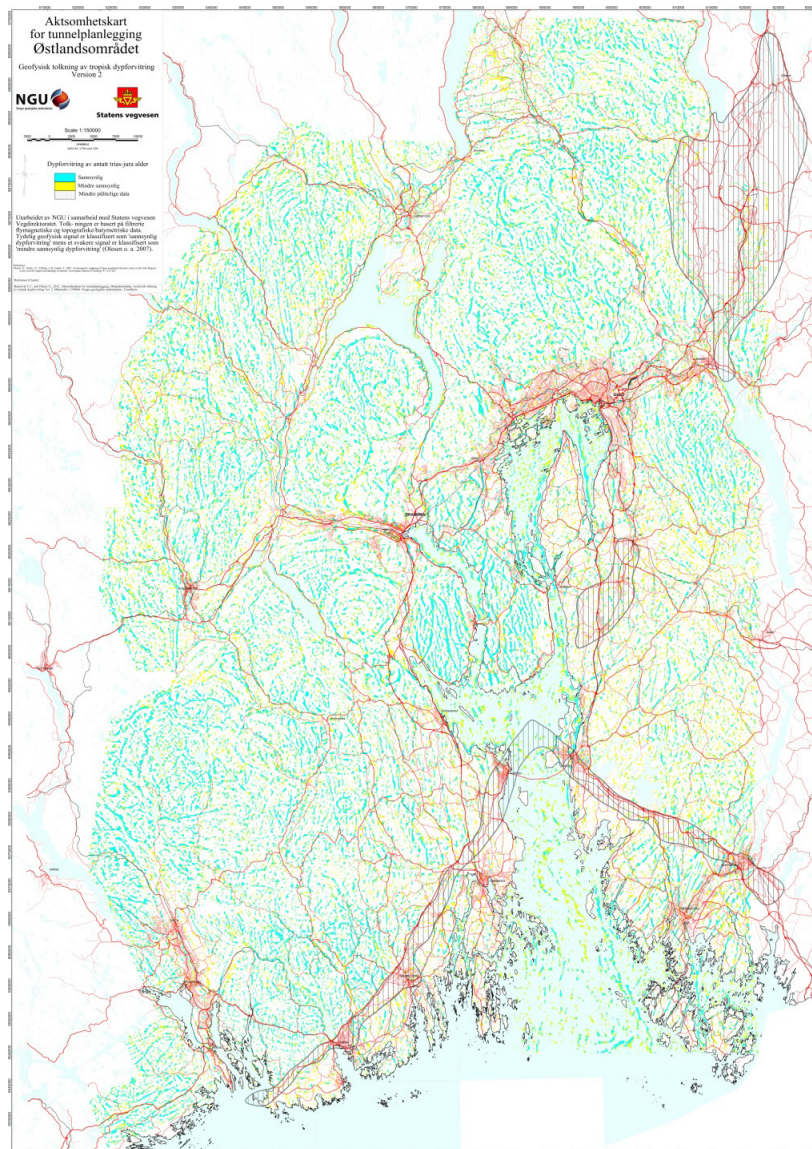


## AKTSOMHETSKART FOR TUNNELPLANLEGGING

Kartet viser soner der det sannsynligvis er svakhetssoner i fjellet, som er forårsaket av dypforvitring. Det er et hjelpemiddel for planlegging av tunneler, fjellhaller mv. Kartet er fremstilt ved å samtolke magnetiske data målt fra fly- og helikopter med digital topografi. Der begge disse datasettene viser lave verdier, kan det være dypforvitrede soner som skaper problemer ved tunneldriving. Ved flere tunnelprosjekter med til dels store drivingsproblemer, har en i ettertid kunnet påvise disse sonene ved bruk av aktsomhetskartet.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) publiserte det første "Aktsomhetskart for Tunnelplanlegging, Østlandet" i 2006 (Olesen 2006). Andre versjon med forbedret metodikk og utvidet område blir i 2013 lagt ut som nedlastbar versjon på nettet i samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet.



