



Formannskapet – 24



Agenda

1

FORSKNINGS
PROSJEKTET

2

ENERGI OG
GRUNNVARME

3

RESSURS
KARTLEGGING
BØMOEN

4

PÅGÅANDE
PROSJEKT I
BØMOEN

5

FORSKNING I
BØMOEN

6

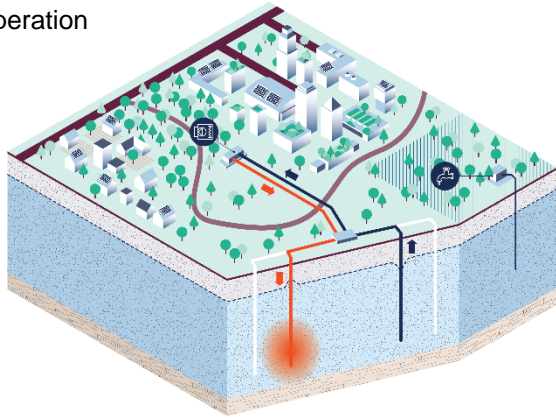
OPPSUMMERING

Bærekraftig utvikling med grunnlag i geologiske ressursar –

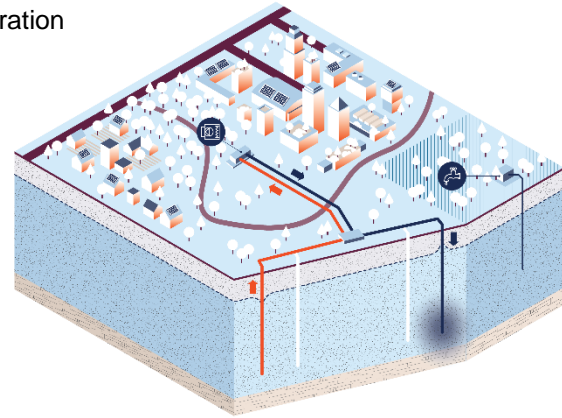
Bømoen Plussbygd

crbr@cowi.com

Summer operation
Cooling



Vinter operation
Heating



Utvikling

Mål:

- Resultata av ressurskartlegginga vil vere med å styre kva, kor og korleis ein skal bygga
 - ↳ Områdereguleringsplan
- Grunnvarmepotensiale nok til oppvarming og nedkjøling av all utvikling i og rundt Bømoen
- Bømoen og Voss som eit eksempel på bruk av lokal ressursar og fornybar energi (*Vossaklima*)
- Kunnskapsbasert forvaltning
- Kunnskapsformidling





Retten under bakken på Voss er det varme nok til hundrevis av hus

Growing Green: Norway explores new sources of energy to attract investors

Kristoffer Jakobsen
Kommunikasjonssjef
Published 29/09/2021



Photo: Svein Ulvund.

About Growing Green:

COWI has launched a Green Transition & Sustainability strategy to secure existing business and capture new opportunities for growth.

Visit the green transition portal site to find selected project examples and webinars on some of the work we do with our customers to move society in a green and sustainable direction. Together, we are growing green.



Want to know more?

Christian Rekke Bryn
Måteagener - Master of Science

Norway is spoilt for green energy from hydropower, but secondary energy sources will play an increasing role in the electrification of Norway. COWI hydrogeologist Christian Rekke

NTK Nyheter Sport Kultur Humor Distrikt Mer ~

Christian jaktar på «blått gull»

Varme i store mengder ligg rett under bakken. – Kan erstatta over 20 prosent av straumproduksjonen, seier ekspert på NTNU.



Ane Alcerov

TU Energi

MENY

LEDIGE JOBBER

WEBINARER

BLI EKSTRA-ABONNENT +

SOEK

INNLOGGET

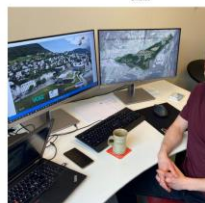
GEOTERMISK ENERGI - ATES

Grunnvannet skal gjøre Bømoen på Voss til Norges første «plussbygd»

Grunnforholdene er som skapt for et termisk «batteri» under bakken, mener geologene.

Tjordalund

Tips Nyhende Trafikk Sport Kultur

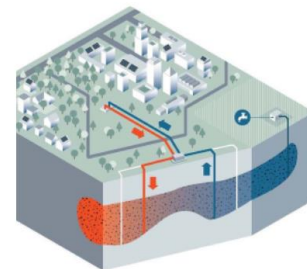


BJURPVIK I BØMOEN - Gjennom den pågående detaljregulering ligger et ressurskart for Bømoen, og et estimat for hva allierte representanter seier Christian Rekke Bryn, her fotografert på jobb i Voss på Tjeldemoen. Foto: Rolf Tjøstad

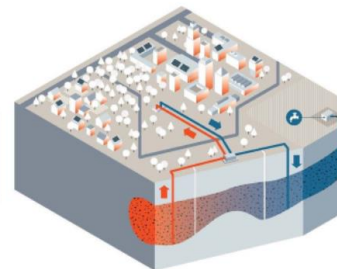
Han vil kartlegge hva ressursa ligg lagra i Bømoen

☑ Kor mykje byggeråstoff inneheld Bømoen, i sanden og grusen som ligg lagra der? Kor god er byggegrunnen? Og kva med grunnvatn? Kor drikkvatn- og kor stor er ressursen med tank energiskaping?

NEDKJØLING



OPPVARMING



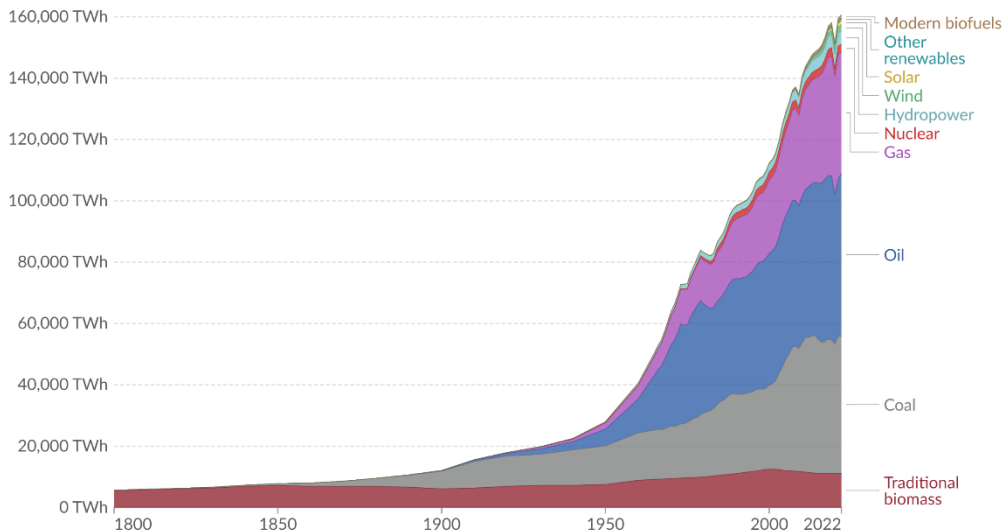
Samme grunnvannbasseng skal etter planen brukas til både oppvarming og nedkjøling – og som drikkvannskilde. (Illustrasjon: Bømoen energi)

KNUT BJØRHEIM BYGG 23. AUG. 2021 - 08:52

Energi, Klima og Miljø

Global direct primary energy consumption

Energy consumption is measured in terawatt-hours¹, in terms of direct primary energy². This means that fossil fuels include the energy lost due to inefficiencies in energy production.

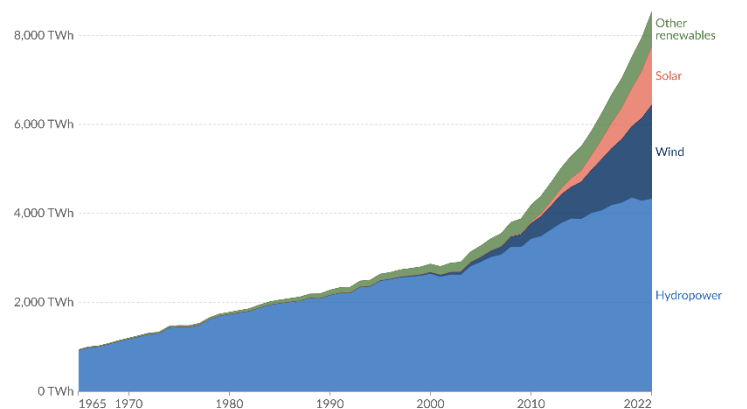


Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023); Smil (2017)

Note: In the absence of more recent data, traditional biomass is assumed constant since 2015.

OurWorldInData.org/energy | CC BY

Renewable electricity generation, World

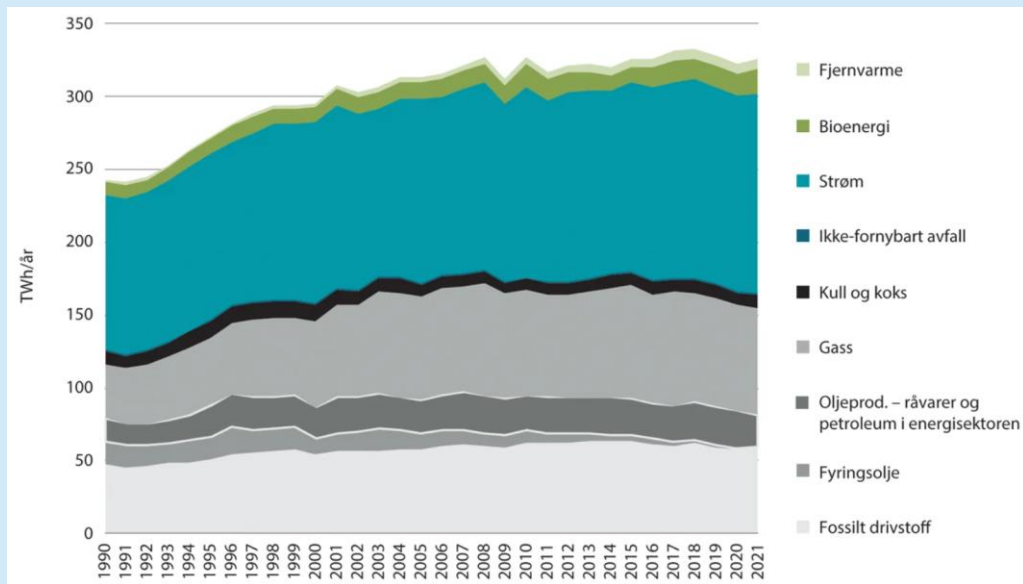


Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023)

OurWorldInData.org/renewable-energy | CC BY

Note: 'Other renewables' refers to renewable sources including geothermal, biomass, waste, wave and tidal. Traditional biomass is not included.

