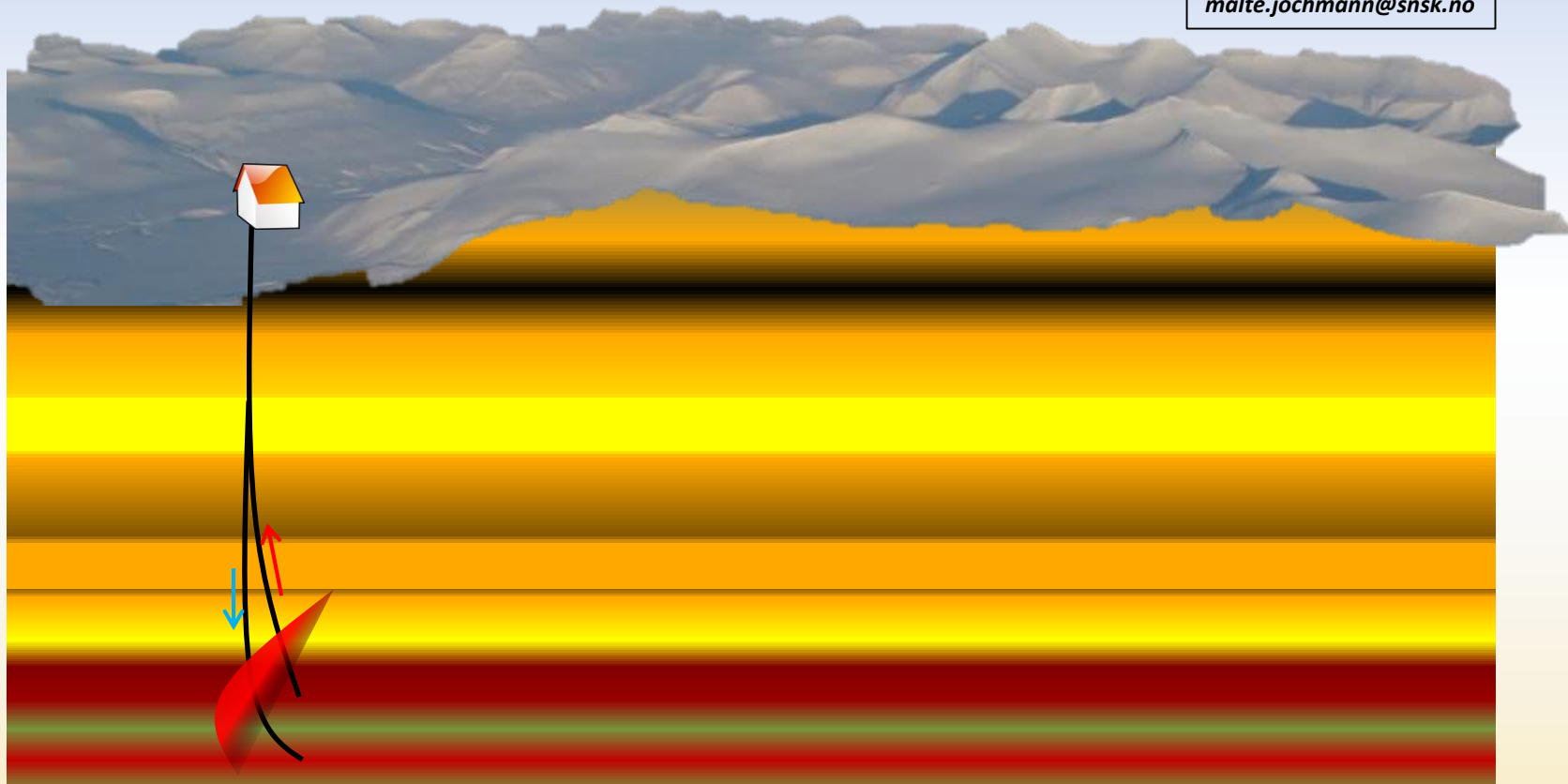


Kan jordvarme være en del av det fremtidige energibildet i Longyearbyen?

Malte Jochmann, SNSG
Kirsti Midttømme, CMR

malte.jochmann@snsk.no



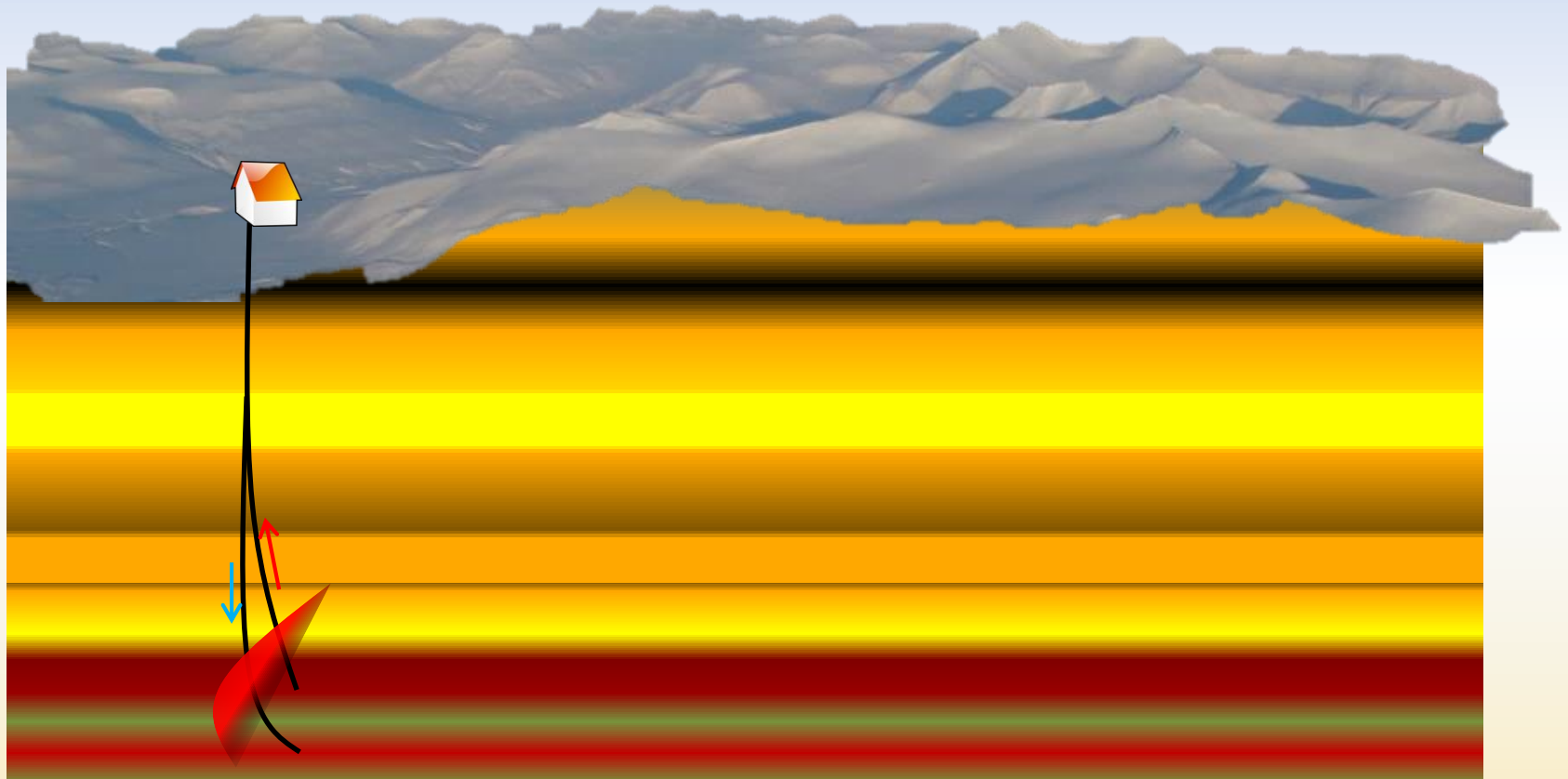
Store Norske Spitsbergen Grubekompani
AKTIESELSKAP

