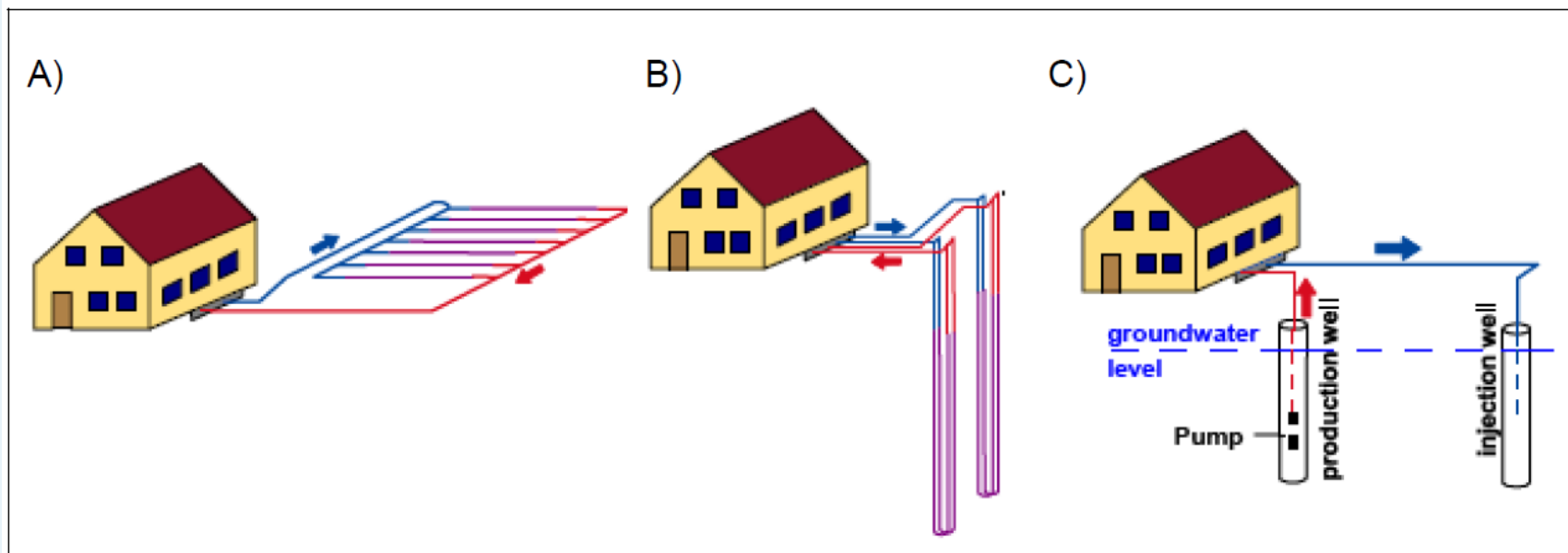
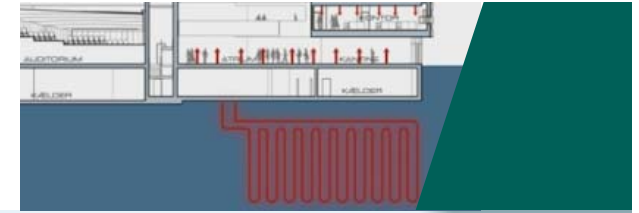


# Miljøpåvirkninger og administration af varme- og køleanlæg med jord og grundvand som energikilde

Bente Villumsen

## Tre anlægstyper



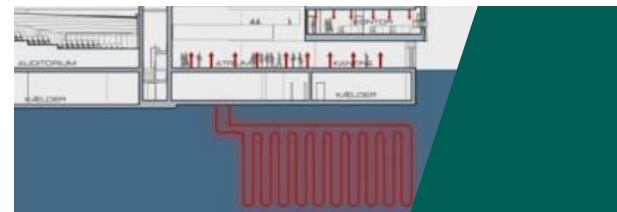
A. Lukket system med horisontale slanger, 0,6-1 m under terræn