Energi, Klima og Miljø



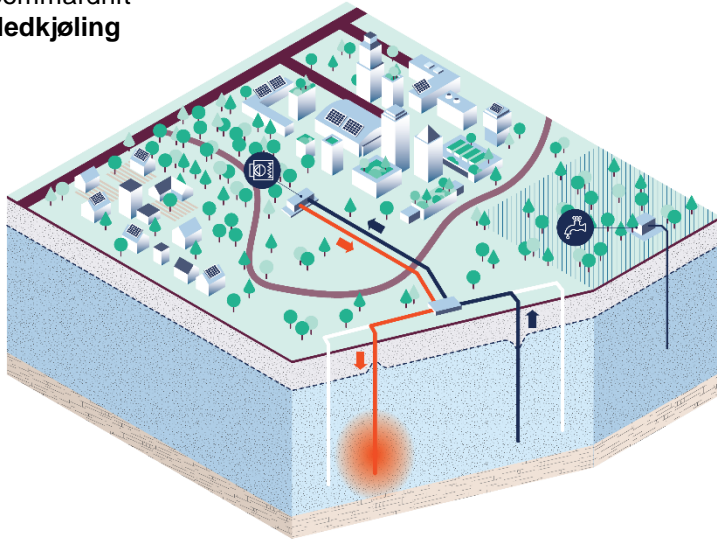
- Auka straumforbruk(2022 - 27) = 140 TWh – 164 TWh
- Auka kraft produksjon = 6 TWh = Kraftunderskot
- Grunnvarme kan dekke alt av varme og kjølebehov i Norge (33 TWh)

Grunnvarme – mange løysningar

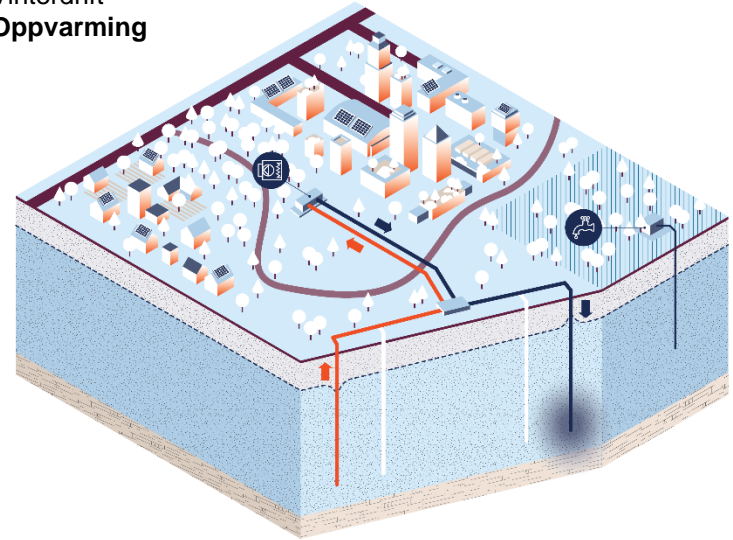


Aquifer Thermal Energy Storage (ATES)

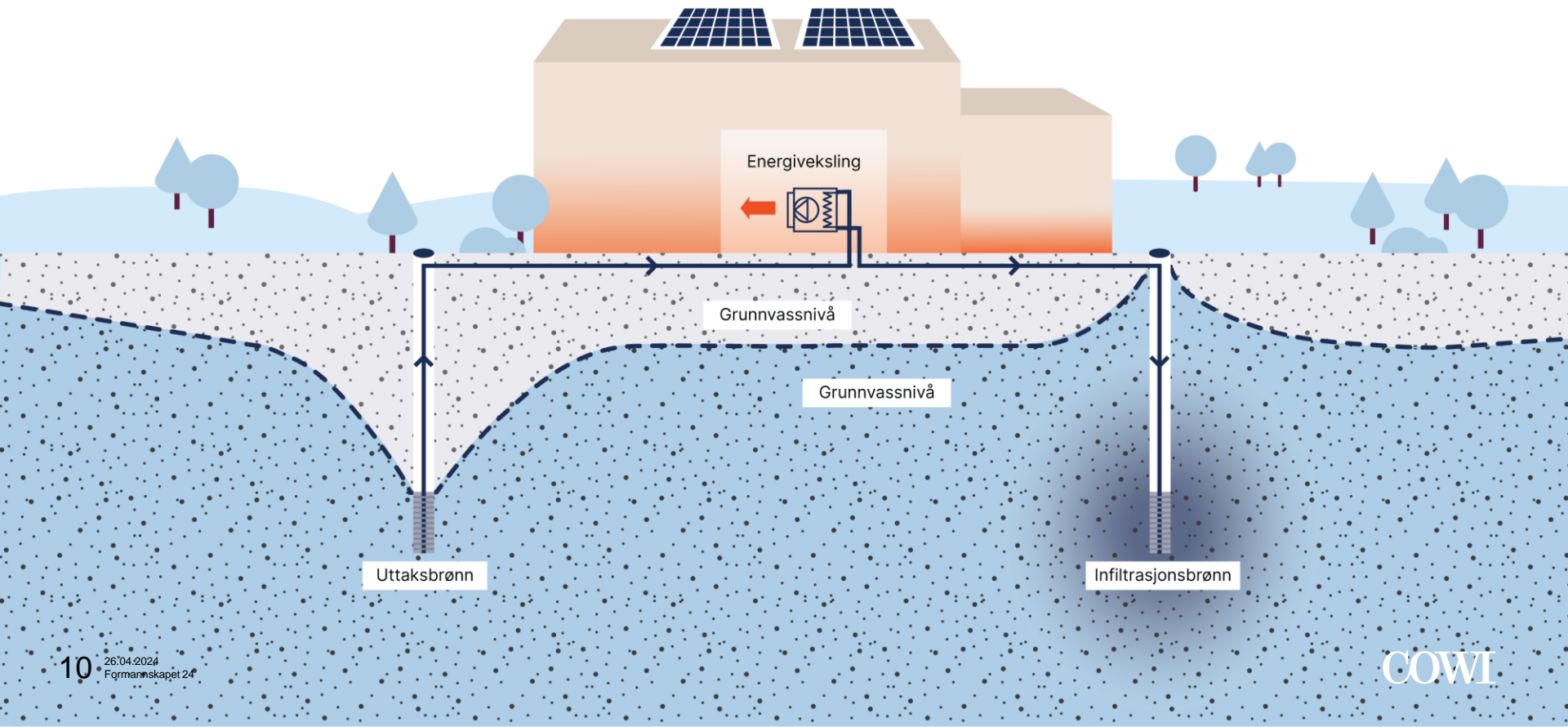
Somnardrift
Nedkjøling



Vinterdrift
Oppvarming



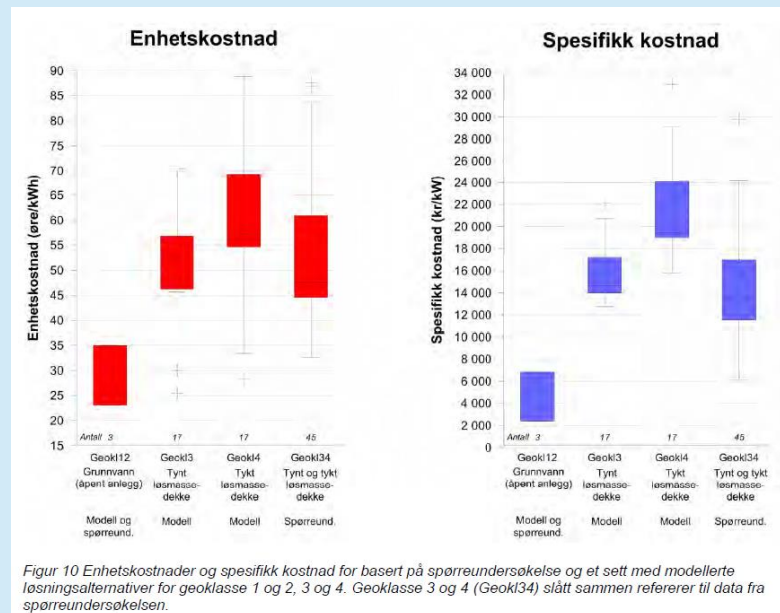
Ope løysing – Energiveksling direkte Frå grunnvatn



Grunnvassbasert Grunnvarme

- Energieffektivt (60-80% energibesparing)
 - Billig og stabil energi
 - Heilt utsleppsfritt (solenergi)
 - Lavt fotavtrykk (“usynleg energi”)
- Einheitskostnad = 25 – 35 øre/KWh
(sum årlig kapital –og driftskostnad divider med årsproduksjon)
 - Spesifikk kostnad = 3000 – 6000 kr/KW
(investeringskostnad divider med installert varmpumpeeffekt)

«Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial – NVE 2011»



Figur 10 Enhetskostnader og spesifikk kostnad for basert på spørreundersøkelse og et sett med modellerte løsningsalternativer for geoklasse 1 og 2, 3 og 4. Geoklasse 3 og 4 (Geok34) slått sammen refererer til data fra spørreundersøkelsen.

varmpumpen og borehull er satt til henholdsvis 15 og 40 år. Driftskostnadene inkluderer vedlikehold og energikostnader (forbruk av elektrisitet til drift av varmpumpen). Pris på elektrisitet varierer, og benyttede priser knyttet til elektrisitet (kraftpris, elektrisitetsavgift, nettavgift) går frem av Tabell 11. Enhetskostnaden (øre/kWh) for produsert energi blir da summen av årlige kapital- og driftskostnader dividert med årsproduksjonen av varme og/eller kjøling. Spesifikk kostnad (kr/kW) er investeringskostnad (kr) dividert med installert varmpumpeeffekt (kW). Siden varmpumpenes effektfaktor stadig forbedres ([Nowacki, 2007](#)) er denne satt til 3,5. Lukkede anlegg krever lite vedlikehold, mens åpne anlegg krever noe mer vedlikehold og er satt til henholdsvis 1 og 2% av investeringskostnaden.