cmr

NORSAR

 Forskningsrådet

Basert på ENERGIX-prosjektet:
**Miljøvennlig energiløsning for Svalbard-
utnyttelse av geotermisk energi**



Basert på ENERGIX-prosjektet:

Miljøvennlig energiløsning for Svalbard- utnyttelse av geotermisk energi

- 1) Kort om geotermi
- 2) Om prosjektet
- 3) Resultater
- 4) Konklusjoner, muligheter og usikkerheter

ENERGIX-prosjektet «Miljøvennlig energiløsning for Svalbard - utnyttelse av geotermisk energi»:

Malte Jochmann, SNSG



Volker Oye, NORSAR



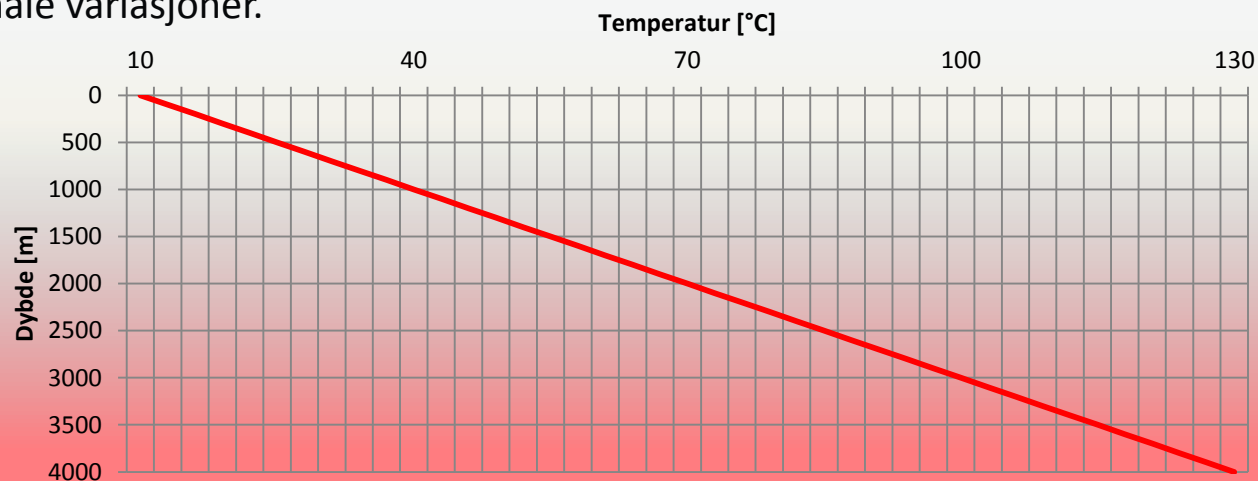
Kirsti Midttømme, CMR



- Mål:
Kombinere Store Norskes kunnskap innen geologi med data fra kull/mineralprospektering og gruvedrift, supplere med kunnskap fra partnere samt annen relevant tilgjengelig informasjon for å vurdere potensialet for geotermisk energi og vurdere løsninger for utnyttelse av geotermisk energi på Svalbard.
- varighet 1.2014 – 12.2015
- Ledes av Store Norske Spitsbergen Grubekompani med god støtte fra CMR (Christian Michelsen Research) og NORSAR
- Totalbudsjett 3,25 MNOK, tildelt støtte fra Forskningsrådet 1,3 MNOK, rest egeninnsats
- Delt inn i tre workpackages:
 - WP1: Regional sammenstilling av varmestrøm, temperatur og temperaturgradienter for Svalbard
 - WP2: Geotermisk energipotensialet i Adventdalen
 - WP3: Geotermisk energisystem for arktisk samfunn på Svalbard – case studie

Definisjoner

- «**Geotermisk energi** er energien som er lagret i form av varme under jordens overflate»
= «**Jordvarme**»
- «Grunn geotermisk energi»: fra 0 - ca. 400 m dybde
- «Dyp geotermisk energi»: fra ca. 400 m dybde
- «**Geotermisk gradient**»: målet for temperaturendringen mot dypet. Radioaktivitet innerst i jorden generer varme som strømmer mot jordens overflate. Global gjennomsnittsgradient er 30 °C/km med store regionale variasjoner.
- Det finnes mange måter å utnytte geotermisk energi, avhengig av behov og geologiske forhold:
Varme, strøm eller en kombinasjon