B. Lukket system med vertikale slanger i jordvarmeboringer

C. Åbent system med boringer til produktion og injektion

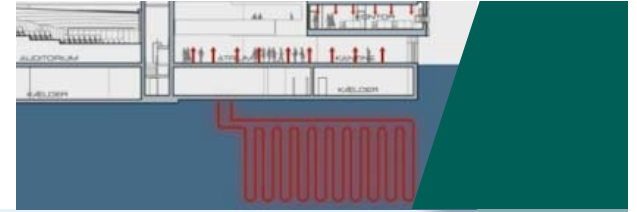
Fra Burkhard Sanner, 2011, jf. Thomas' skriftlige indlæg

## Miljøpåvirkninger



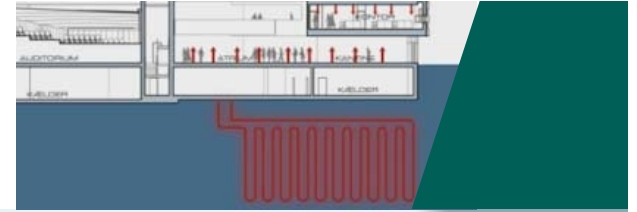
Element	Påvirkning	Regelsæt
Varmeslanger	Termisk påvirkning Udslip af stoffer	MBL BEK nr 1019 af 25/10/2009
Boringer	Skorstenseffekt	MBL BEK nr 1000 af 26/07/2007
Oppumpning	Afsækning Ændret kemi Strømningsmønstre	VFL BEK nr 1451 af 11/12/2007
Nedpumpning	Termisk påvirkning Afsmitning fra anlæg Ændret kemi Hævet grundvand Strømningsmønstre	MBL BEK nr 1206 af 24/11/2006

## Termisk påvirkning



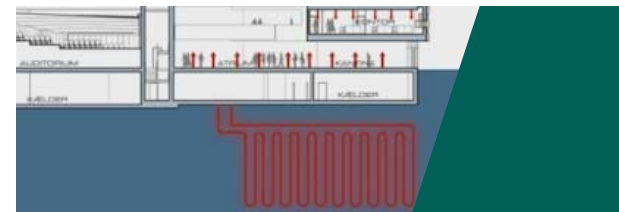
- Nedkøling
  - Moderat nedkøling er godt for vandforsyninger
  - For lav temperatur kan give driftsproblemer i vandværksfiltre
  - "For lav" er skønnet til 2 °C
- Opvarmning
  - Uønsket i vandforsyningsanlæg og -distributionssystemer
  - Risiko for mikrobiologisk vækst ved temperaturer > 25 °C
  - Risiko for ændret grundvandskemi
- Alle termiske påvirkninger
  - Kan have negativ indvirkning på vandløb og søer
  - Kan give problemer for nedstrøms anlæg

## Termisk påvirkning



- Lukkede anlæg: Negligibel
  - har dog ikke set beregninger på meget store anlæg
- Grundvandsanlæg: Der skal regnes! Afhænger af:
  - Grundvandsmagasinet's hydrauliske egenskaber ( $k$ )
  - Magasinet's homogenitet/dispersivitet
  - Magasinet's termiske egenskaber
  - Strømningsforhold/gradient
  - varmeudveksling fra terræn
- Husk
  - varmeudveksling mellem vand og formation forsinket varme-/kuldeudbredelsen

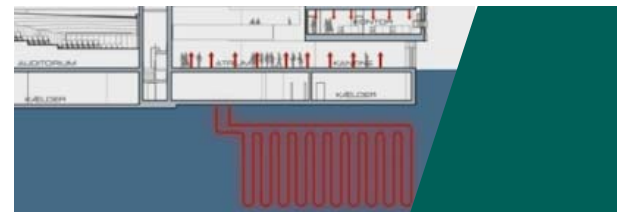
## BEK nr 1206 af 24/11/2006 Grundvandsvarme-/kølebekendtg.



§ 7. Tilladelse til afledning fra varmeindvindingsanlæg og grundvandskøleanlæg må kun gives, hvis det ud fra en forud foretaget modellering vurderes, at

- 1) den enkelte afledning i forbindelse med tidligere tilladte afledninger fra grundvandskøleanlæg til samme grundvandsmagasin ikke medfører en sådan opvarmning af grundvandsmagasinet, at grundvandstemperaturen i de bestående anlæg til vandindvinding til brug for vandforsynings- eller grundvandskøleanlæg stiger med mere end 0,5 grader C, og
- 2) grundvandsressourcen i områder med særlige drikkevandsinteresser, skal efter en periode på 10 år efter driftsstop, være anvendelig til vandindvinding til brug for vandforsyning.