Grunnvassbasert Grunnvarme

Norsk skogmuseum, Elverum

Grunnvann benyttes til oppvarming og kjøling



Foto: OT. Ljøstad, Norsk Skogmuseum

Brønn: 15 m dyp.
Returvann ut i Glåma.

Grunnvannsutttak: 7 l/s.
Grunnvannstemperatur:
• Sommer 6 – 7 °C
• Vinter 8 – 9 °C

Effekt påvarmepumpe 110 kW
Bygningsareal 12 000 m²
I drift fra 2003

Investering 485 000 kr
Energibesparelse 60 %
Nedbetalingstid 3-4 år

Kvinesdal sentrum



Kvinesdal Rådhus

Kvinesdal Rådhus

Kjøling og oppvarming
I drift fra des. 2003
Varmepumpe 100 kW

Brønn 17 m dyp
Uttak 10 l/s, (konsesjon 20 l/s)
Returvann ut i Kvina

Temperatur:
• Senvinter 6 – 7 °C
• Sommer 13 – 14 °C

Kvinesdal ungdomsskole

Oppvarming og delvis kjøling
I drift fra høst 2004

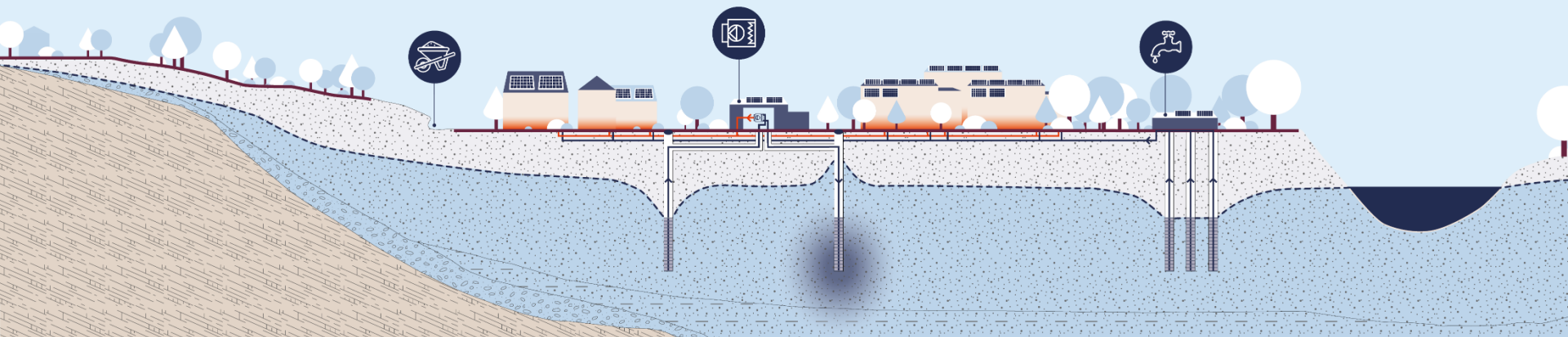
Uttak ca 10 l/s (mulig 40 l/s)
Investering 1,2 mill + moms

Ca 3 år nedbetalingstid



«Grunnvannsbaserte grunnvarmeanlegg – erfaringer etter meir enn 20 års drift (Midttømme og Ramstad)»

Fleirebruk av ressursar



Sand og grus



Marine avsetninger



Morene



Berggrunn



Vannverk



Varmepumpe



Byggeråstoff

Overordna prosjektplan



**Ressurs-
kartlegging**



**Modellering av
grunnvatn**



**Modellering av
grunnvarme**



**Sambruk -og
forvaltning**

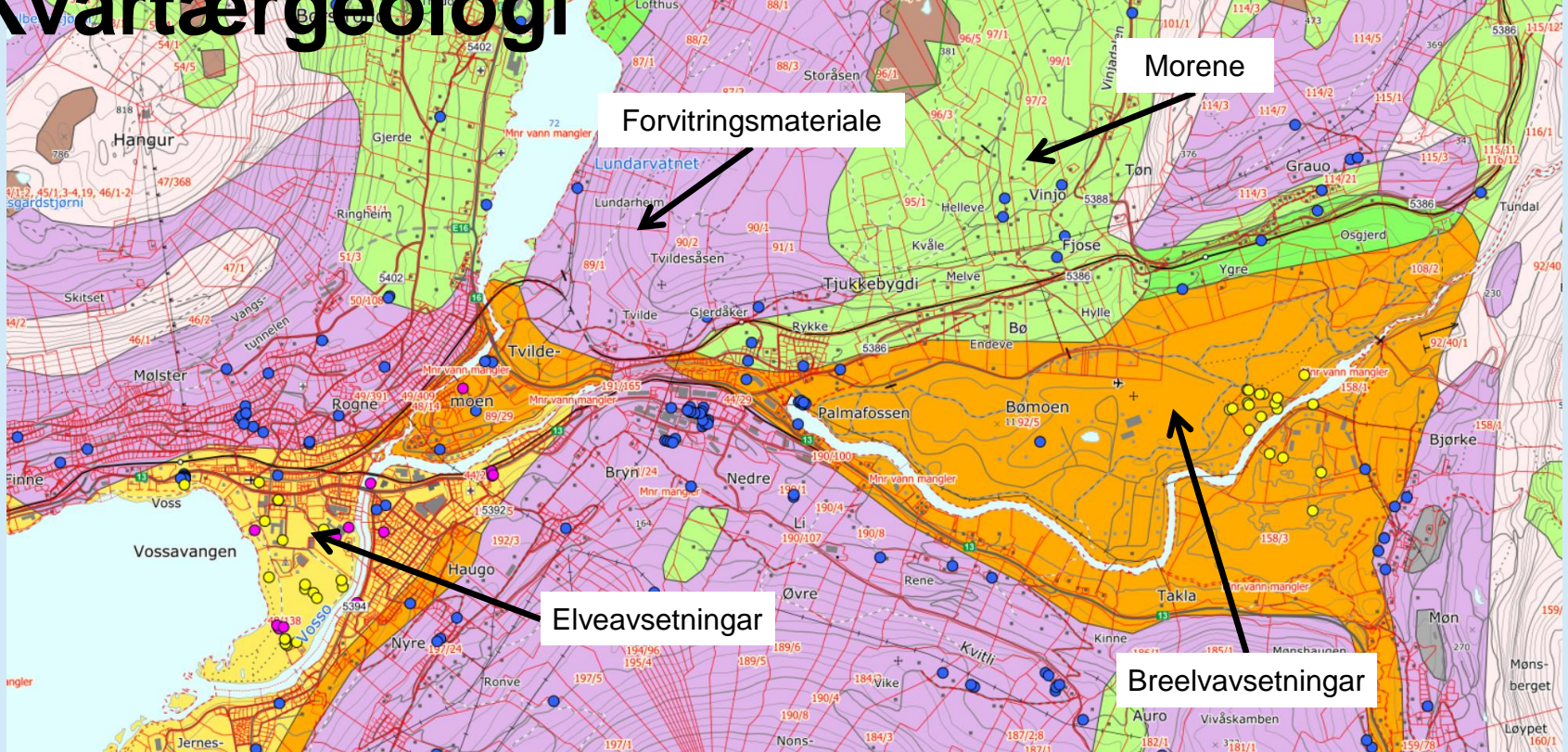
Overorda prosjektplan



**Ressurs-
kartlegging**

1 Kvantærgeologi | 2 Geofysikk | 3 Boringar | 4 Geologisk modellering | 5 Georessurskart

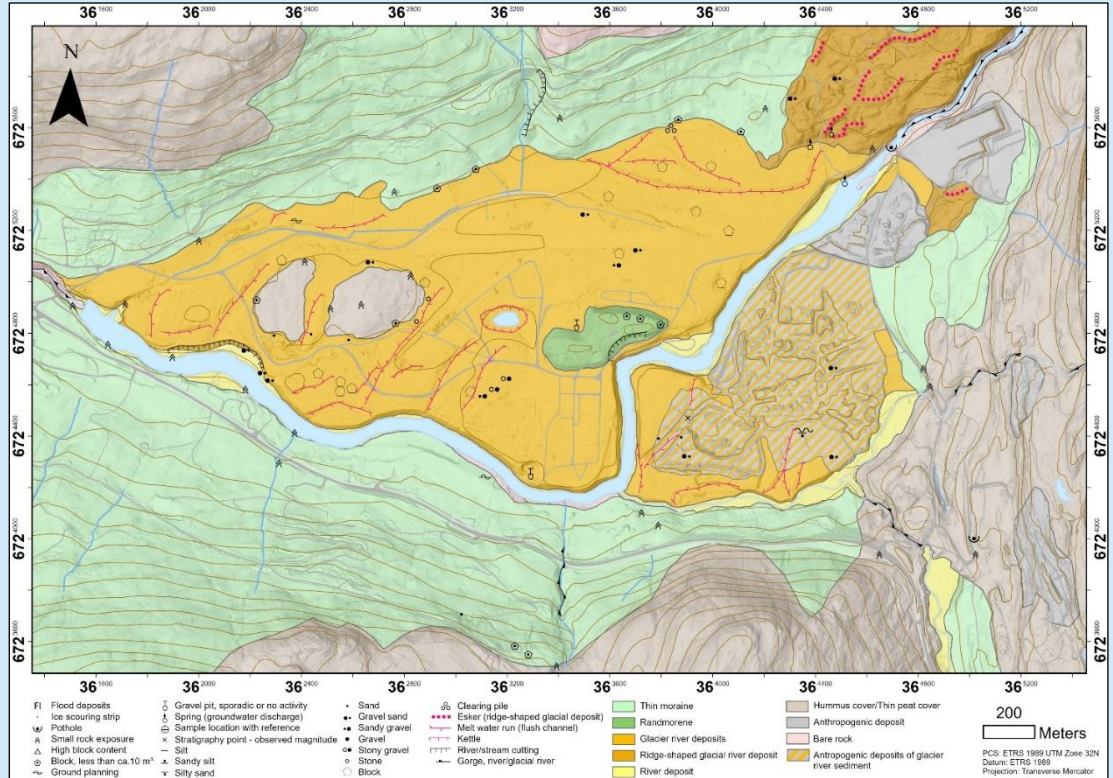
Kvartærgeologi



Kvartærgeologi

Methodology:

- LiDAR
- Field survey
- Cross-sectional interpretation
- Sediment samples
- Fabric analysis
- Aerial photo



Bakken, 2023

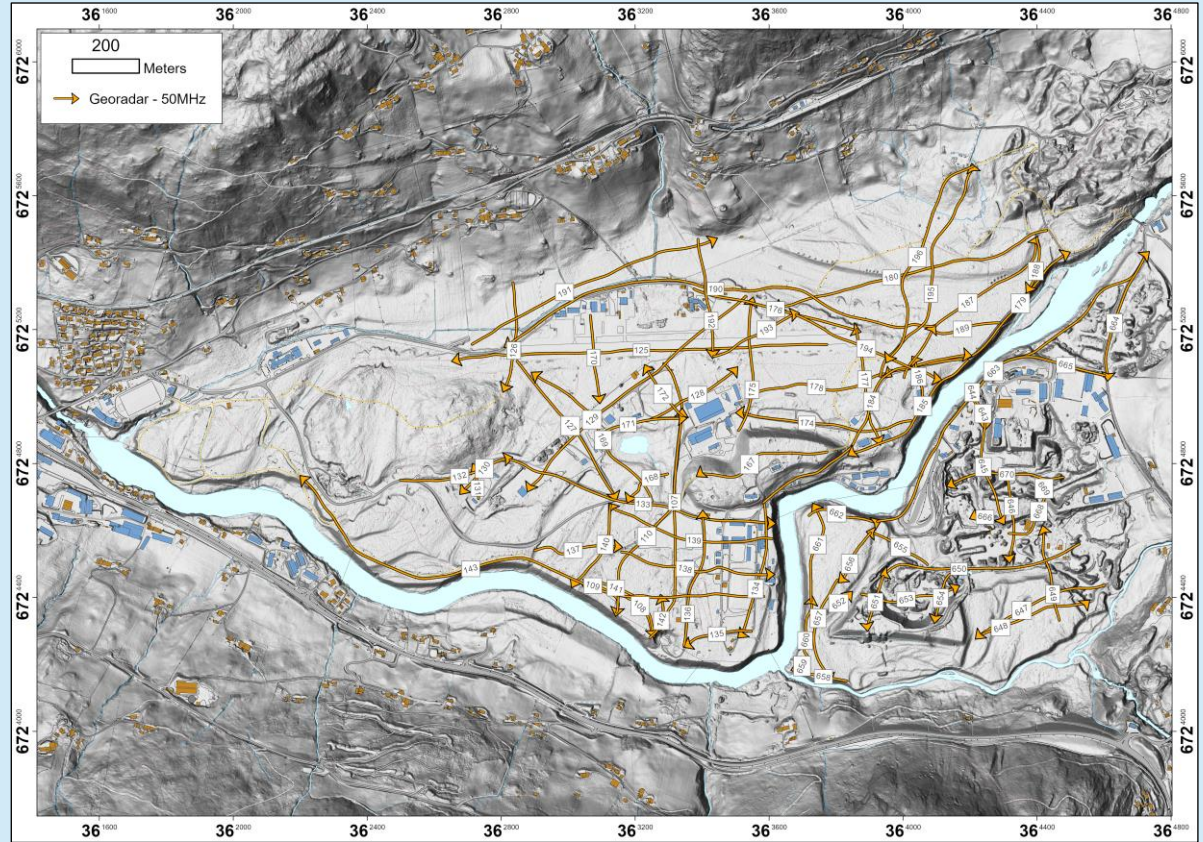
Georadar



<https://www.guidelinegeo.com/ground-penetrating-radar-gpr/>

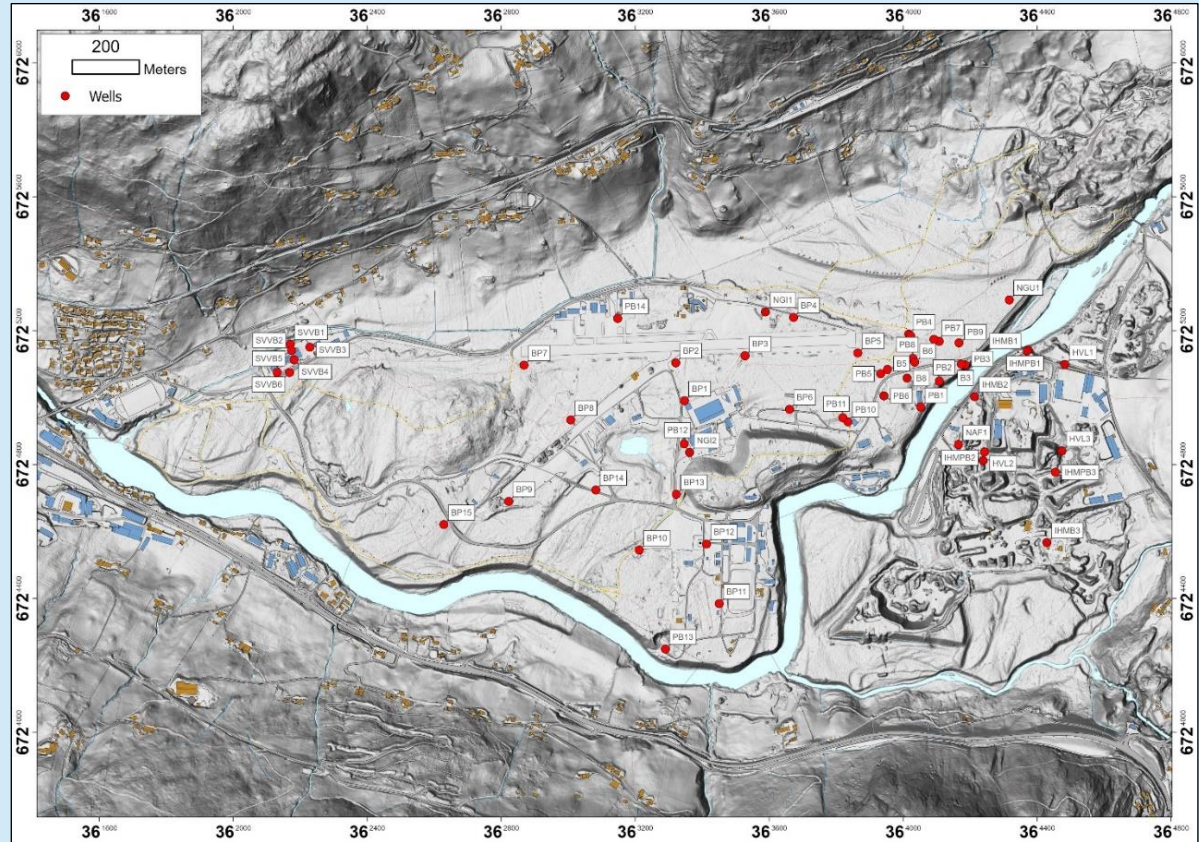
Georadar

- > 70 km
- 25 MHz, 50 MHz, 80 MHz
100 MHz



Boringar

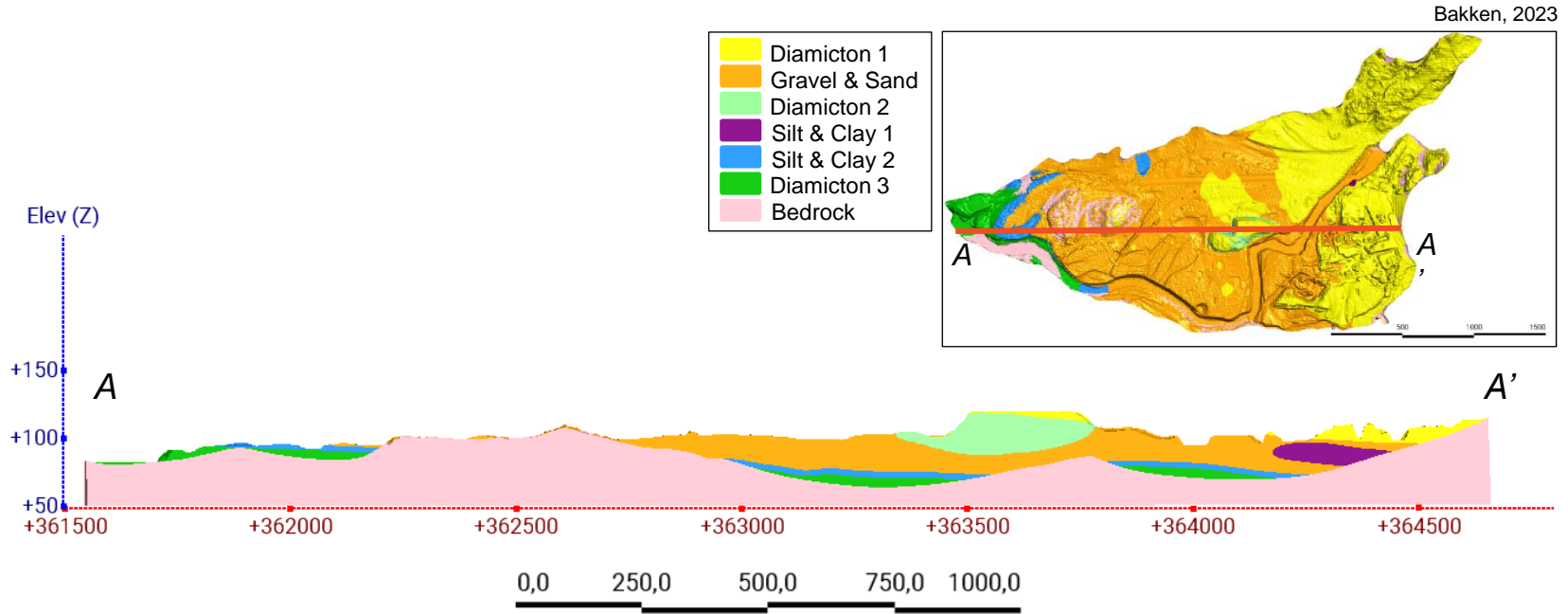
- 55 Boringar
- 42 GV brønner
- 24 Loggarar
- 27 Brønner med masseprøvar



