



# Tunnelprosjekt som energikilde?

## *"Plusstunneler"*

Bærekraftig tunnel og anleggsdrift – hva nå?

Tekna Kursdagene – 11.-12. januar 2023 – Trondheim

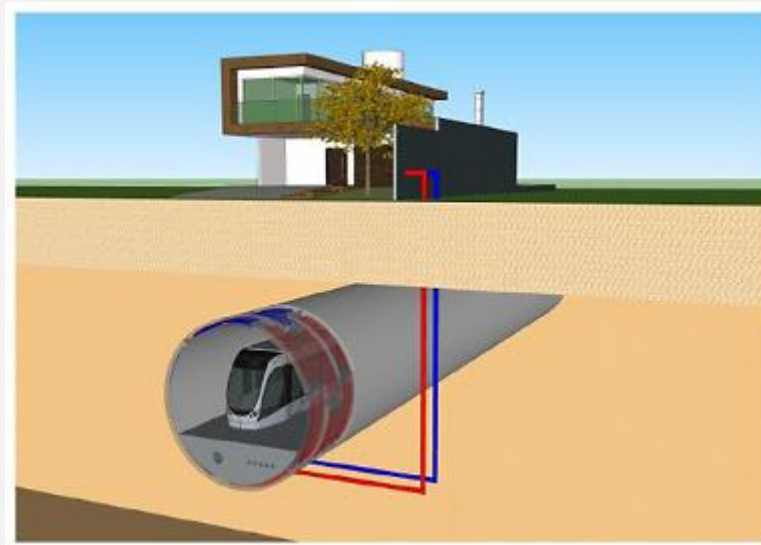
Av: Ph.D. Sondre Gjengedal ([sondre.gjengedal@ngi.no](mailto:sondre.gjengedal@ngi.no))  
NGI Trondheim

# Hva er tunnel-energi?

- Tunnelen benyttes som varmekilde i et grunnvarmesystem:

**Varme** eller **kulde** lagret i tunnelens bergmasse fanges og sendes til f.eks. et bygg i nærheten som har behov for den.

Alle typer tunneler kan nyttes: vei, jernbane, T-bane, kloakk osv. Også haller i berg kan bruke slike system