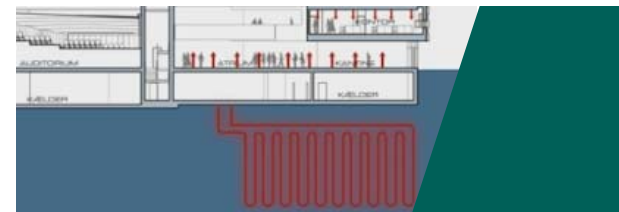
## BEK nr 1206 af 24/11/2006 Grundvandsvarme-/kølebekendtg.



§ 6. Ved ansøgning om tilladelse skal ansøger over for kommunalbestyrelsen dokumentere, at følgende forudsætninger er opfyldt:

- 1) Der indvindes fra og injiceres til det samme grundvandsmagasin.
- 2) Der er udført undersøgelser, der tilvejebringer oplysninger om
  - a) grundvandsmagasinet geologi og udstrækning (horisontalt såvel som vertikalt),
  - b) grundvandsmagasinet hydrauliske egenskaber, herunder hydraulisk kontakt med andre magasiner,
  - c) grundvandsmagasinet hydrogeologiske forhold,
  - d) grundvandsmagasinet kemi og mikrobiologi, og
  - e) grundvandsmagasinet hydrotermiske egenskaber.

## BEK nr 1206 af 24/11/2006 Grundvandsvarme-/kølebekendtg.

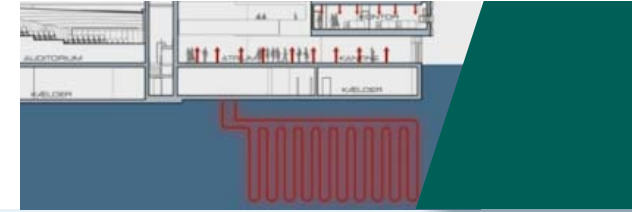


- **§ 13.** Ved afledning fra varmeindvindingsanlæg til nedsivningsanlæg eller via boring til grundvandsmagasinet må afløbstemperaturen ikke være under 2 grader C gennemsnitligt over en måned.
- **§ 14.** Ved afledning fra grundvandskøleanlæg via boring til grundvandsmagasinet må afløbstemperaturen ikke overstige 25 grader C, og gennemsnitligt over en måned må afløbstemperaturen maksimalt ligge på 20 grader C.



# BEK nr 1019 af 25/10/2009

## Jordvarmebekendtgørelsen



- § 7, stk. 8. Afstanden mellem boringer til vertikale anlæg skal være mindst 20 meter.

Hvorfor det?

- Svenske erfaringer siger, at boringer uden grundvandsstrømning i løbet af 10 år skaber permafrost i en afstand på 10 meter

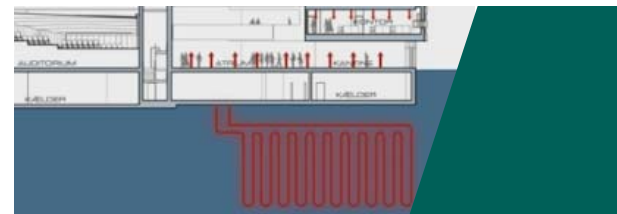
Er det et problem?

- Ved borehulslagre er der behov for at boringerne står tæt

Men

- § 6, stk. 3. Denne bekendtgørelse er ikke til hinder for, at kommunalbestyrelsen efter lovens § 19 tillader andre jordvarmeanlæg end forudsat efter bekendtgørelsen, når lovens beskyttelseshensyn er tilgodeset.