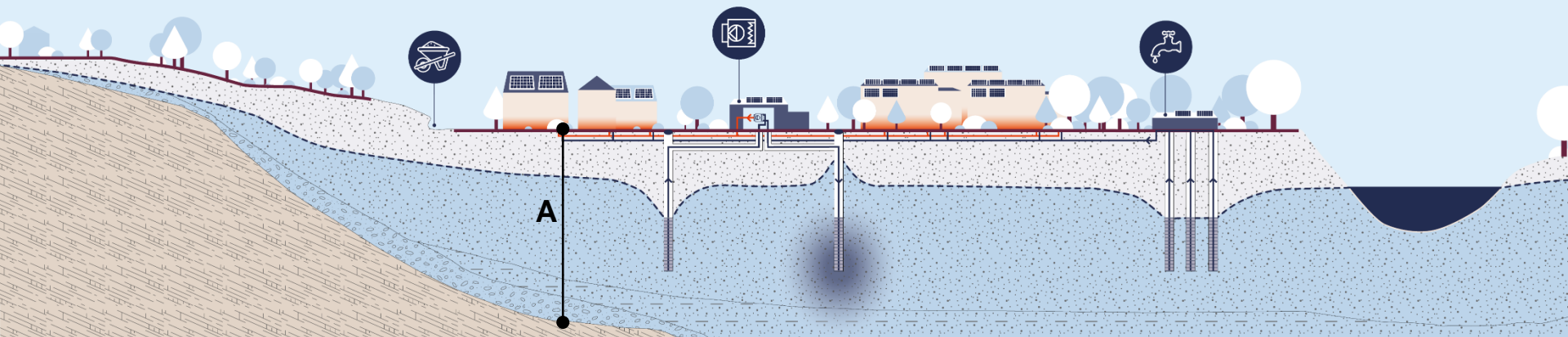
Boringar



Geologisk modell (LeapfrogGeo)



A Sedimentmektighet



Sand og grus



Marine avsetninger



Morene



Berggrunn



Vannverk



Varmepumpe

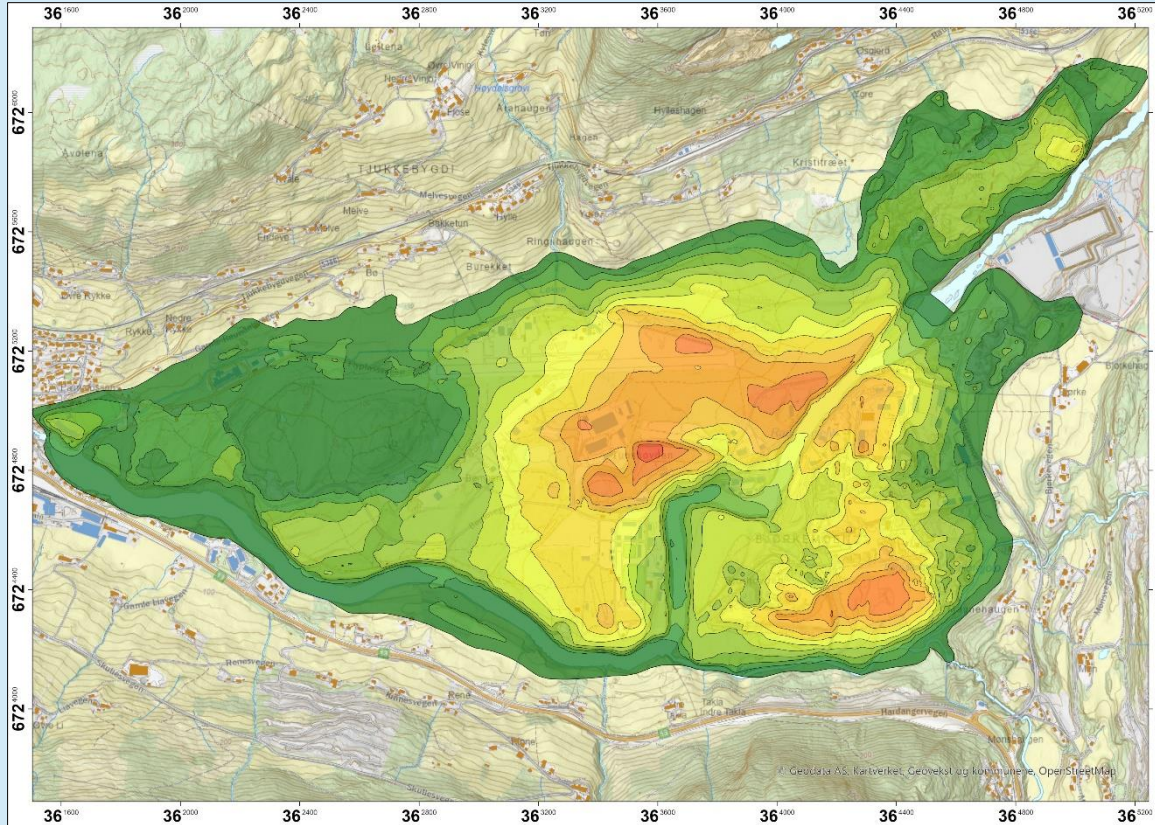
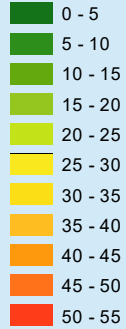