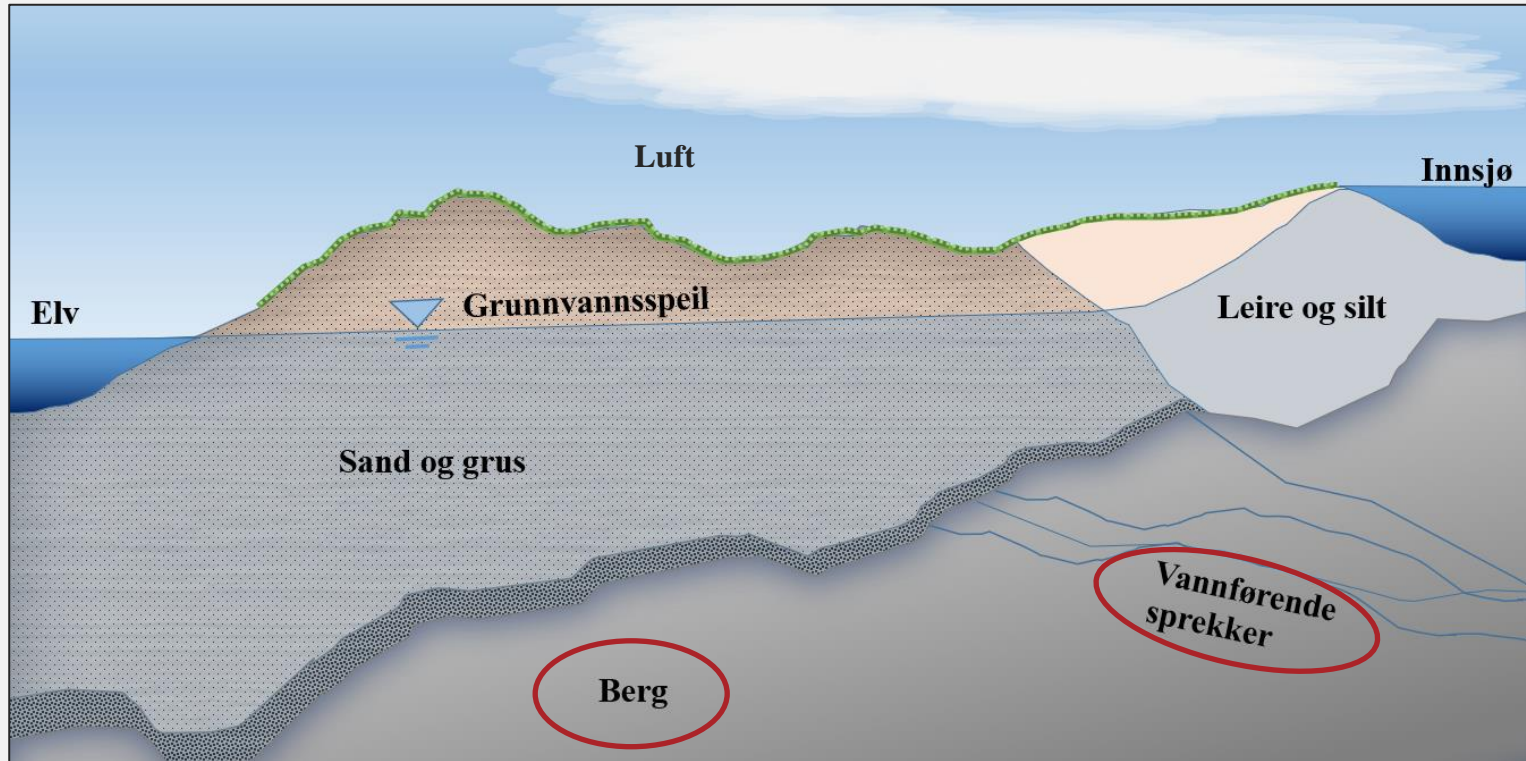


[Barla, M. & Di Donna, A., 2018; Energy tunnels: concept and design aspects, Underground Space, 2018, Vol 3 (4): 268-276]

# Hvorfor grunnvarme fra tunneler?

- ↗ Mangel på strøm i Europa. Sannsynligvis i Norge i fremtiden også.
  - I Norge brukes en stor andel av energi i bygg til oppvarming (og kjøling). Opp mot 70 %
- ↗ Grunnvarme produsere varme og muliggjør:
  - Redusert behov for kjøpt energi i bygg og infrastruktur for brukt til oppvarming
    - mindre avhengig av strøm og petroleumsenergi (olje, gass)
  - Forsyningssikkerhet:
    - Kortreist og lokal energiproduksjon avlaster det nasjonale nettet
  - Energilagring lokalt:
    - Energilagring i perioder med overskuddsenergi ellers i samfunnet
- ↗ Plassmangel for grunnvarmeløsninger i urbane områder:
  - Tunneler er i konflikt med bl.a. energibrønner om bruk av undergrunnens areal
  - Tunneler bygges uansett pga. samfunnsbehov – bør brukes til å dekke flest mulig behov for samfunnet

# Kilder til varme: (alt som har en gunstig temperatur kan brukes)

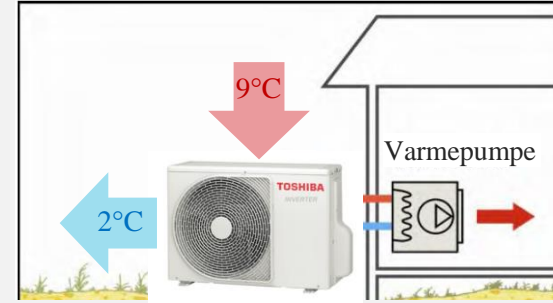
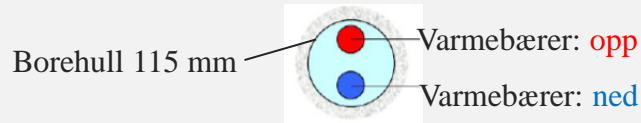