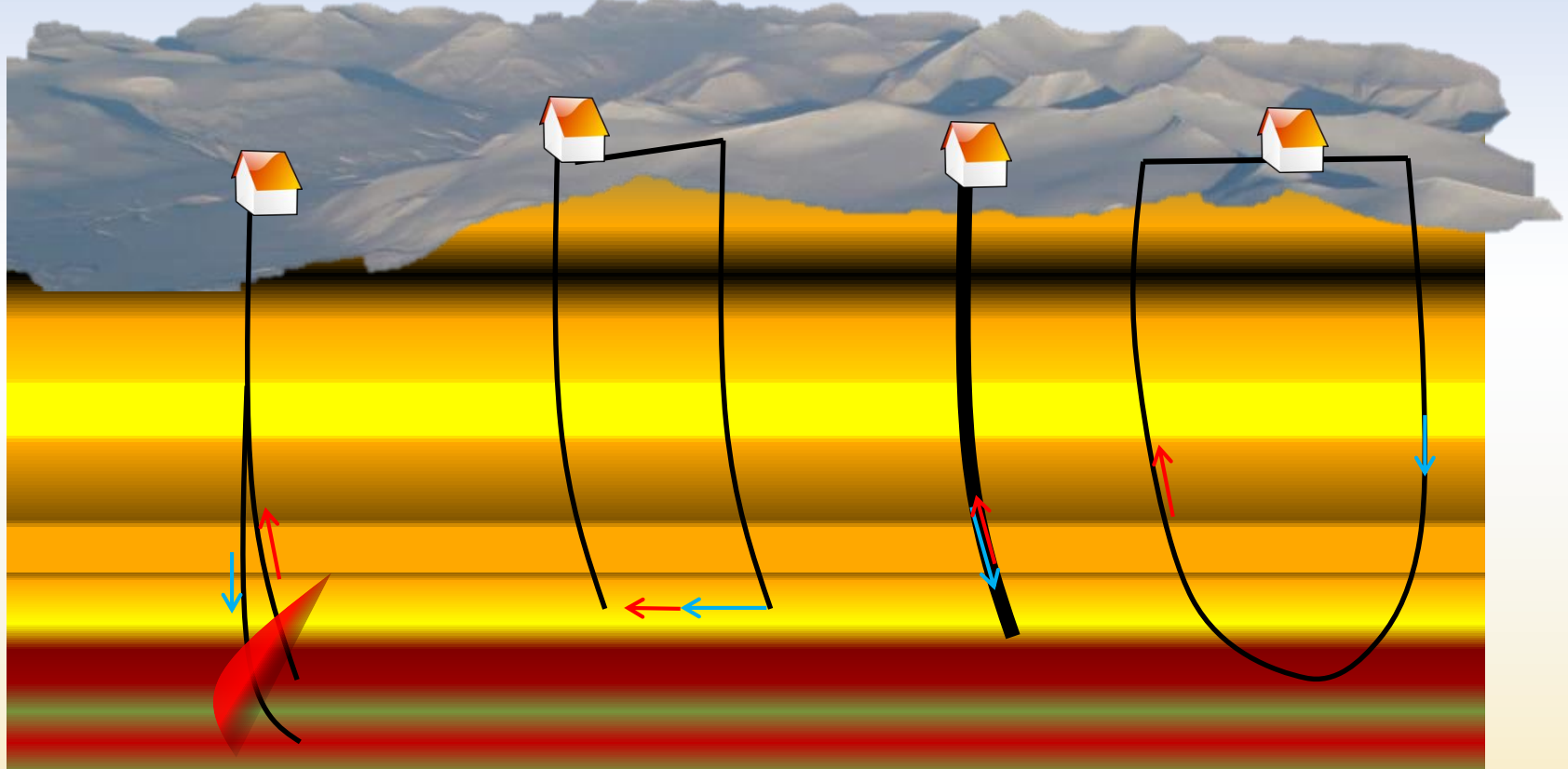
Utnyttelse av dyp geotermisk energi

EGS
Enhanced Geothermal System, behøver fracking mellom brønnene

Hydrotermale systemer
(Bruk av vannførende lag som forkastninger, sandstein, karstsystemer)

Dyp jordvarmesonde
(fungerer uavhengig av bergarten)

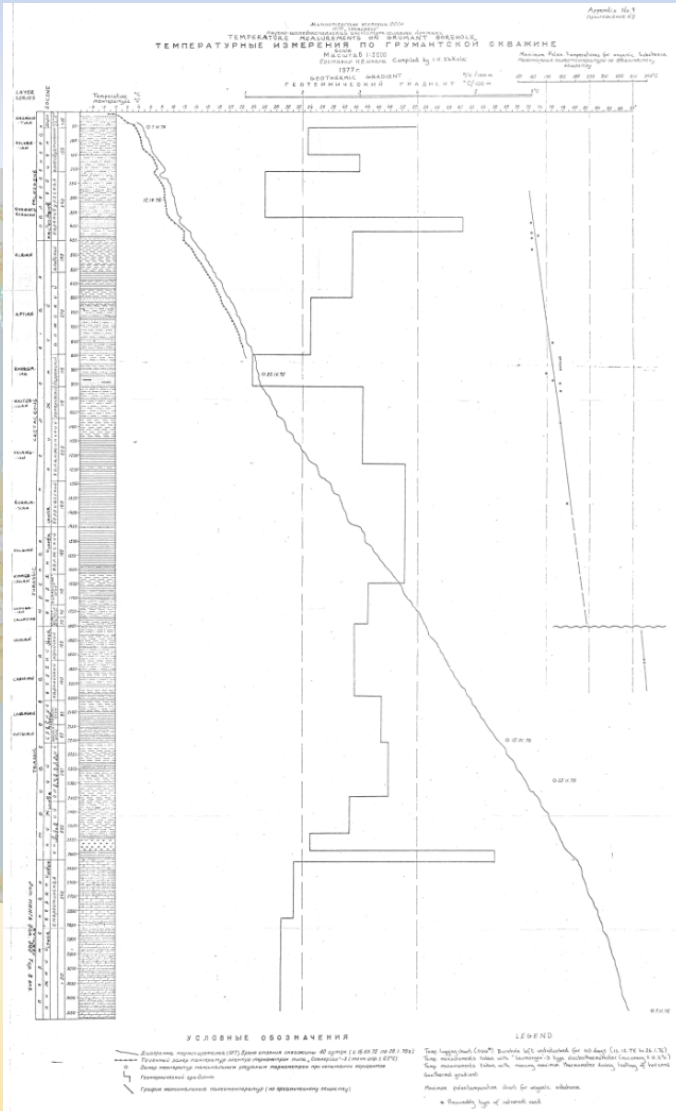
Closed loop system



Boredype ved ± vanlige geotermiske gradienter: 2 – 4 km

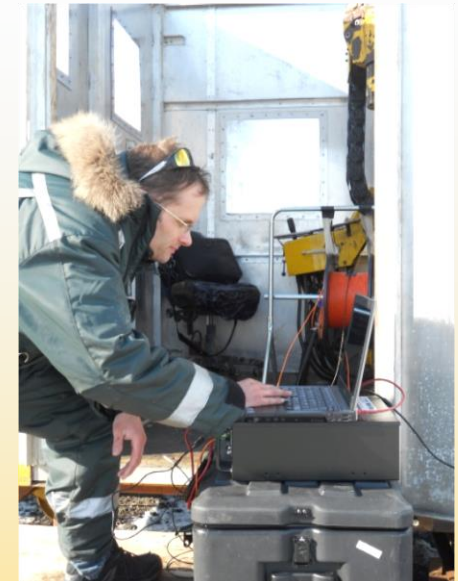
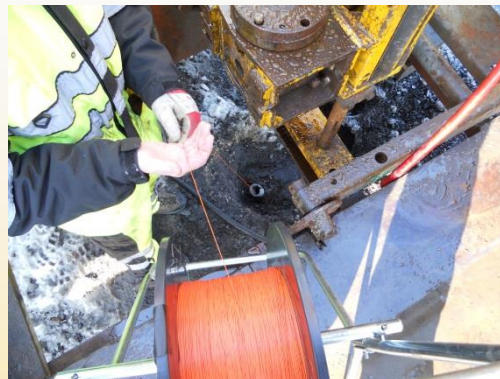
Hva har vi gjort?