Byggeråstoff

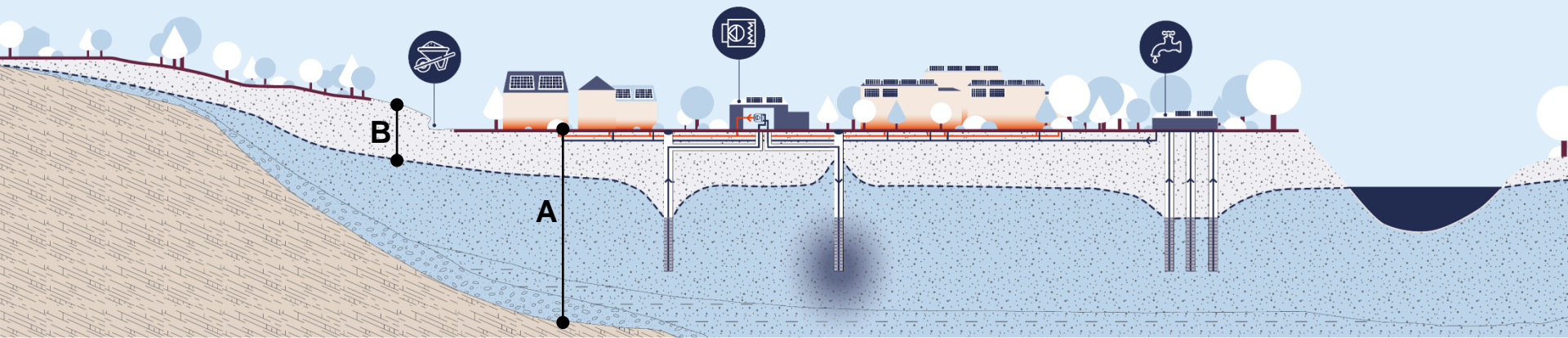
Totalt sedimentvolum = 66.9 mill m³

250
Meters

Bedrock
topography
Meters



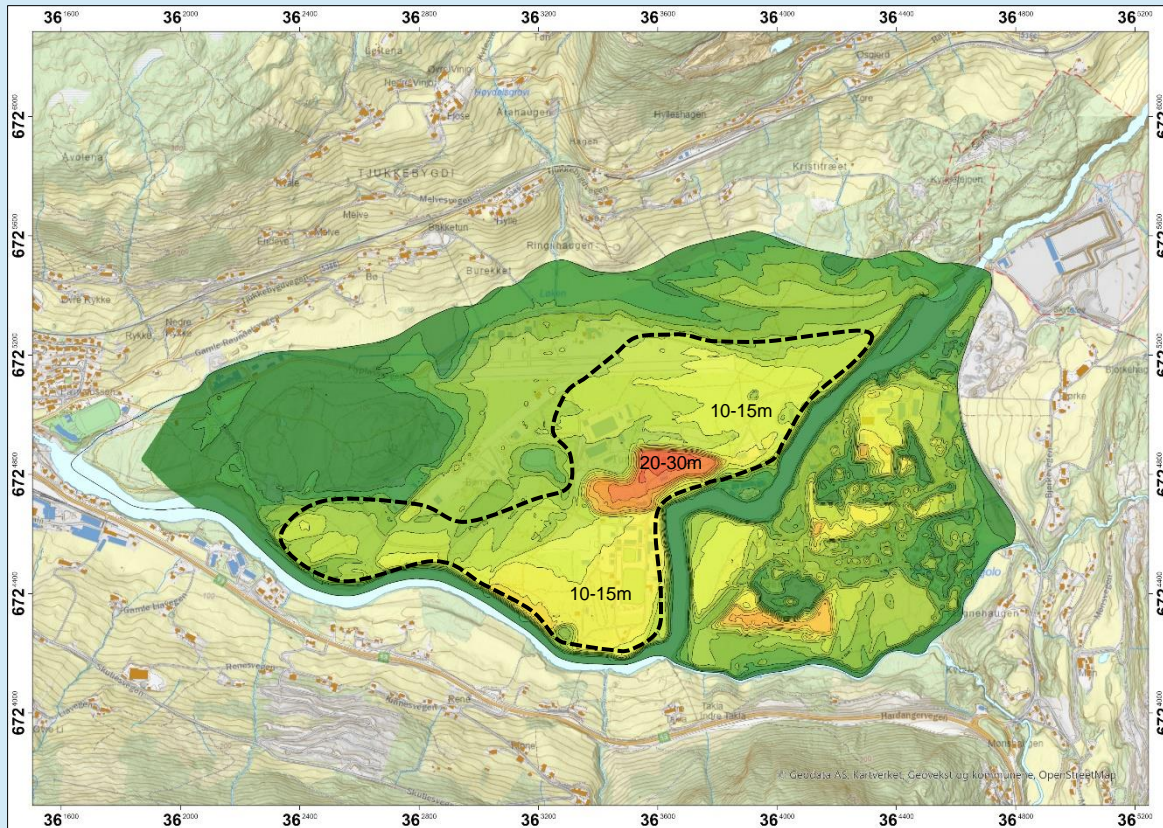
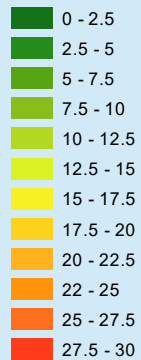
A Sedimentmektighet
B Tørr sand og grus



Volum umetta sand og grus = 37 mill m³

250
Meters

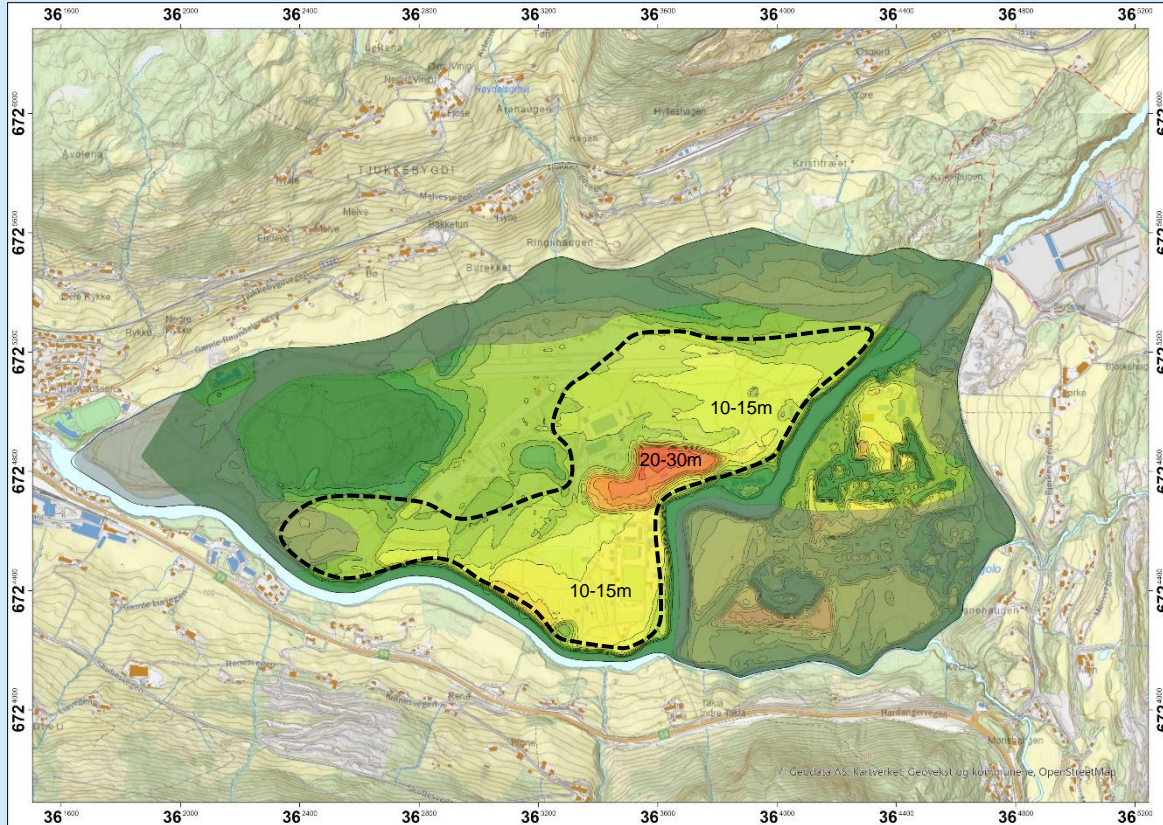
Dry sand
and gravel
Meters



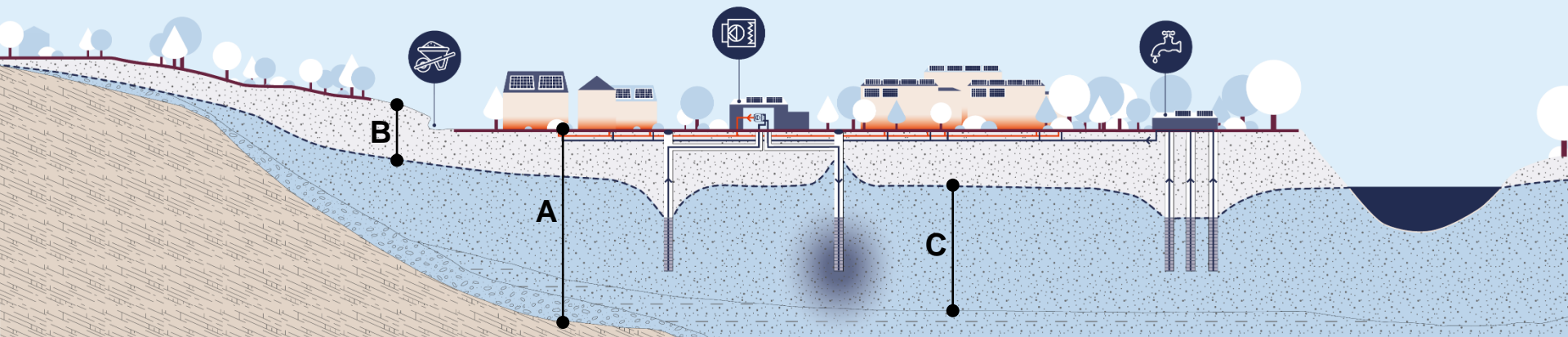
Volum umetta sand og grus = 37 mill m³

250
Meters

Dry sand
and gravel
Meters



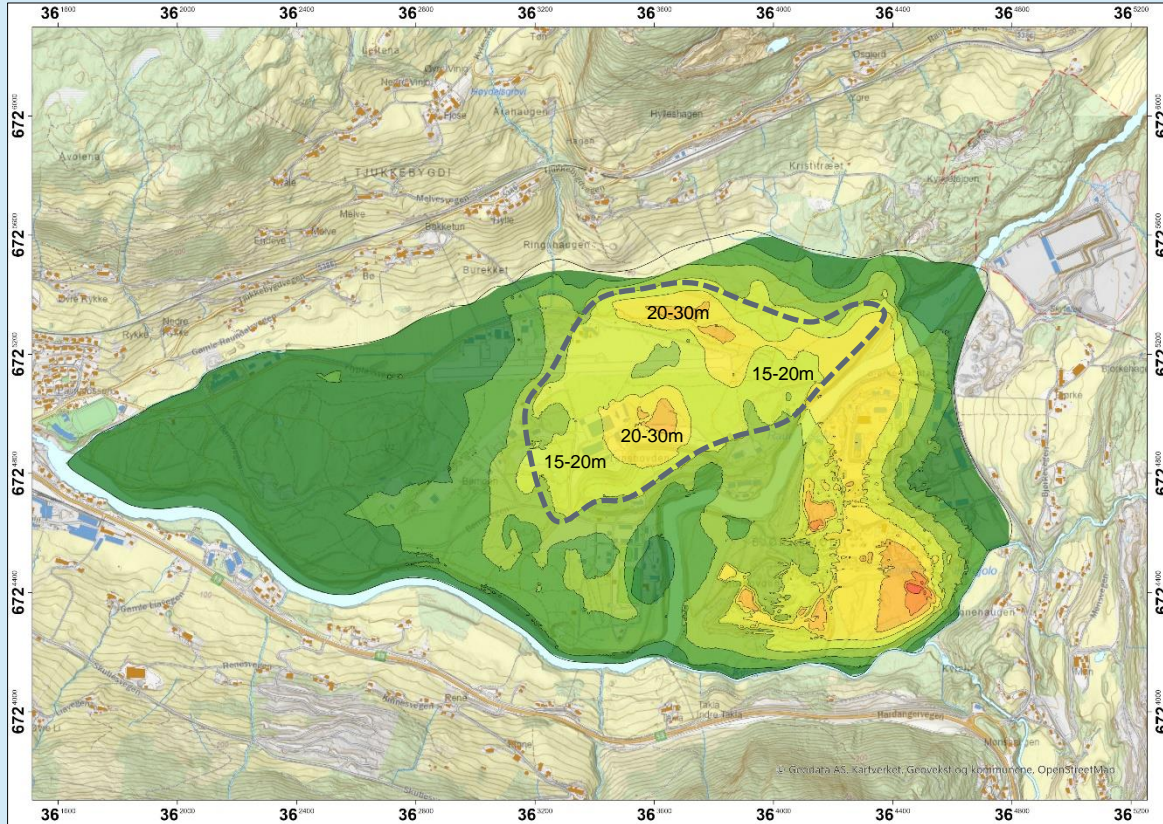
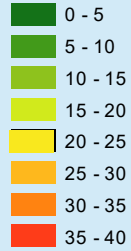
- A** Sedimentmektighet
- B** Tørr sand og grus
- C** Vassmetta sand og grus