# Mest vanlig grunnvarme-system: Lukket rør i bergbrønn

## Bergbrønn :

- 100 – 250 meter dyp
- 115 – 139 mm diameter
- Termisk kollektor (rør) i et borehull
  - U-tube fylt med vann eller frostvæke
  - Sirkulasjonspumpe driver varmebærer rundt

Enkel U-tube: OD 40 mm – t 2.4 mm



Typisk eksempel:

System med lukket rørkrets i bergbrønn

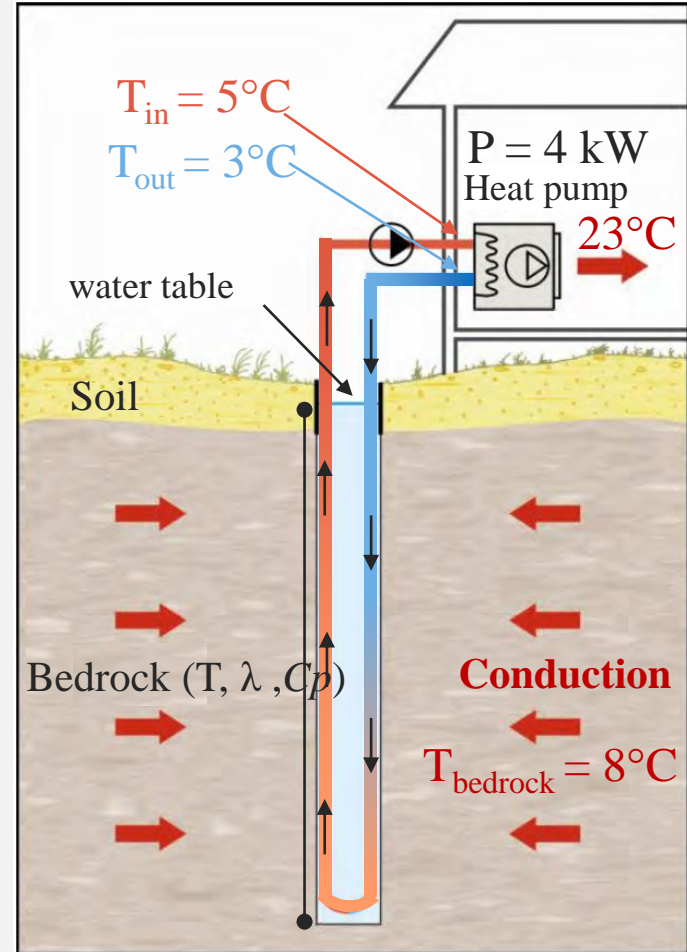
$$P = Q \cdot \Delta T \cdot \rho C_p$$

$$P = 4 \text{ kW}$$

$$Q = 0,5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