Sammenstilling av temperaturdata



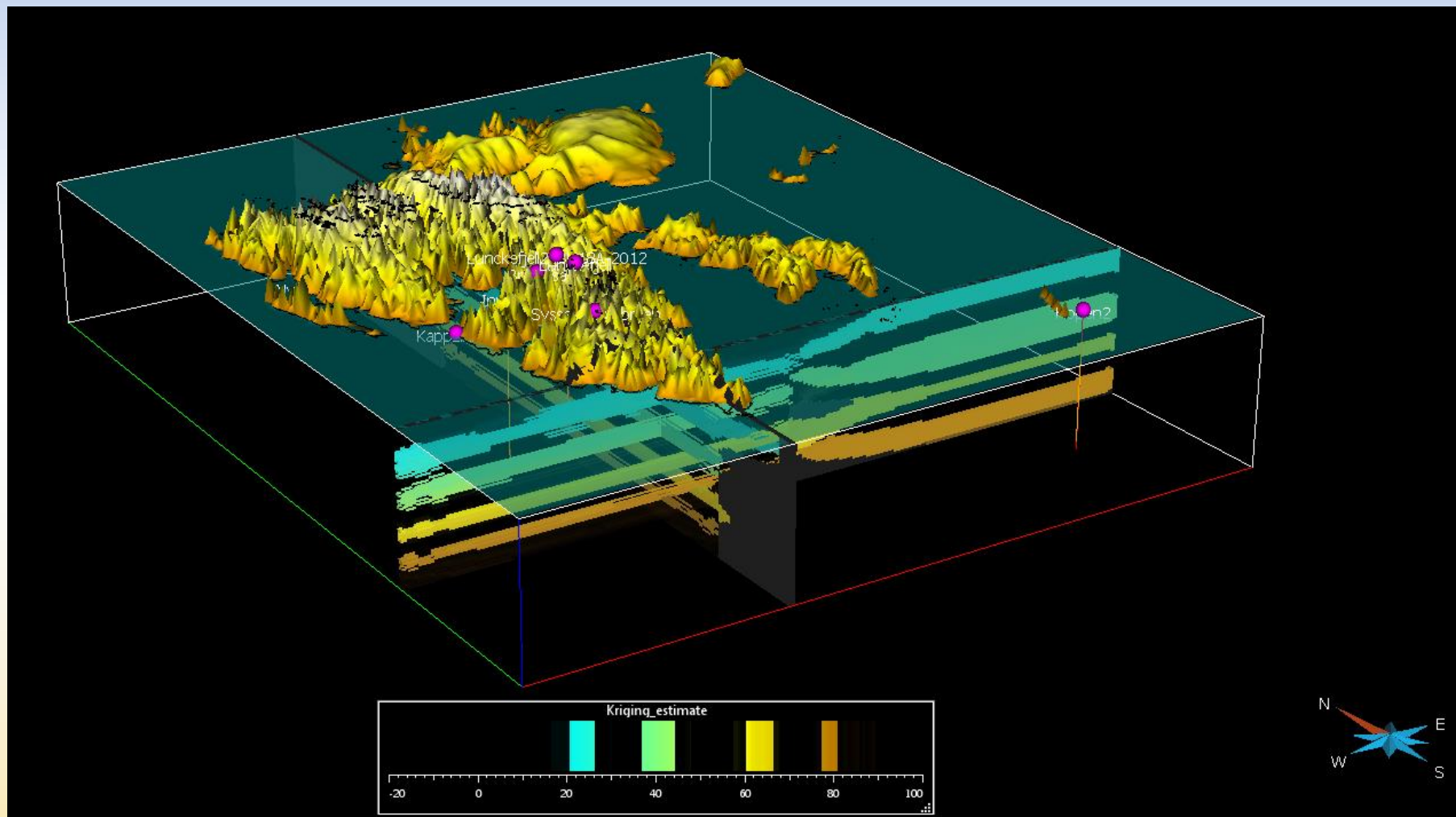
Hva har vi gjort?

- Installasjon av fiberoptiske kabler i nye og gamle borehull for å få nye temperaturdata og for å teste denne metoden i arktiske forhold.



Hva har vi gjort?

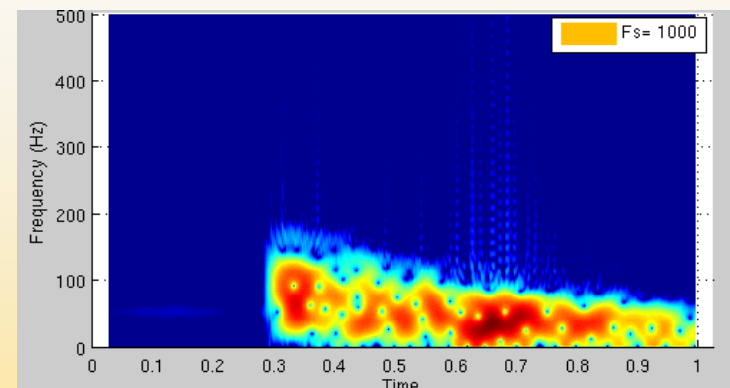
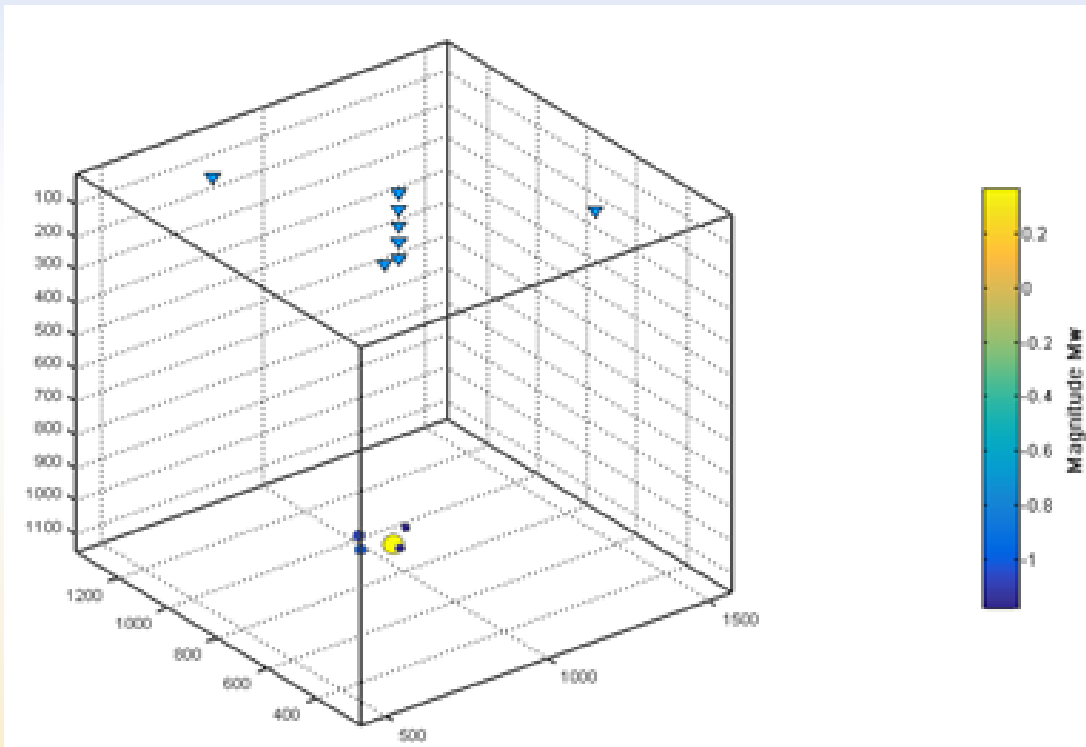
- Modellering av varmestrøm, temperatur og temperaturgradienter for Svalbard



Hva har vi gjort?