Volume vassmetta sand and grus = 18 mill m³

250
Meters

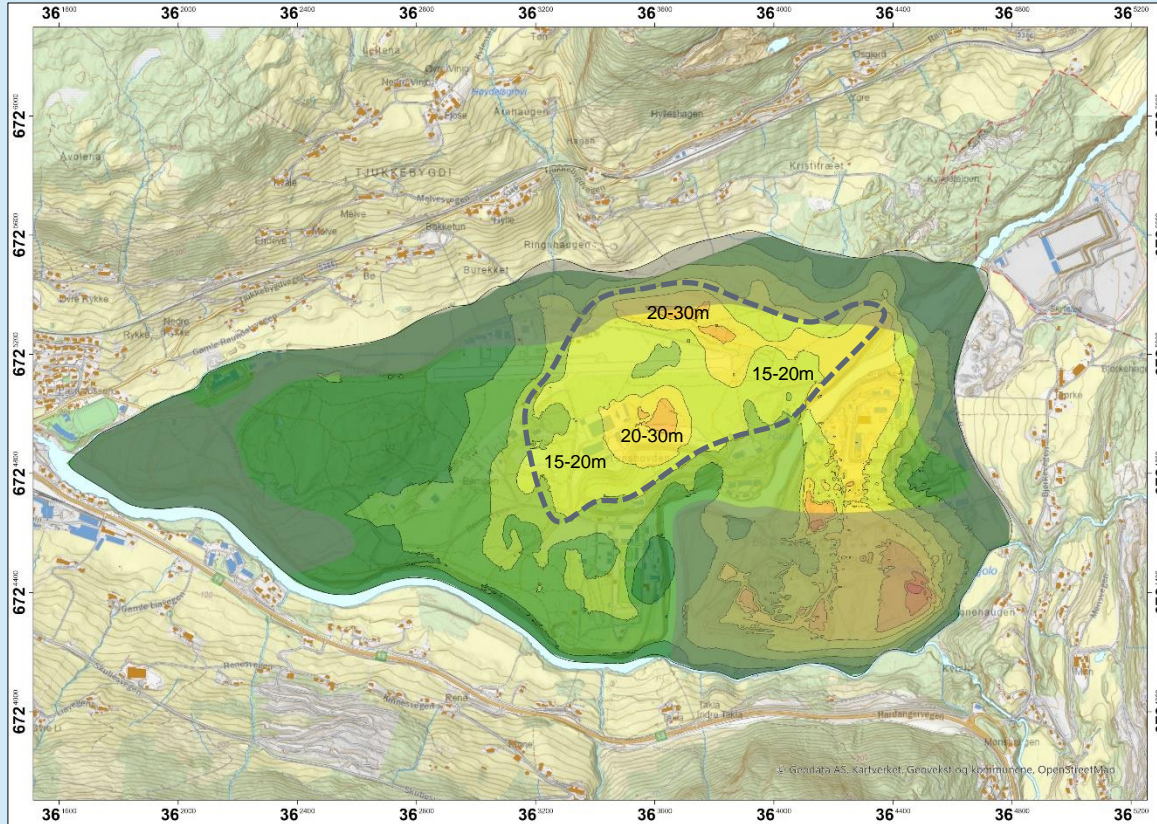
Saturated
sand and gravel
Meters



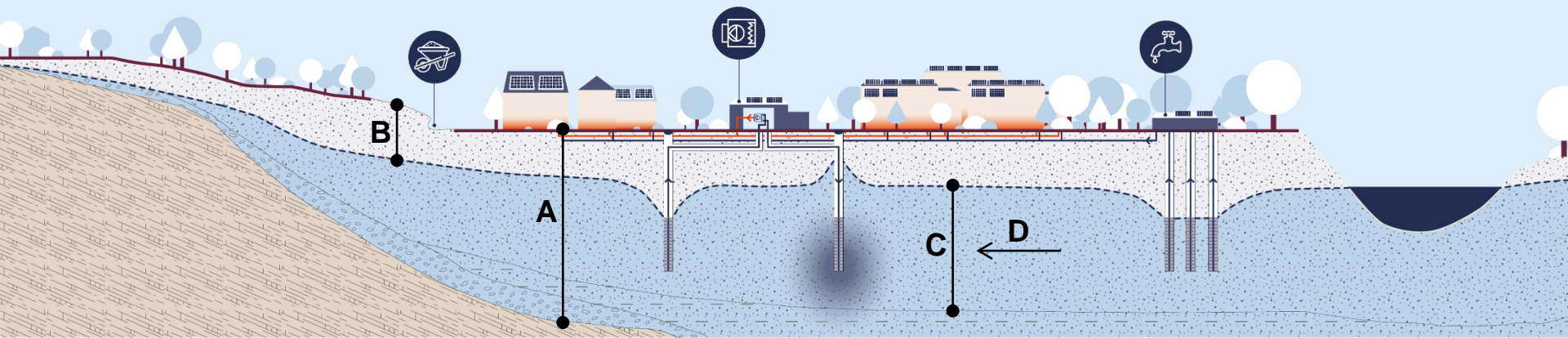
Volume vassmetta sand and grus = 18 mill m³

250
Meters

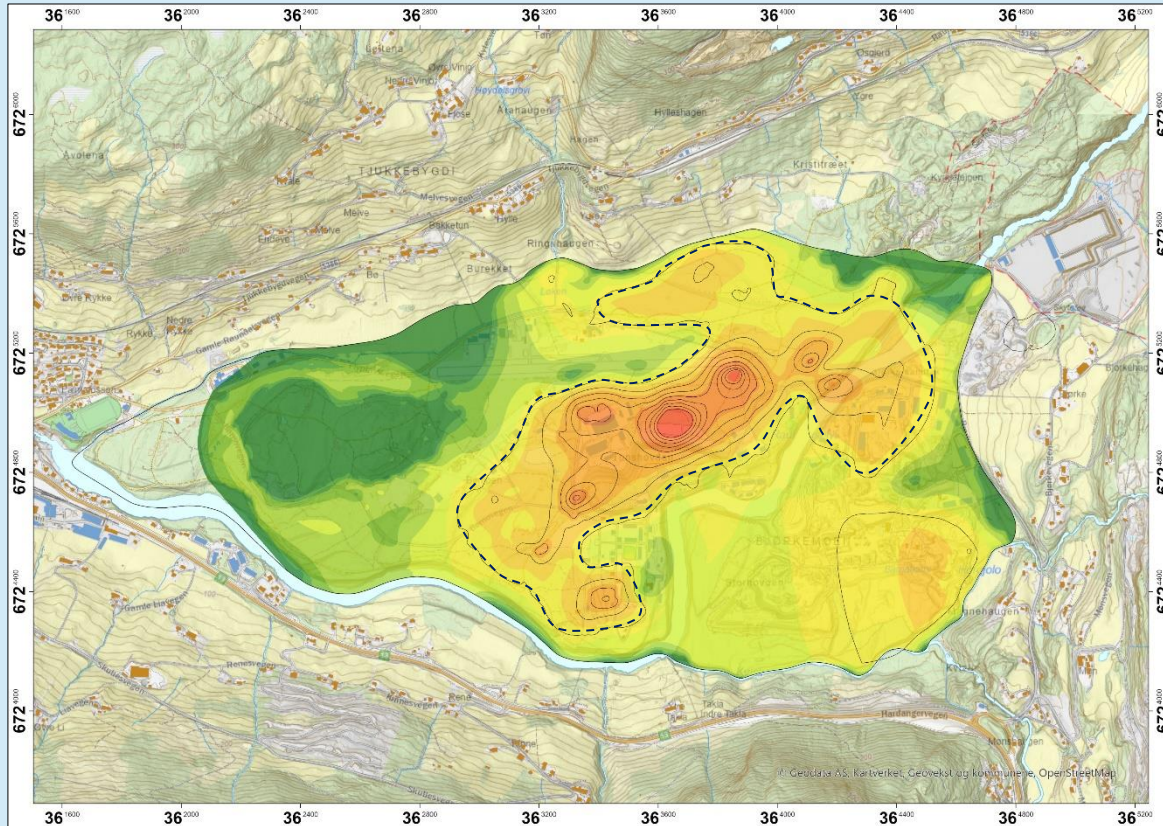
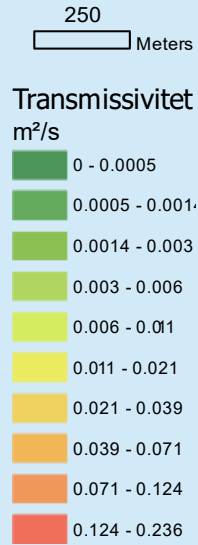
Saturated
sand and gravel
Meters