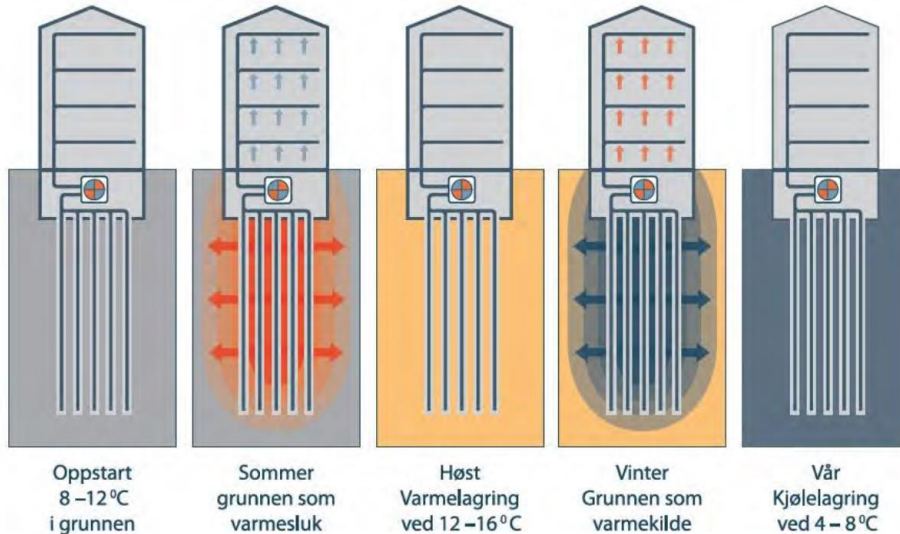
$$\Delta T = 2^\circ\text{C}$$

$$\rho C_p = 3,8 \frac{\text{kJ}}{\text{l} \cdot ^\circ\text{C}}$$

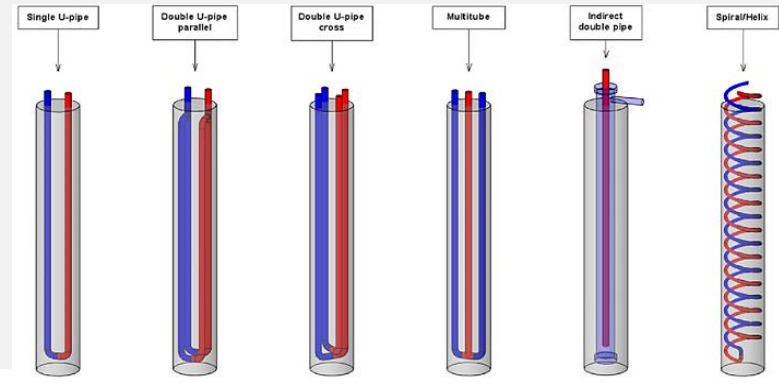


# Andre eksempler:

## Energi-pel



[NVE (2011) Grunnvarme i Norge - Kartlegging av økonomisk potensial. Rapport nr 5/2011]



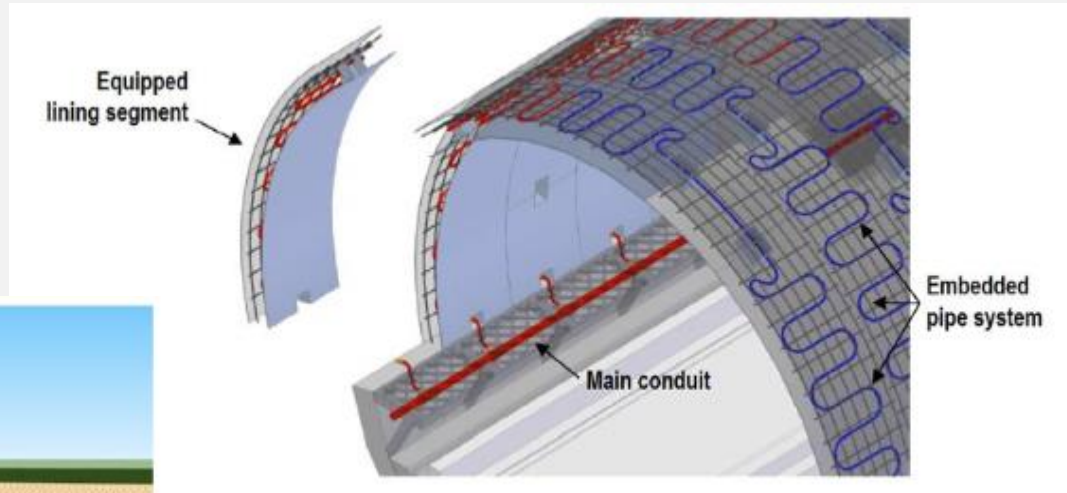
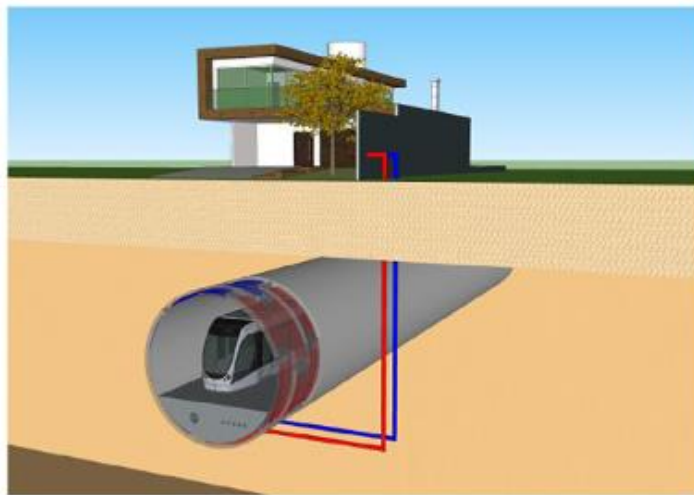
[Fadejev, J et al. (2017) A review on energy piles design, sizing and modelling. Engineering, Environmental Science. Volume 122