## Endnu en bestemmelse i jordvarmebekendtgørelsen

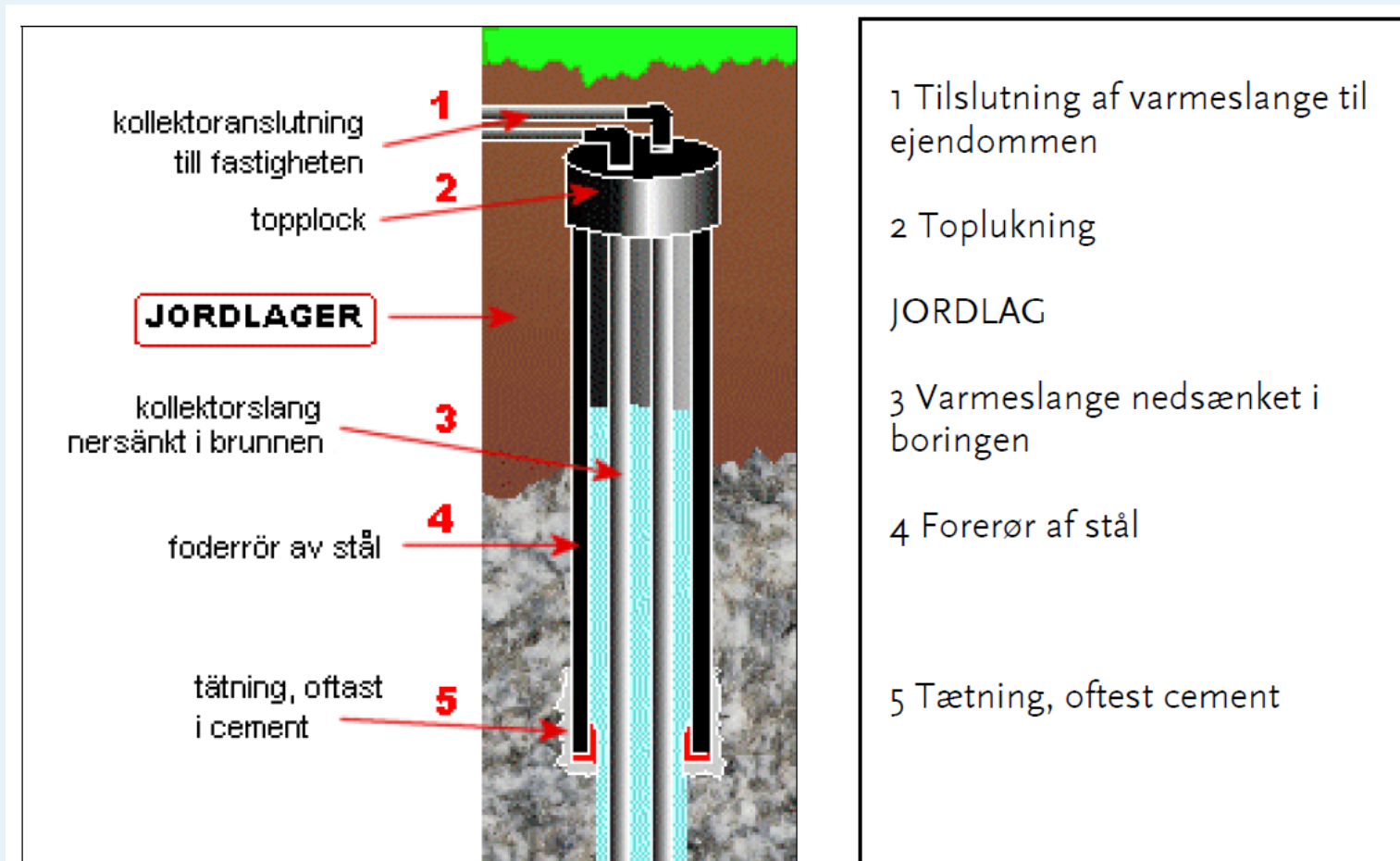
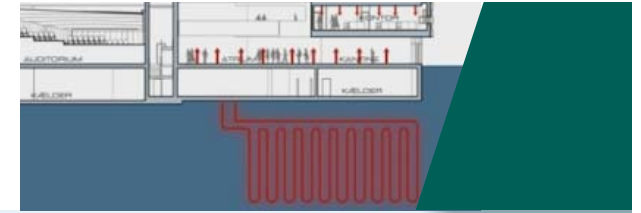


- § 11, stk. 4. Vertikale anlæg skal dimensioneres sådan, at indløbstemperaturen til varmepumpen er mindst 2 °C, hvis der ikke foretages en fuldstændig opfyldning og tætning mellem varmeslanger og borehulsvæg.