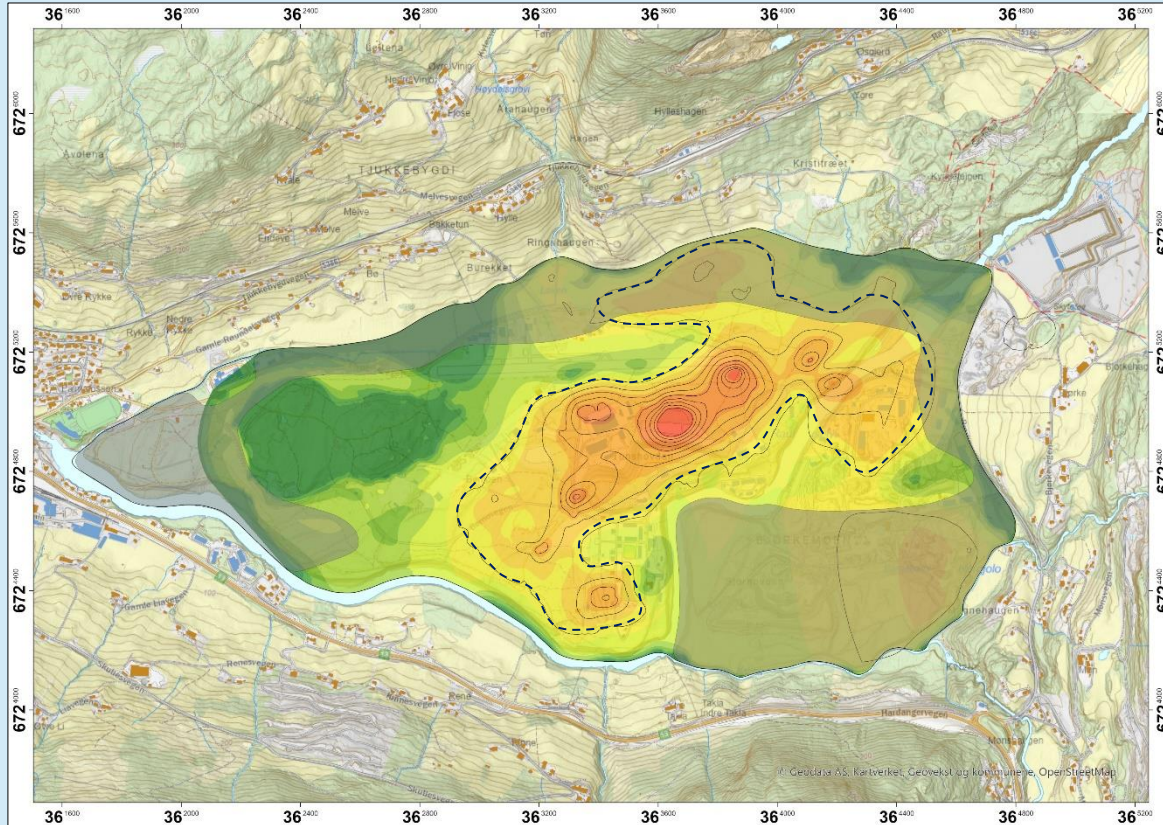
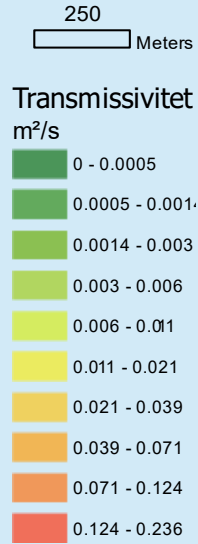
- A** Sedimentmektighet
- B** Tørr sand og grus
- C** Vassmetta sand og grus
- D** Hastighet



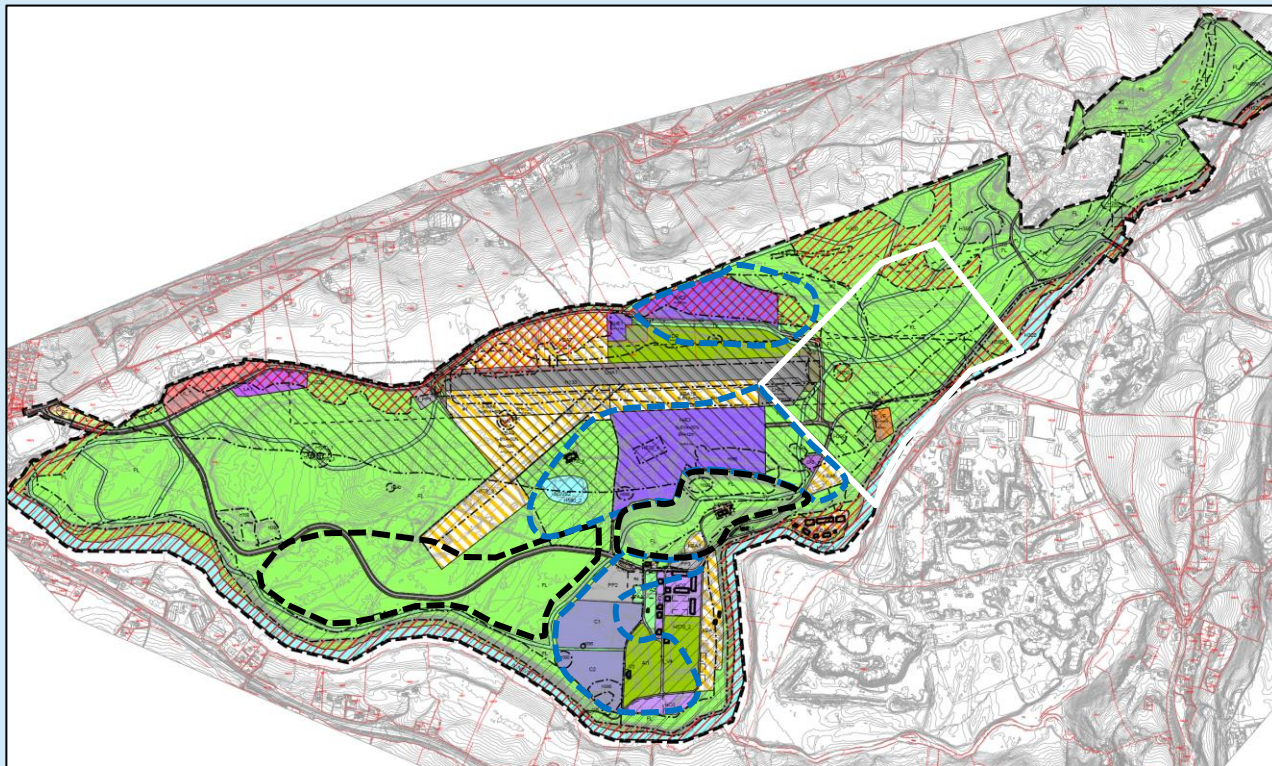
Transmissivitet



Transmissivitet

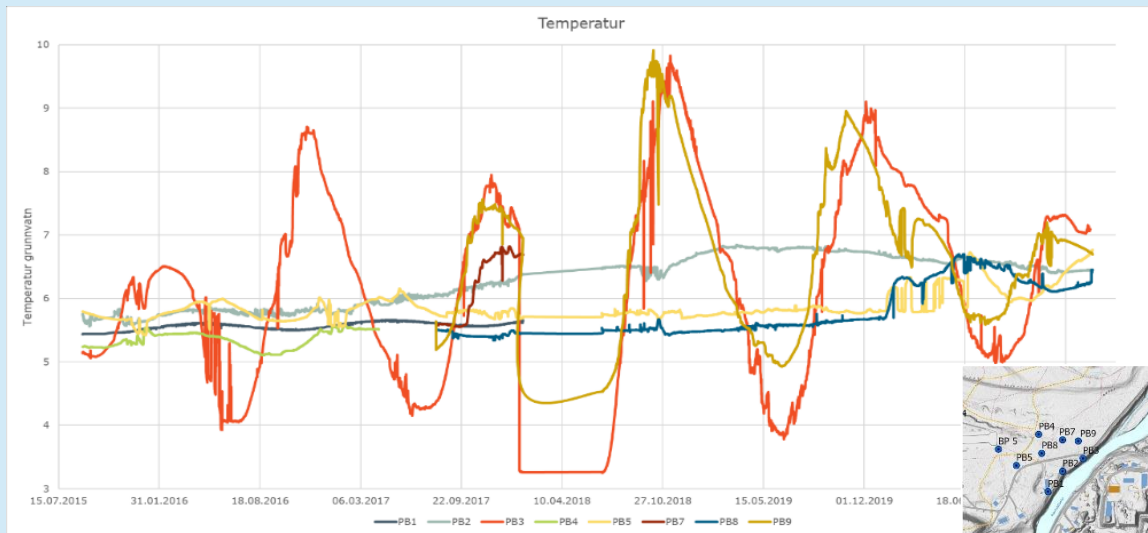






Energipotensiale i Bømoen

- Grunntemperatur Bømoen = $\sim 5.5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ årsvariasjon)
- Uttaksrate per brønn > 10 l/s
- > 10 brønner
- E per brønn = 167 Kw
($10 \text{ l/s (kg/s)} * 4,186 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} * 4^{\circ}\text{C}$)
- Produksjon (døgnet rundt) per brønn =
 $\sim 1.5 \text{ GWh/år}$
- Ein brønn i Bømoen =
20-30 energibrønner i berg



NB!

Vedlikeholdskostnad $\sim 2\%$ av investeringskostnadene
(kontroll på grunnvasskjemi!)

Prosjekteksempel – Veksthus

- Veksthuset til Mære landbruksskole
- 80% energibesparelse etter installert grunnvarme-anlegg
- 50% høgare produksjon



Prosjekteksempel – Veksthus

- KWR – Nederlandsk vannforskningssenter
- Coppert Crest - ATES (90% energibesparelse)



Prosjekteksempel – Biogassanlegg

- Energibehov: 6 GWh/år
(40 °C og 80 °C)
- Beregna produksjonskostnad grunnvarme: 17 - 24 øre/KWh
- Investeringskostnad varmepumpe: ca. 5-6 mill. (700 kW)
- Krevst fleire undersøkingar for spesifikt energipotensiale



Bømoen (+Voss?) – Ei sandkasse for forskning

Master –
3D-geologisk
modellering av
lausmassar i
Bømoen

Master –
Automatic GPR
structure recognition
using machine
learning
and AI

INWATER
(INtegrated, INtelligent
and INtelligible
management of
groundWATER
resources) – NORCE
(NO, DK, FI, SA ++)

Oppsummering



- Geologisk og hydrogeologisk kartlegging, so langt, syner store naturressursar i Bømoen og ingen geofarar
- Prosjektet legg vekt på ressurskartlegging og geofarekartlegging som del av arealplanlegging. Dette er sjeldan vare!
- Bømoen og Voss kan verte eit prakteksempel på bruk av grunnvassbasert grunnvarme
- I ei grøn omstilling og eit potensielt kraftunderskot vert redusert strømforbruk ved bruk av sekundære energikjelder alf omega



Takk skal du ha