# Energi-tunnel – Torino i Italia: 10 km T-bane

Byggeskikk og brukerbehov avgjør

- Rørføringer blir tilpasset utformingen på tunnelen – «skreddersys»



[Barla, M. & Di Donna, A., 2018; Energy tunnels: concept and design aspects, Underground Space, 2018, Vol 3 (4): 268-276]

[Barla, M. & Di Donna, A., 2018; Energy tunnels: concept and design aspects, Underground Space, 2018, Vol 3 (4): 268-276]

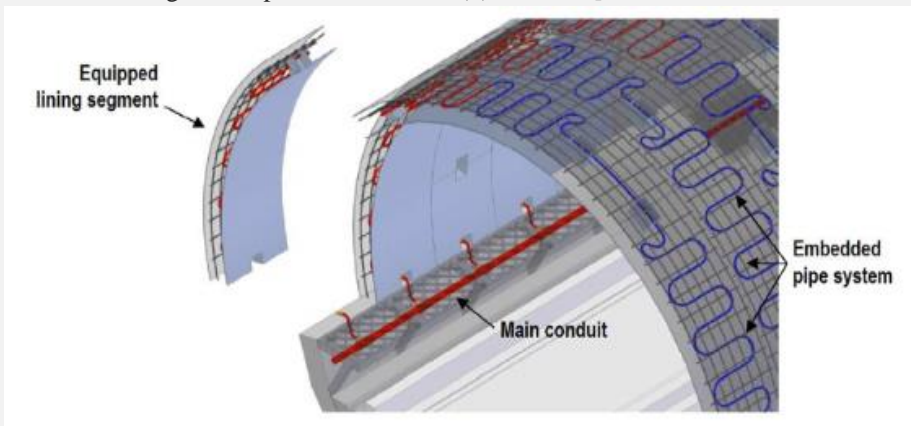


# To typer energi-tunnel:

[Barla, M. & Di Donna, A., 2018; Energy tunnels: concept and design aspects, Underground Space, 2018, Vol 3 (4): 268-276]