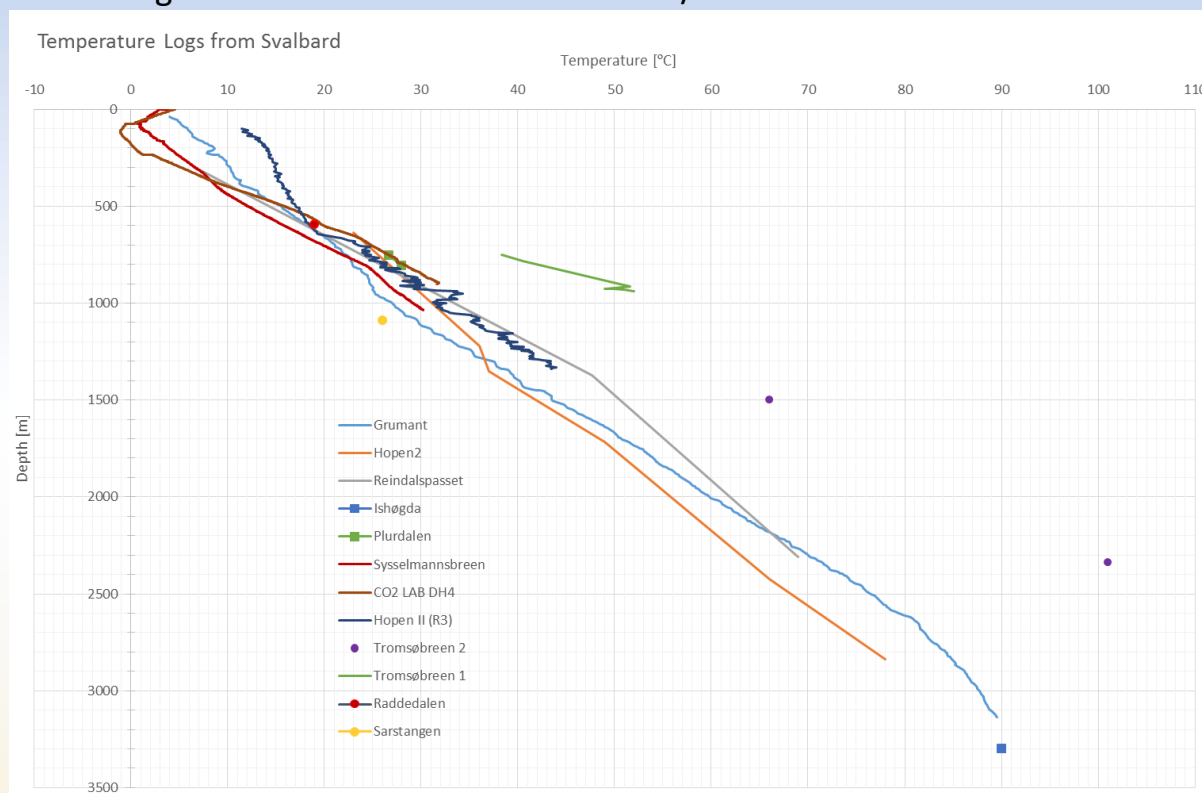
- Installasjon av et seismometernet i Adventdalen med håp om å finne evtl. permeable sprekkesystemer i undergrunnen. Dette blir gjort med suksess på Island. Resultater ikke lovende, sannsynligvis er nettverket ikke stor nok.

Aktivitetene i Adventdalen-området er i stor grad basert på UNIS CO₂-lab data.



Resultater

- Vi har varierende geotermiske gradienter på Svalbard:
 - høye gradienter i Sør- og Sentralspitsbergen med $> 40\text{K}/1000$ meter dybde
 - lave gradienter ved Forlandet med $25\text{K}/1000$ m.



- Usikkerhet: nedkjøling av borehullet etter boreoperasjonen kan ta mange måneder, mens målingene vanligvis er gjort i forbindelse med boreoperasjonen eller rett deretter. Dette kan forfalske resultatene.
- Ved Longyearbyen og Svea \pm vanlige gradienter av $\pm 30\text{K}/1000$ meter dybde, mens DH4 i Adventdalen viser opp til $44\text{K}/\text{km}$.
- Mange områder uten data.

Resultater for Ny Ålesund, Longyearbyen, Barentsburg og Sveagruva



Resultater for Ny Ålesund, Longyearbyen, Barentsburg og Sveagruva

- Ny Ålesund:

- Ligger i folde-og-skyvebelte med rask skiftende og ganske ukjent undergrunnsgeologi.
- Boredata: forholdsvis lav geotermisk gradient: ca. **25 K/km** ved Sarstangen; ingen temperaturdata fra kull-leteboringen.
- Energiforsyning: Diesel.

- Longyearbyen:

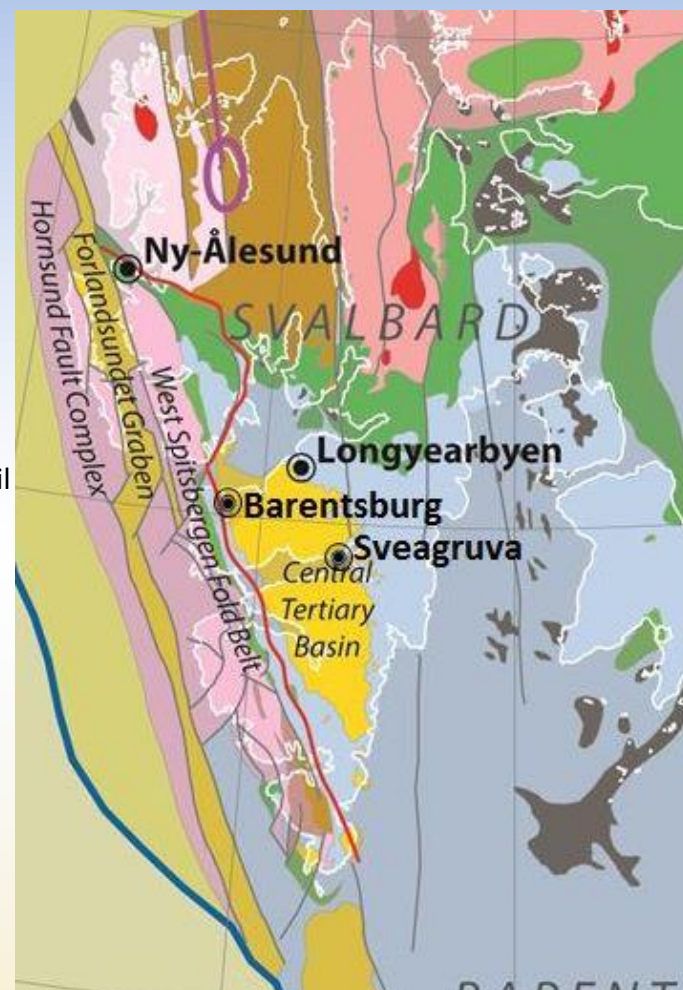
- Ligger i et området med god geologisk forutsigbart og forholdsvis godt kjent undergrunnsgeologi.
- Boredata (Colesbay, Reindalspasset, CO₂-borehull, kullboring) tyder på vanlige til hypertermale gradienter: **31K/km** i Reindalen, **28K/km** i Colesbay, **30K/km** ved flyplassveien, opp til **44K/km** i Adventdalen.
- Energiforsyning: Kull og diesel.

