholdet i jorden samt hvor meget den varierer hen over året og i forskellige jordtyper. Jo højere mætningsgraden er under "normale" forhold, jo mindre bliver gevinsten ved at opfugte jorden ved at anlægge en faskine rundt om jordvarmeslangerne.

Et godt bud på en "normal" mætningsgrad i jorden vil være > 75 %, hvorfor gevinsten som fås ved at øge jordens mætningsgrad vil være relativt begrænset. Nedsivningen omkring jordvarmeslangerne vil dog give en ekstra gevinst ved, at jorden tilføres varme fra regnvandet, der nedsives gennem fyringssæsonen.

Et forsigtigt gæt vil være, at den øgede varmetilførelse i denne periode vil kunne nå et niveau på op i mod 20 %, hvoraf de 5 -10 % kan tilskrives den øgede mætningsgrad.

Faskinens udformning vil ligeledes være meget afgørende for, hvilken effektførøgelse man vil få. I dag bliver de fleste faskiner opbygget ved hjælp af plastkassetter, der kan indeholde en relativ stor vandmængde. I faskiner omkring jordvarmeslanger er det afgørende at regnvandet fordeles over en

så stor del af varmeslangen som muligt.

Dette vil stille krav til udformningen af nedsivningsdelen således, at regnvandet fordeles mest muligt.

En mulig udformning kan være at anbringe en eller flere fordelerbrønde, der sikrer at regnvandet fordeles ud i et antal drænslinger, der lægges over varmeslangerne. Under varmeslangerne kan der anbringes en vandtæt membran, som lægges i en U- form således at varmeslangerne kommer til at ligge i et "badekar", der vil sikre en høj mætningsgrad af jorden inde i "badekaret".

5.7 Økonomi

Da nedsivningsslangerne lægges i samme rende som varmeslangerne, vil anlægsudgifterne til nedsivningsdelen være minimale.

De ovenstående beregninger samt de engelske erfaringer med nedsivende overfladevand omkring varmeslanger viser, at man opnår en mere effektiv og hurtigere varmetransport til jordvarmeslangerne, end hvis jordvarmeslangerne var etableret i tør jord.

Det kan evt. udnyttes til at forkorte varmeslangerne og derved opnå en besparelse i anlægsudgifterne. Alternativt kan man vælge, at etablere et "fuldt" anlæg og udnytte at driftsudgifterne til varmepumpen vil blive reduceret væsentligt og derfor få en kortere tilbagebetalingstid ligesom, at man opnår en reduceret CO₂ udledning.

Derudover vil der for nogen være mulighed for, at opnå tilskud både til etablering af jordvarmeanlægget ligesom visse forsyninger tilbagebetaler en del af tilslutningsbidraget, når borgerne vælger at nedsive deres regnvand i stedet for at aflede det til den offentlige kloak.

5.8 Det videre forløb

Af de ovenstående beregninger fremgår det tydeligt, at mætningsgraden (og eventuel variation af mætningsgraden) af jorden har en ret stor betydning for hvor meget effekt, man kan trække ud af jordvarmeslangerne, og derved hvor effektivt anlægget er.

Der er samtidig usikkerhed om, i hvor høj grad det er muligt at få fordelt regnvandet ud i hele jordvarmeslangernes længde.

Det anbefales derfor at etablere et forsøgsanlæg, hvor det vil være muligt at måle på effektforøgelsen ved nedsivning af regnvand omkring jordvarmeslangerne samt teste fordelingen af regnvand og nedsivningsevnen for en drænslange, der er anbragt i et "badekar".

Projektgruppen vil derfor forsøge at skaffe finansiering til opførelse af et forsøgsanlæg, hvor ovenstående vil kunne testes.