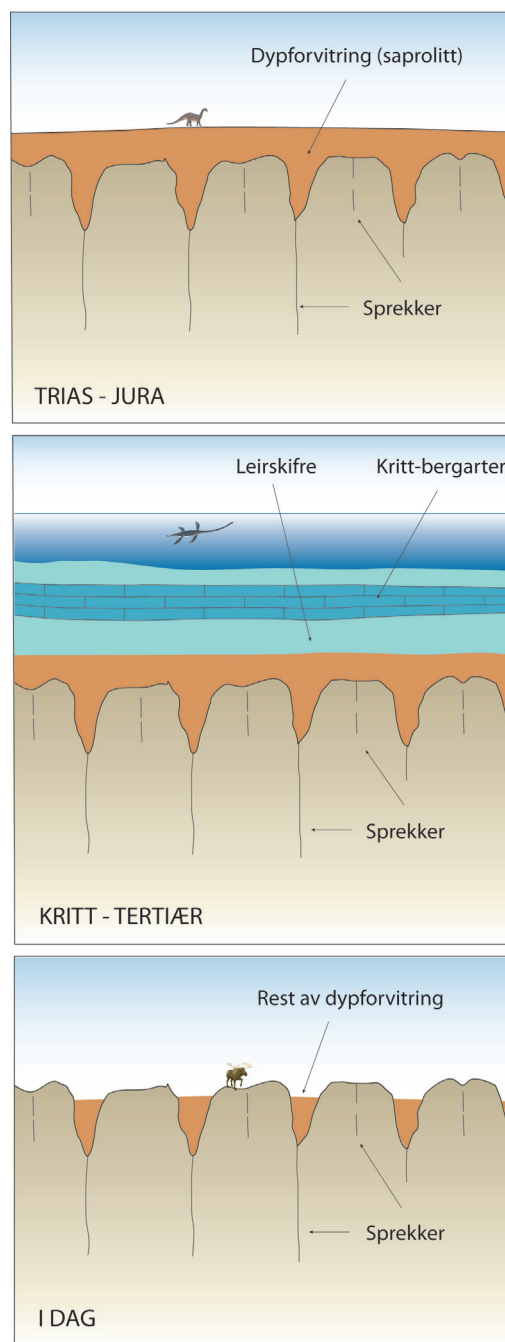
Aktsomhetskart for tunnelplanlegging Østlandet, Versjon 2. .



## Metode

Aktsomhetskart for tunnelplanlegging produseres med utgangspunkt i magnetiske data målt fra fly og helikopter og digital topografi. Etter å ha filtrert dataene sammenlignes områder som både har et lavere magnetfelt og depresjoner i terrenget. Der begge disse datasettene gir respons, angis sannsynlig og mindre sannsynlig dypforvitring, avhengig av hvor sterk responsen er. Metoden er blitt kalt AMAGER (AeroMagnetic and GEomorphological Relations, Olesen et al 2007).

Dypforvitring ble dannet i den tiden Norge lå i subtropisk klima på breddegrader tilsvarende Middelhavet nå i dag, i Trias og Jura (ca. 250 – 150 mill. år). Berggrunnen ble utsatt for surt overflatevann som gav en kjemisk forvitring i sprekker i fjellet der bl.a. feltspat ble omvandlet til leirmineraler og magnetitt til mindre magnetiske jernoksyder bl.a. jernhydroksyder (rust). I soner som på forhånd var oppsprukket, trengte denne forvitringen dypere, derav navnet dypforvitring. Forskning har vist at disse sonene kan strekke seg flere hundre meter ned i fjellet. Etter forvitringsprosessen ble det omvandlede materialet bevart under sedimentære bergarter som i stor grad ble erodert vekk ved senere istider. Resultatet er at vi i dag sitter igjen med dypforvitring i soner, og stedvis bevart forvitret materiale på overflaten (Olesen m.fl. 2012).



Skjematisk fremstilling av hvordan dypforvitring forekommer (etter Lidmar-Bergström, 1995).

Kjemisk omvandling av bergarter med magnetitt gjør bergarten mindre magnetisk. En slik omvandling - i tillegg til oppsprekking konsentrert i soner - svekket berggrunnen og gjorde den lettere å erodere under istidene, noe som resulterte i lavere terreng som daler.





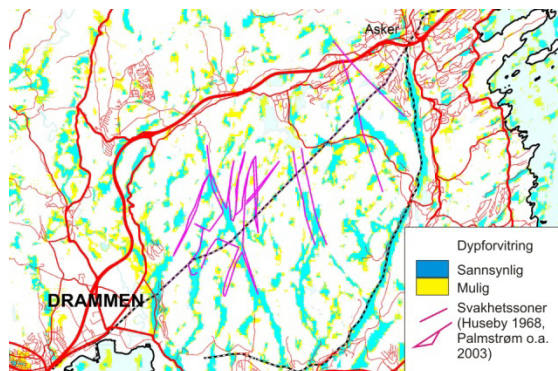
*Eksempel på sprekkesone med forvittringsmateriale ved Rv 23 i Røyken, Asker. Foto av Odleiv Olesen.*

Det er blitt hevdet at enkelte soner som er påvist med AMAGER-metoden er soner med hydrotermal omvandling (varme væsker fra dypet) og også eroderte soner som er gjenfylt med grusige masser. Begge disse prosessene gir lavere magnetfelt, og anvendelsesområdet for metoden kan derfor utvides.

### Betydning for tunnel drivere

For tunnel drivere kan disse dypforvitrede sonene opptre som brede leiromvandlede soner med dårlig stabilitet. Dypforvittringssonene kan også opptre som soner med økt permeabilitet og derved gi større problemer med vanninntrenging under tunnel driving. I samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet har NGU

gjort oppfølgende undersøkelser med resistivetsmålinger på noen dypforvitrede soner (Olesen & Rønning 2008, Rønning m.fl. 2007 og 2010). Generelt kan en si at det er meget godt samsvar mellom dypforvitrede soner påvist med AMAGER-metoden og respons på resistiviteten.