- Barentsburg:

- Forholdsvis urolig undergrunnsgeologi pga nærheten til folde- og skyvebeltet, ingen direkte data fra den dype geologien.
- Boredata (kullborehull, Colesbay) tyder på en **vanlig geotermisk gradient**.
- Energiforsyning: Kull og diesel.

- Sveagruva:

- Forholdsvis god geologisk forutsigbart og forholdsvis godt kjent undergrunnsgeologi.
- Boredata (Reindalspasset, kullborehull) tyder på en **vanlig geotermisk gradient**.
- Energiforsyning: Diesel.



Konklusjoner, muligheter og usikkerheter for utviklingen av et geotermisk energisystem i Longyearbyen

For å kunne definere geotermi som en ressurs for Longyearbyen, må følgende faktorer vurderes:

- Geologisk sikkerhet
- Teknologisk sikkerhet
- Sosiale, politiske og samfunnsmessige forhold
- Økonomisk sikkerhet

Hvor står vi i Longyearbyen i dag??

Geologisk sikkerhet

- **Temperaturgradient** mellom 30 K/km (flyplassvei) til drøye 40K/km (Adventdalen) i de øverste 1000 meter.
→ for å få en temperatur av 120 °C og mer må vi bore ned til 3000 – 4000 meter.
- **Bergarter:** De øverste 1000 meter veldig godt studerte og kjente bergarter, under det kan analoger fra Reindalen/Colesbay brukes. Seismisk data med varierende kvalitet tilgjengelig.
→ I det ønskete dypet har vi enten devonske sand- og siltsteiner eller grunnfjellet. I begge tilfeller antas at porøsiteten og permeabiliteten er lav, dermed kan vi ikke håpe på å finne et vannreservoar som kan brukes.
- Lenger oppe muligheter for karstsystemer (vannfylt hulsystem), men her vil temperaturen ligge under 100 °C.
- **Trykkforhold:** i en del brønner har vi observert «undertrykk». Fare for at undergrunnen vil «suge» opp tilført vann i en viss grad. Liten sjanse at vannet vil stige opp av seg selv (artesiske vann).
- **Hydrokarboner:** Det er sannsynlig at en del gass eller olje vil påtreffes under boringen.
→ sikkerhetshensyn må tas.
- **Bergspenninger** er noenlunde kjent (viktig ifm fracking).
- **Kjemien** i berggrunnen ukjent: lett løselige mineraler kan skape problemer i produksjonsprosessen.

Teknologisk sikkerhet

Generelt: Mye er mulig, en utredning må være **behovsstyrt!**

Muligheter for Longyearbyen:

- **Dyp jordvarmesonde:**

- Kan installeres uavhengig av bergarten og geologiske forhold (lukket kretsløp). Ingen væskeutveksling med berget. Lav risiko for at prosjektet mislykkes.
- Behøver svært lite vedlikehold, levetid minst 30 år.
- Kan brukes til varmeproduksjon, eventuelt strøm.
- Veldig begrenset utbytte (400 – 800 kW_{th} per sonde i våre forhold), mange sonder behøves om det skal ha en betydning i Longyearbyen.

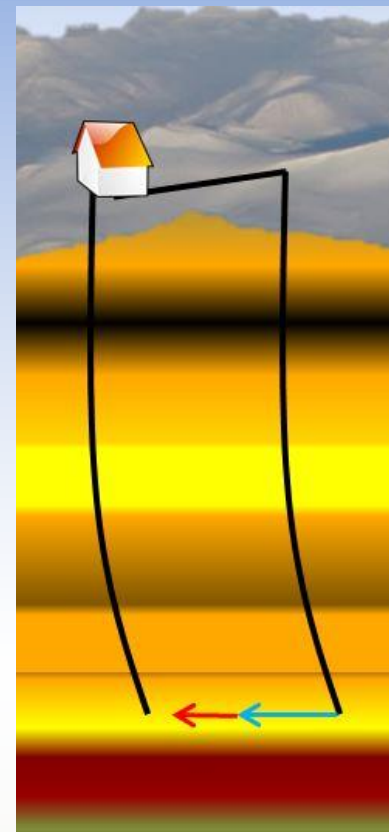
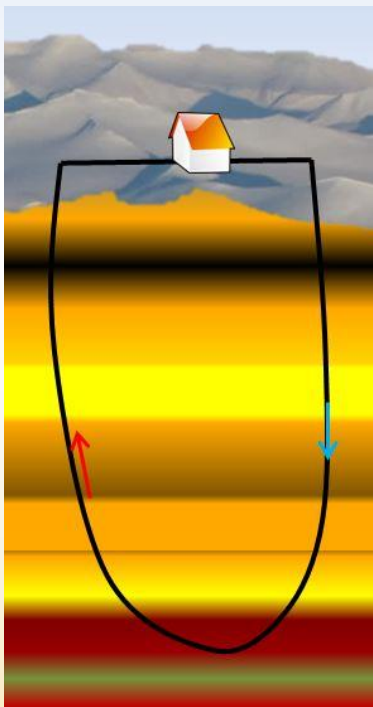


- **Enhanced Geothermal system:**

- Kan utformes som en forgreinet borehull eller som flere separate brønner avhengig av energibehovet (-> dublette, triplete...)
- Fracking av bergarten behøves for å skaffe hydraulisk forbindelse mellom brønnene. Usikkerhet om dette lykkes tilfredsstillende.
- Avhengig av trykkforhold og bergarten: dersom brønnen «suger» inn vann er det behov for vanntilførsel året rundt.
- Avhengig av berggrunns kjemien: fare for utfelling av mineraler i borerøret.
- Kan brukes både for å produsere varme og strøm.
- Forholdsvis høy risiko helt til første produksjonsforsøk.
- Avhengig av utformingen kan man teoretisk dekke hele Longyearbyens varmebehov med en triplete av denne typen i våre forhold.