Hvorfor det?

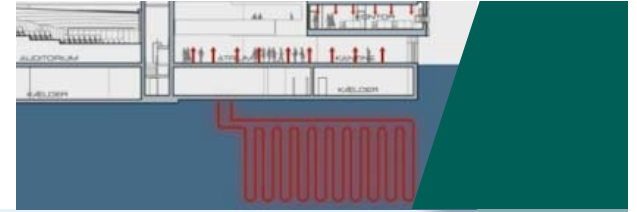
- Svenske erfaringer siger, at der kan opstå frostskeer i toppen af en boring, der står åben
- Men er disse anlæg overhovedet lovlige efter boringsbekendtgørelsen?

## Svensk bjergvarmeboring



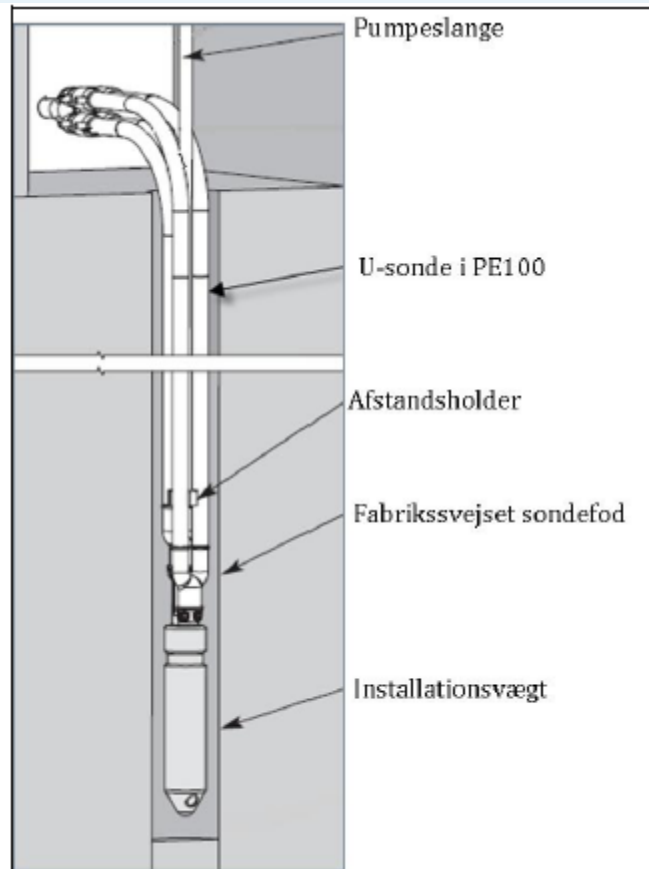
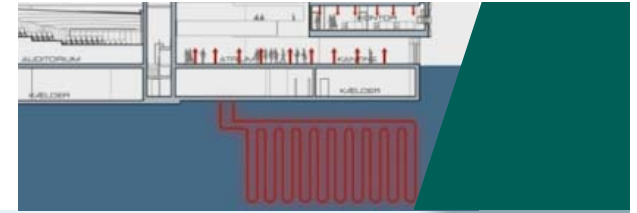
Figur fra Miljøprojekt 1238

## Boringer – "skorstenseffekt"



- Risiko for nedsivning langs vertikale installationer
- Jordvarmeboringer skal tættes med bentonit
  - i praksis normalt med pumpebentonit på hele strækningen
  - der *kan* laves andre udførelser, men vær skeptisk!
- Energifolk kan ikke lide bentonit - det isolerer.
  - Men varmeledende tætningsmaterialer udvikles løbende.
- Boringer til grundvandsanlæg udbygges som vandforsyningsboringer
  - husk dog at tage højde for nedpumpningstryk

# Tætning af jordvarmeboringer

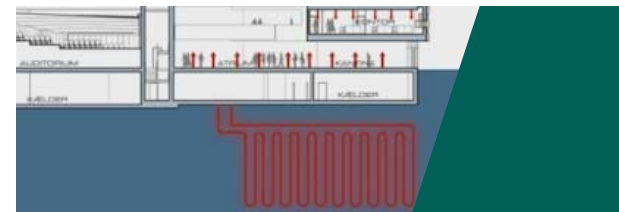


FIGUR 8 PRINCIPSNIT GENNEM JORDVARMEBORING. FRA ROTEK A/S.