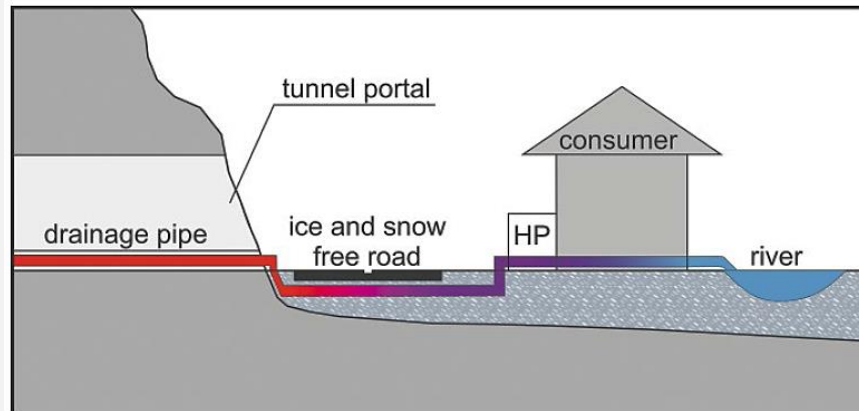
Indirekte systemer:

Lukket rørsystem i tunnelvegg

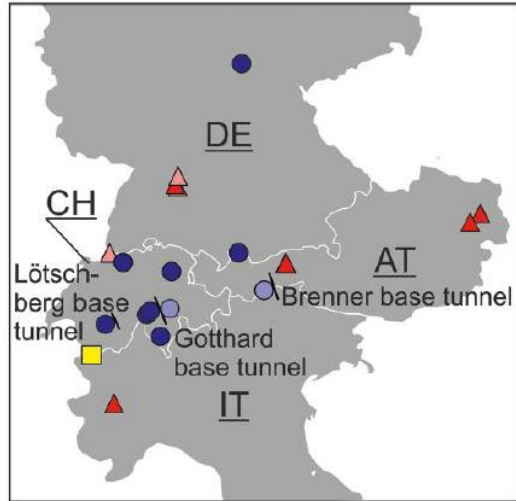


Direktesystemer:

Åpent rørsystem for drenasjevann



# Status i Verden: 24 tunneler er eller blir «aktivert»



**Tunnel geothermal systems**

1 3 5 9 ● Hydrothermal ■ Tunnel air ▲ Absorber

**Fig. 5** Global distribution of tunnel geothermal systems. The color fill of the countries represents the corresponding number of installed or planned/evaluated tunnel geothermal systems. The symbols with light colors mark the planned or evaluated systems.



**Fig. 4** A thermally activated tunnel lining segment with embedded absorber pipes during its construction (modified from [4]).

[Stemmler, R., Menberg, K., Rybacj, L., Blum, P., 2022; Tunnel geothermics – A review, Geomechanics and Tunneling 15 (1)]

# Norsk modell for energi-tunnel ?

Nye tunneler:

Kan skreddersys fra start

Gamle tunneler:

Må tilpasse løsning

Viktigste:

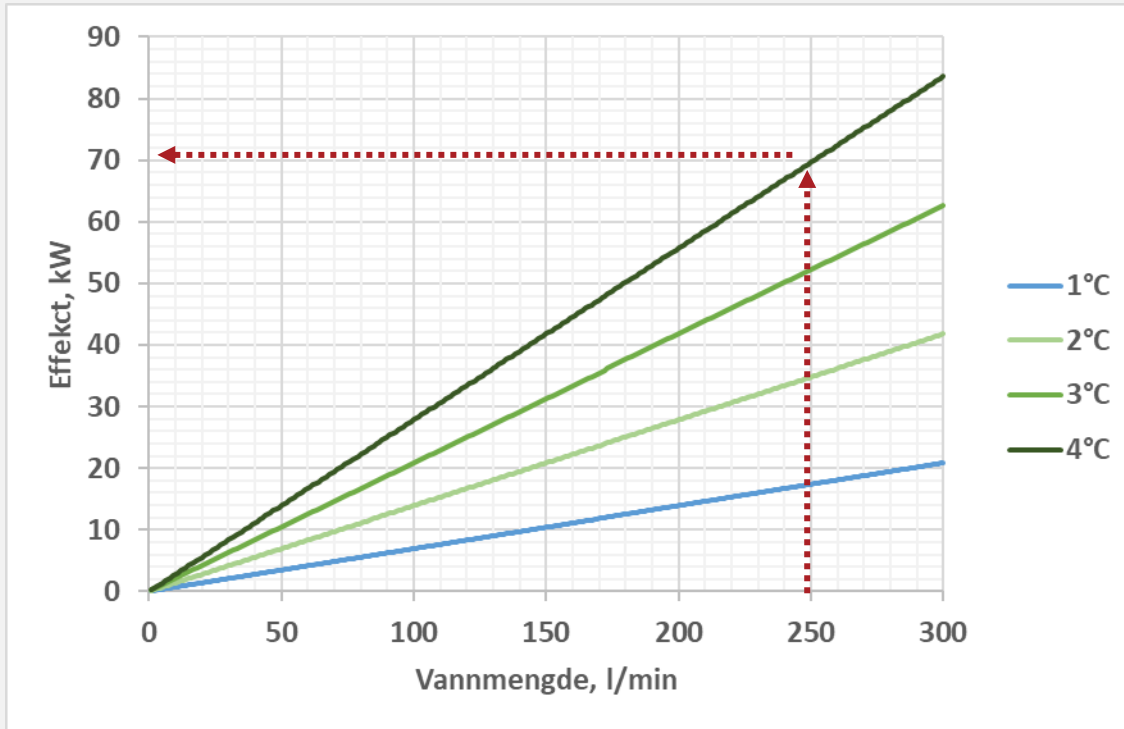
Er det et behov for oppvarming / kjøling  
i tunnelen eller i nærområdene rundt?

Snøsmelting? Trafostasjon? Nabo-bygg?



# Potensialet i tunnelvannet:

$$P = Q \cdot \Delta T \cdot \rho C_p$$



# Potensialet i Norge?

(NB: teoretisk konservativt eksempel)

## Indirekte systemer:

1000 km vei-tunnel  
2 kW per 100 meter tunnel  
20 MW for veitunneler i Norge  
> 80 GWh per år

> 7 000 boliger ( 15000 kWh per bolig)

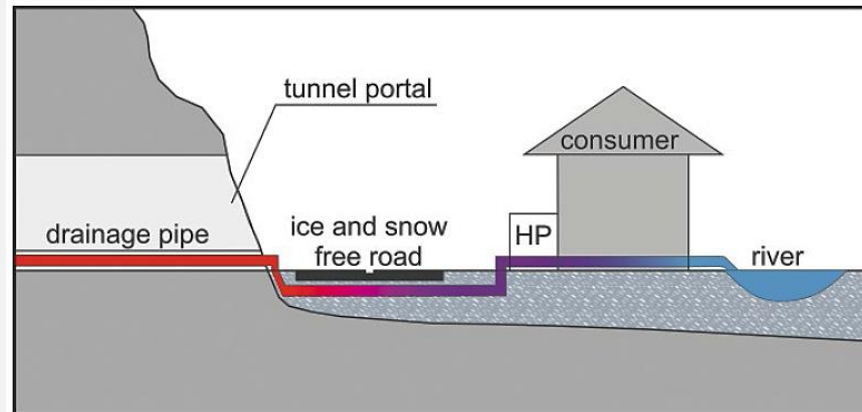
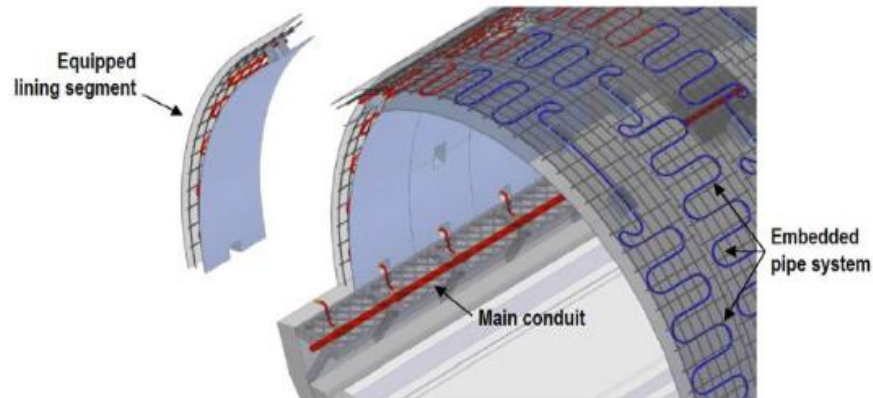
## Direktesystemer med drenasjevann:

1000 km vei-tunnel  
6 liter per minutt / 100 meter tunnel  
16 MW for veitunneler  
> 66 GWh per år

> 5 800 boliger ( 15000 kWh per bolig)

(NB: Hvis det er behov i nærområdene rundt tunnelene)

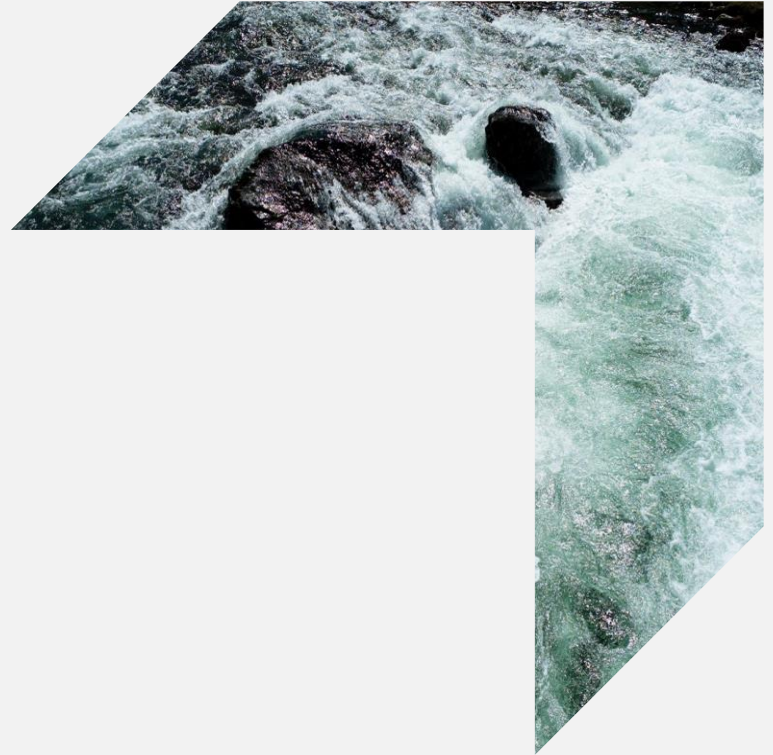
[Barla, M. & Di Donna, A., 2018; Energy tunnels: concept and design aspects, Underground Space, 2018, Vol 3 (4): 268-276]



[Stemmler, et al., 2022; Tunnel geothermics – A review, Geomechanics and Tunneling 15 (1)]

# Pågående aktivitet:

- NGI, Forsvarsbygg og Trøndelag Fylkeskommune:
  - Søkte Norges Forskningsråd (NFR) i 2022 om bevilgning til innovasjonsprosjekt på tema
  - Oppstart i 2023 hvis dette bevilges.
  - Fokus på eksisterende tunneler
  - Prøvde lenge å få med andre partnere...
  
- Bransjen må med for å få på plass konseptet i ny og gamle tunneler!





# Takk for meg!

Bærekraftig tunnel og anleggsdrift – hva nå?

Tekna Kursdagene – 11.-12. januar 2023 – Trondheim

Av: Ph.D. Sondre Gjengedal ([sondre.gjengedal@ngi.no](mailto:sondre.gjengedal@ngi.no))  
NGI Trondheim