- **Hydrotermalt system:**
 - Behov for et vannreservoar i undergrunnen i rett dype.
 - Mer forarbeid behøves dersom man vurderer et slikt system.
 - Vil være mest fordelaktig med tanke på produksjon av både varme og strøm.
- **Closed loop geothermal system:**
 - Ganske uavhengig av undergrunnsgeologien.
 - Store tekniske utfordringer, ikke uttestet teknologi.
 - Dersom det lykkes kan det gi god utbytte.



Sosiale, politiske og samfunnsmessige forhold

Positive faktorer

- Generelt går trenden mot «grønn» energi.
- Longyearbyen et samfunn i endring som leter etter fremtidens energikilde. Noen politikere vil muligens strekke seg langt for å få til noe nytt. Gode muligheter for statlige subsidieringer.
- Longyearbyen virker som godt egnet for etablering av nye ting.
- Forholdsvis vanskelig og dyrt for miljøaktivister å komme til Longyearbyen, f.eks. for å forhindre fracking.
- Fjernvarmenett ferdig etablert

Negative faktorer

- **Lohverket:**

Sosiale, politiske og samfunnsmessige forhold

Positive faktorer

- Generelt går trenden mot «grønn» energi.
- Longyearbyen et samfunn i endring som leter etter fremtidens energikilde. Noen politikere vil muligens strekke seg langt for å få til noe nytt.
- Longyearbyen virker som godt egnet for etablering av nye ting.
- Forholdsvis vanskelig og dyrt for miljøaktivister å komme til Longyearbyen, f.eks. for å forhindre fracking.
- Fjernvarmenett ferdig etablert

Negative faktorer

- **Lohverket:**

Bergverksordningen gjelder ervervelse og utnyttelse av naturlige forekomster som utvinnes gjennom bergverksdrift (jf. Bergverksordningen § 2). Hvorvidt dette også inkluderer utnyttelse av dype geotermisk energi er vurdert internt og drøftet med Nærings- og fiskeridepartementet. Det ser ut til at utnyttelse av dyp geotermisk energi ikke vil kunne omfattes av Bergverksordningen for Svalbard. Boring på eksisterende utmål vil behandles på samme måte som annen aktivitet på eksisterende utmål.

For utnyttelse av dyp geotermisk energi antas dermed at det vil være de alminnelige reglene i svalbardmiljøloven som sikrer hensynet til miljøkonsekvenser og konsekvensutredninger osv. Ytterligere spørsmål om utnyttelse av dyp geotermisk energi bes dermed rettes til Sysselmannen på Svalbard som riktig instans.

Sosiale, politiske og samfunnsmessige forhold

Positive faktorer

- Generelt går trenden mot «grønn» energi.
- Longyearbyen et samfunn i endring som leter etter fremtidens energikilde. Noen politikere vil muligens strekke seg langt for å få til noe nytt.
- Longyearbyen virker som godt egnet for etablering av nye ting.
- Forholdsvis vanskelig og dyrt for miljøaktivister å komme til Longyearbyen, f.eks. for å forhindre fracking.
- Fjernvarmenett ferdig etablert

Negative faktorer

- **Lohverket:**
 - Noe uklar situasjon siden man må forholde seg til minst to lovverker.
 - Dette betyr at det per i dag ikke er mulig å sikre seg rettigheter på geotermisk energi og
 - at eksisterende utmålshaver kan forhindre boring etter jordvarme!
- **Myndigheter:**
 - Myndighetene har tydeligvis ingen stor formening om hvordan man håndterer operasjoner i undergrunnen ifm boring. Ingen geologisk ekspertise hos Sysselmannen og ingen ekspertise eller database bygd opp i Norsk Polarinstitutt. Henviser til NPs oppgave:

En av instituttets hovedoppgaver er å fungere som rådgivende instans for forvaltningen når det gjelder polare miljøspørsmål. Det er norske myndigheters mål at Svalbard skal være et av verdens best forvaltede villmarksområder. Norsk Polarinstitutt deltar i arbeidet for å nå dette målet.

Sosiale, politiske og samfunnsmessige forhold

Positive faktorer

- Generelt går trenden mot «grønn» energi.
- Longyearbyen et samfunn i endring som leter etter fremtidens energikilde. Noen politikere vil muligens strekke seg langt for å få til noe nytt.
- Longyearbyen virker som godt egnet for etablering av nye ting.
- Forholdsvis vanskelig og dyrt for miljøaktivister å komme til Longyearbyen, f.eks. for å forhindre fracking.
- Fjernvarmenett ferdig etablert

Negative faktorer

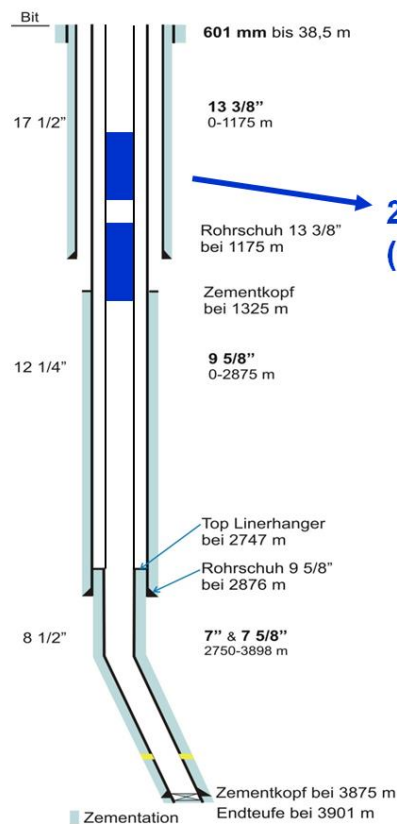
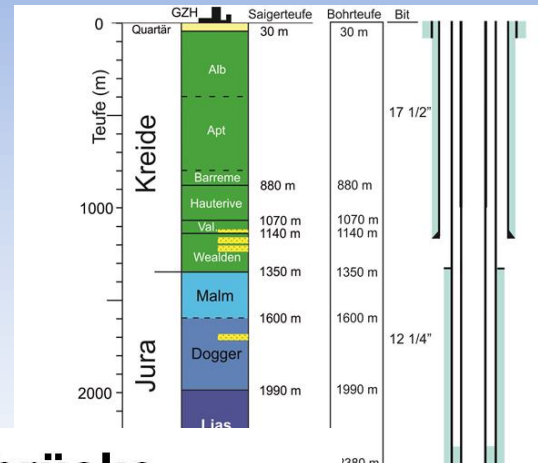
- **Lohverket:**
 - Noe uklar situasjon siden man må forholde seg til minst to lovverker.
 - Dette betyr at det per i dag ikke er mulig å sikre seg rettigheter på geotermisk energi og
 - at eksisterende utmålshaver kan forhindre boring etter jordvarme!
- **Myndigheter:**
 - Myndighetene har tydeligvis ingen stor formening om hvordan man håndterer operasjoner i undergrunnen ifm boring. Ingen geologisk ekspertise hos Sysselmannen og ingen ekspertise eller database bygd opp i Norsk Polarinstitut.
 - I andre europeiske land har de statlige geologiske institusjonene bygd opp kunnskap om undergrunnen, basert på tilgjengelige boredata og seismikk. Slik kan det vurderes om visse aktiviteter i undergrunnen kan ha uønskete bivirkninger.
 - Disse faktorene betyr at det per i dag er **helt uforutsigbart** hvordan myndighetene vil behandle en eventuell søknad om utnyttelse av jordvarme. Dette betyr en **stor risiko** dersom myndighetene ønsker å opprettholde sitt mål med «et av verdens best forvaltete villmarksområder»!
- **Isolert samfunn** med få innbyggere og lite industri: ingen å utveksle energien med, få mennesker å fordele kostnader på.