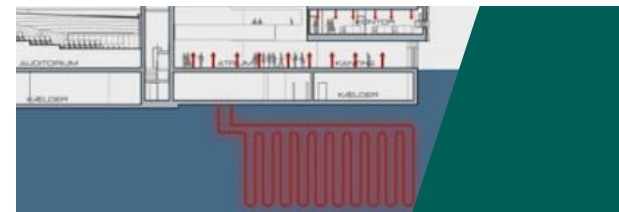
FIGUR 11 AFRULNING AF VARMESLANGER, INSTALLATION AF ANLÆGGET I EN BORING. FRA ROTEK A/S.

## BEK nr 1000 af 26/07/2007 Boringsbekendtgørelsen



- Alle boringer kræver tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven eller vandforsyningsloven (dog med nogle undtagelser som ikke er relevante her)
- Jordvarmeboringer fremgår ikke af boringsbekendtgørelsen, men iflg. jordvarmebekendtgørelsen:  
§ 10. Boringer til vertikale anlæg skal udføres som A-boring, jf. bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land, dog finder bestemmelserne i §§ 11-15 i bekendtgørelsen ikke anvendelse.
- Tilladelser kan indeholde vilkår (eksempler i bek.)

## Boringsbekendtgørelsen siger at alle boringer skal tætnes



§ 9. Borearbejdet skal tilrettelægges og udføres således, at boringen ikke medfører risiko for, at grundvandet forurenes.

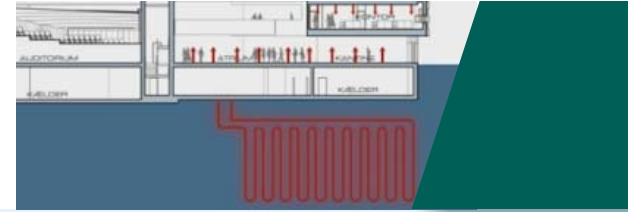
*Stk. 2.* Mellemlummet mellem forerør og omkringliggende jordlag skal tættes ved opfyldning med materialer af en sådan beskaffenhed, at grundvand ikke forurenes ved nedsivning langs forerøret, og således at uønsket vandudveksling mellem forskellige magasiner ikke finder sted.

*Stk. 3.* Forerørssamlinger skal være vandtætte.

*Stk. 4.* Umiddelbart efter borearbejdets afslutning skal boringens forerør lukkes med tætsluttende, fastspændt og aflåselig prop eller dæksel.

- Det gælder også uden for OSD og uden for indvindingsoplände!

## Udslip af stoffer



### Varmeslanger

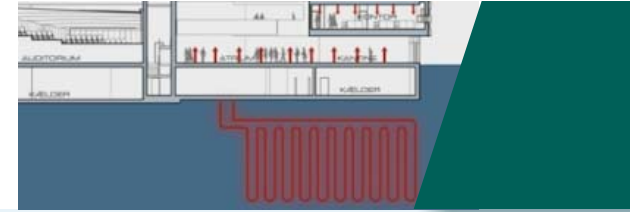
- Godkendte jordvarmeslanger er tætte nok
- Plast nedbrydes af lys, varme og mekanisk påvirkning  
- ingen af delene findes i et almindeligt jordvarmeanlæg
- Møre varmeslanger giver sig lidt – herved falder trykket
- Alle kendte uheld med jordvarmeslanger skyldes perforering af slanger ved grave- eller borearbejde

### Boringer

- Ingen kendte uheld med boringer der er udført efter forskrifterne
- men andre boringer...



## "Kemikalier"

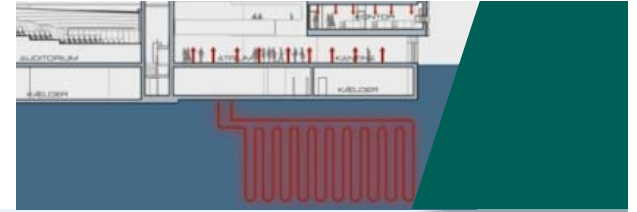


- Frostsikring, 25-30 %
  - Ethylenglycol
  - Propylenglycol
  - IPA-sprit
  - Ren sprit

	IPA-sprit	Ethanol	Isopropanol	Ethylenglycol	Propylenglycol
Grundvandskvalitetskriterium [ $\mu\text{g/l}$ ]	-	-	10	-	-
Tolerabelt indhold [ $\text{mg/l}$ ]	20	-	-	1,5	75
Højst acceptable indhold [ $\text{mg/l}$ ]	3	-	-	1,5	2
- Ikke fastsat					

- Høj vandopløselighed
- Transporteres let
- Nedbrydes let i jord og grundvand under aerobe og anaerobe forhold
- Lav giftighed – men uønskede i vandforsyningssystemer
- "ingen" grænseværdi fastsat
- 10  $\mu\text{g/l}$  i grundvandet?

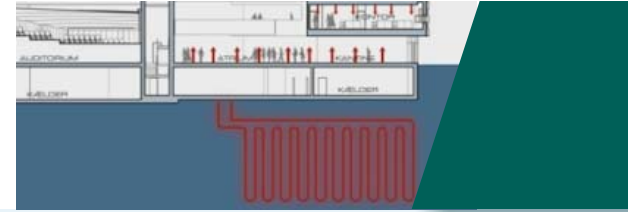
# BEK nr 1019 af 25/10/2009 Jordvarmebekendtgørelsen



Krav om

- Holdbare materialer og samlinger
- Tæthedsprøvning
- Trykovervågning med alarm
- Årligt eftersyn
- Let nedbrydelige stoffer
- Registrering af anlæggenes placering
- Anmeldelse af uheld til kommunalbestyrelsen

## Afstandskrav



To typer af anlæg:

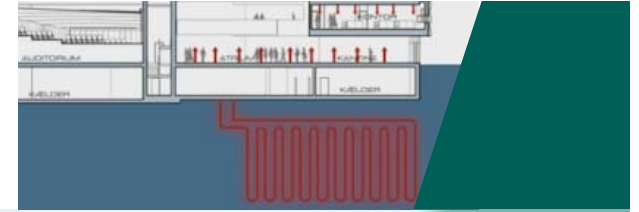
- Anlæg som med sikkerhed medfører forurening og dermed påvirkning af grundvandet.
  - Tilladelser for genanvendelse af restprodukter
  - Etablering af nedsivningsanlæg

Formålet er fortynding!

- Anlæg som forventes at være tætte, og dermed ikke påvirker grundvandet.
  - Olietanke og tankanlæg på benzinstationer
  - Jordvarmeanlæg

Formålet er at give reaktionstid - og en vis fortynding

## BEK nr 1019 af 25/10/2009 Jordvarmebekendtgørelsen



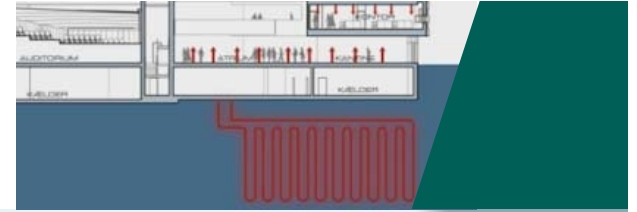
Anlægstype	Vandværk	Ikke almen	Anden indvinding
Jordvarmeanlæg (varmeslanger)	50 m	50 m	5 m
Jordvarmeboring	300 m	300 m	50 m

- Mulighed for lempelse af afstandskrav til ansøgers egen indvinding, som kun forsyner ansøger – svarende til "anden indvinding"

Andre typer anlæg:

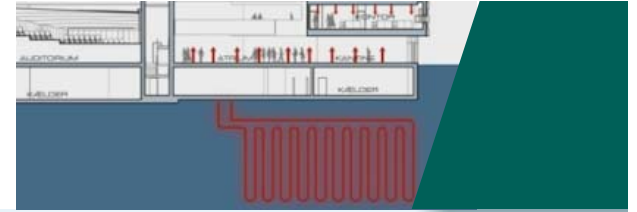
- Anlæg med direkte fordampning (5-10 meter)
- Anlæg med rent vand: Kræver (nok) ikke tilladelse