Økonomisk sikkerhet

- Veldig vanskelig å si med dagens viten hvor mye et slikt prosjekt vil koste.
- Tilsvarende prosjekter i andre europeiske land med lignende geologiske forhold og som produserer omtrent like mye varme som Longyearbyen behøver, koster gjerne mellom 100 og 200 MNOK.
- Med installering av et el-kraftverk vil prisen øke.
- Ved alle alternativene bortsett fra den dype jordvarmesonden har man betydelig risiko nesten helt til prosjektet er avsluttet.
- Uten flere grundige og kostbare forundersøkelse vil altså et geotermi-prosjekt være et høy-risiko prosjekt.

Eksempler

- **GeneSys** i Hannover, Tyskland:
- Tilsvarende geologiske forhold som i Longyearbyen, men bedre kjent gjennom en gassboring.
- Skulle produsere 2MW_{th} med 90 grader varmt vann i lite permeable sedimenter.
- Frackingoperasjonen vellykket
- «Scaling» ved produksjon av vann (utfelling av mineraler som tettet bore-røret)
- Kostnader boring: ca. 140 MNOK
- Status: lagt på is, venter på et nytt «fracking-lov» før noe nytt gjøres.



Salzbrücke

Nachweis am 22.11.2011

Freispülen 19.-23.11.2012

**2 Salzbrücken
(660-960 m und 1050-1350 m)**



Eksempler

- **Pullach, Tyskland**
- Kjente og gode geologiske forhold, karst vann med 107 °C.



BOPen



Eksempler

- **Pullach, Tyskland**
- Kjente og gode geologiske forhold, karstvann med 107 °C
- Dypde 3500 m
- Triplette
- Ca. 15 MW_{th}

- Kostnader:
 - Boring: 160 MNOK
 - Totalt 700 MNOK (derfra 250 MNOK fjernvarmenett)

Geothermal district heating station Pullach / Isartal (on the surface)



Quelle:  IEOP
INSTITUTE FOR ENERGY OPTIMIZATION

Geothermal district heating station Pullach / Isartal (below ground)



Quelle:  IEOP
INSTITUTE FOR ENERGY OPTIMIZATION



Longyearbyen: hvordan kan vi gå frem?

Problemet: Man må investere mye med høy risiko. En brønn som kan brukes som produksjonsbrønn koster rundt 100 – 200 MNOK.

Hva kan gjøres for å minste investeringsrisiko?

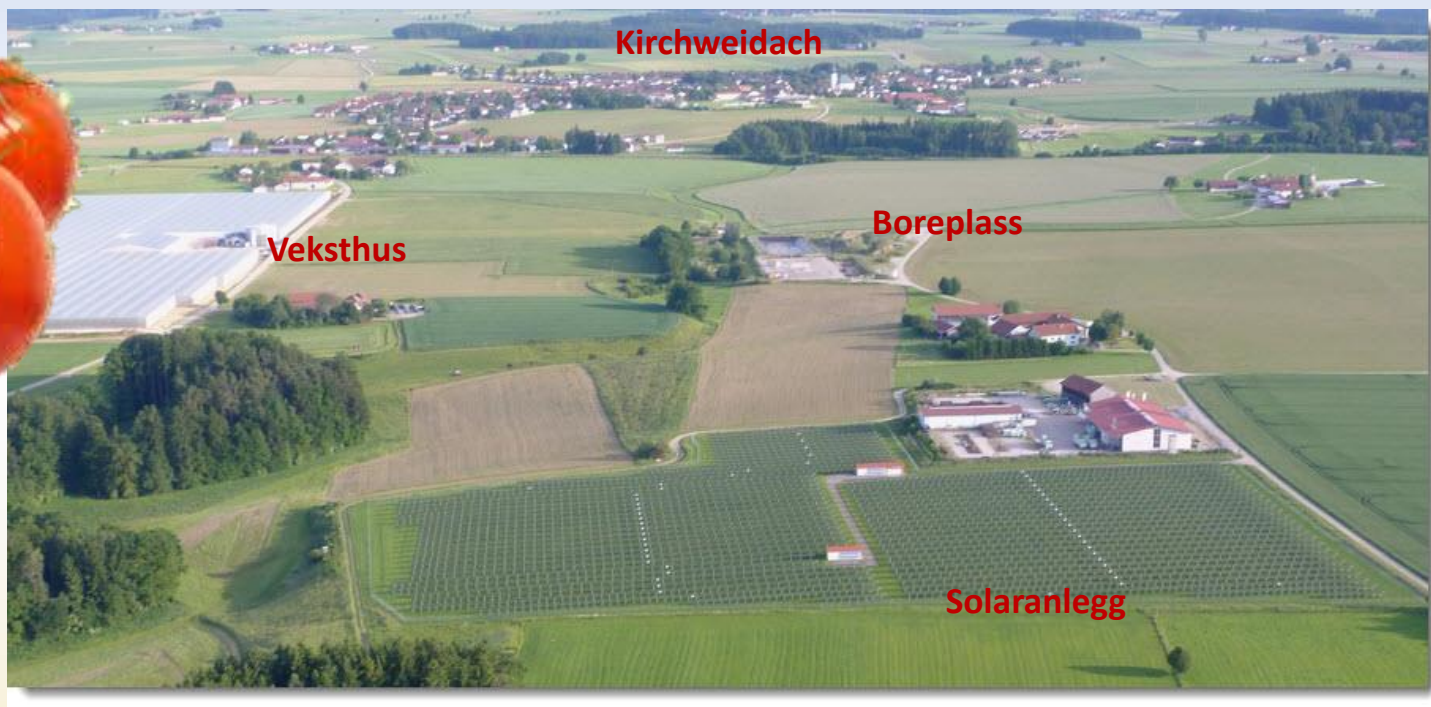
- Testboring (ca. 40 MNOK) for å øke investeringssikkerhet i et fremtidig anlegg.
- Flere undersøkelser (Vibroseeis) og modellering for å få bedre data.

**Hvilken rolle kan jordvarme spille dersom kull fases ut? Forsyne hele LYB?
Kombinasjon med vind, sol, gass fra Adventdalen, diesel? Hvem tar investeringsrisikoen?**

Kreativitet!

Eksempel Geotermianlegg i Kirchweidach, Bayern (2300 innbygger):

Anlegget varmer opp bosetningen og et nybygd veksthus der det dyrkes tomat og paprika for 600 000 husstander.



Takk for oppmerksomheten!