## Oppumpning og nedpumpning – påvirkning af vandspejl/potentiale



- Oppumpning – sænkning af vandspejl/potentiale
  - Naboindvindinger
  - Våd natur
  - Vandløb – vandføring
  - Sætningsfølsomme bygninger
  - Grundvandskemi – f.eks. nikkel, klorid
- Nedpumpning – hævnning af vandspejl/potentiale
  - Risiko for grundbrud
- Op- og nedpumpning
  - Ændring af strømningsmønstre – spredning af eksisterende forurening

## BEK nr 1206 af 24/11/2006 Grundvandsvarme-/kølebekendtg.



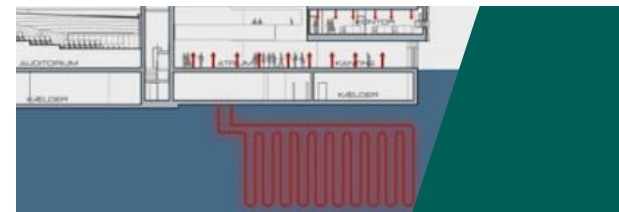
§ 6. Ved ansøgning om tilladelse skal ansøger over for kommunalbestyrelsen dokumentere, at følgende forudsætninger er opfyldt:

1) Der indvindes fra og injiceres til det samme grundvandsmagasin.

§ 8. Det skal sikres ved anlæggets tekniske udformning, at der ikke ved afledning er risiko for grundbrud.

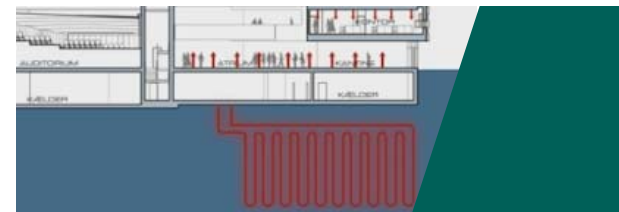
- Hydrogeologisk kompetence er nødvendig ved sagsbehandlingen

## Afsmitning fra anlæg og ændret kemi ved nedpumpning



- Vigtigt at der anvendes materialer der ikke giver afsmitning
- Risiko for ændring af grundvandskemi – især iltning
- Nedpumpning skal ske til samme magasin som der indvindes fra

## BEK nr 1206 af 24/11/2006 Grundvandsvarme-/kølebekendtg.



**§ 9.** Anlægget skal være et lukket system uden vandbehandling og uden mulighed for indtrængning af atmosfærisk luft.

**§ 10.** Der må ikke ske blanding af grundvand og væske i forbrugskredsløbet (varme- eller kølekredsløbet).

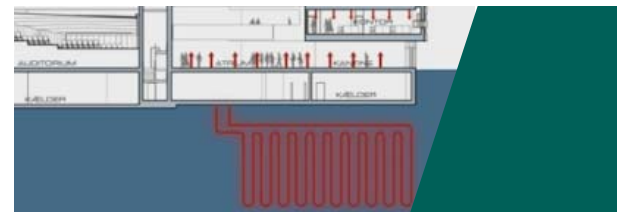
*Stk. 2.* Ethvert varmeindvindings- og grundvandskøleanlæg skal være forsynet med et trykovervågningssystem.

*Stk. 3.* Ethvert varmeindvindings- og grundvandskøleanlæg skal være forsynet med sikkerhedsanordninger, som stopper grundvandsindvindingen og grundvandsafledningen i tilfælde af lækage i varme- eller køleveksleren.

**§ 11.** Ethvert varmeindvindings- og grundvandskøleanlæg skal være forsynet med en hane til udtagning af prøver af det vand, der indvindes og afledes.



## Miljøpåvirkninger



Element	Påvirkning	Regelsæt
Varmeslanger	Termisk påvirkning Udslip af stoffer	MBL BEK nr 1019 af 25/10/2009
Boringer	Skorstenseffekt	MBL BEK nr 1000 af 26/07/2007
Oppumpning	Afsenkning Ændret kemi Strømningsmønstre	VFL BEK nr 1451 af 11/12/2007
Nedpumpning	Termisk påvirkning Afsmitning fra anlæg Ændret kemi Hævet grundvand Strømningsmønstre	MBL BEK nr 1206 af 24/11/2006