*Lieråstunnelen mellom Asker og Drammen, påbegynt i 1962, men etter 5 års drift var bare halve tunnelen sprengt ut pga store problemer med en sone med mye leire som førte til ras i tunnelen og vannlekkasje.*

### Svakheter

I enkelte områder kan det være andre grunner til sammenfallende lavt magnetfelt og lavt terreng uten at dette nødvendigvis gir dårlig fjell. Lavmagnetiske ganger og kalderaer i Vestfold og Buskerud kan være eksempler på dette.

Grunnlaget for analysene bygger på datasett med celledimensjon 25 x 25 meter (topografi) og 50 x 50 meter (magnetiske data), og kartet er fremstilt i målestokk 1:150.000. Dette betyr at metoden ikke kan påvise tynne soner som likevel kan gi drivingsproblemer.



For å kunne benytte AMAGER-metoden, er en avhengig av at bergarten i utgangspunktet har et visst innhold av magnetitt. Dette betyr at metoden kan feile i områder med bergarter som i utgangspunktet hadde et lavt innhold av dette mineralet.

Gangbergarter som har permanent magnetisering tilnærmet i motsatt retning av jordens magnetfelt (remanent magnetisering) kan gi lavere magnetfelt som kan feiltolkes som svakhetssoner.

Områder med tykke løsmasser vil viske ut det opprinnelige topografiske relieff og metoden vil feile. Dette er områder der det sjeldent er aktuelt å bygge tunneler.

I områder med spesielt sterkt topografisk relieff, kan det være vanskelig å få konstant målehøyde fra fly og helikopter. Dette kan resultere i lavere magnetfelt som i sin tur feilaktig indikerer dypforvitringssone.

På grunn av disse svakhetene, må "Aksomhetskartet" benyttes med fornuft. Kartet er ment som en påminnelse om at på angitte steder kan være soner som må kartlegges i mer detalj.

## Fakta om dataene






Tolkingene er delt inn i to klasser; **Sannsynlig dypforvitring** og **Mindre sannsynlig dypforvitring**. Disse tolkningene er basert på magnetiske data målt fra fly eller helikopter som er griddet med en celledørrelse 50x50 meter og topografi/batymetri som er griddet sammen med en celledørrelse på 25x25 meter for sentrale Østlandet. Alle data ble filtrert med et 1 km

gaussisk høypassfilter (1km), og de magnetiske data ble deretter behandlet med "automatisk gain correction" (AGC) som gjør at svakhetssoner i områder med lavt magnetfelt fremheves bedre. Disse korrigerte data ble så analysert, og områder med større terrengdepresjon enn 5 meter og svekking av magnetfelt på mer enn 100 nT ble karakterisert som **Sannsynlig dypforvitring**. Områder der terrengdepresjonen er mellom 2 og 5 meter og svekkingen av magnetfeltet ligger mellom 0 og 100 nT ble karakterisert som **Mindre sannsynlig dypforvitring**. Områder der løsmassene er meget tykke blir denne analysen usikker (manglende terrengrelieff) og tolkingene her er markert som usikre. Hvordan kartet er fremstilt er nærmere beskrevet i Baranwal m.fl., (2013).

Datasettet som er lagt ut for nedlasting på Internett er delt inn i 5 klasser; **Sannsynlig** og **Mindre sannsynlig dypforvitring** og **Usikre data**. Der datagrunnlaget er usikkert på grunn av blant annet tykke løsmasser er områder hvor det antydes dypforvitring blitt skravert og fått klassene; **Sannsynlig dypforvitring; usikre data**, **Mindre sannsynlig dypforvitring; usikre data**.

Eksempel på symbolbruk for klassene. Felt med skravur har ikke bakgrunnsfarge.

### Aksomhetskart for tunnelplanlegging

-  Sannsynlig dypforvitring
-  Mindre sannsynlig dypforvitring
-  Sannsynlig dypforvitring; usikre data
-  Mindre sannsynlig dypforvitring; usikre data
-  Usikre data



## Referanser

Vikas Baranwal, Odleiv Olessen & Jan S. Rønning. 2013. Preparation of Action map for tunnel planning in the South-Eastern Norway: An indication of deep-weathered weak zones. NGU report 2013.003. Geological Survey of Norway, Trondheim.

Lidmar-Bergström, K. 1995. Relief and saprolites through time on the Baltic Shield. *Geomorphology*, 12, 45-61.

Olesen, O. 2006: Aktsomhetskart for tunnelplanlegging, sentrale Østlandet, geofysisk tolkning av tropisk dypforvitring. Målestokk 1:100.000. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.

Olesen, O., Dehls, J.F., Ebbing, J., Henriksen, H., Kihle, O. & Lundin, E. 2007: Aeromagnetic mapping of deep-weathered fracture zones in the Oslo Region – a new tool for improved planning of tunnels. *Norwegian Journal of Geology*, vol. 87, pp. 253-267. Trondheim 2007. ISSN 029-196X

Olesen, O. & Rønning, J.S. 2008: Dypforvitring: fortidens klima gir tunnelproblemer, i *Gråsteinen 12: Geologi for samfunnet i 150 år - arven etter Kjerulf*. Norges geologiske undersøkelse.

Olesen, Odleiv; Bering, Dag; Brønner, Marco; Dalsegg, Einar; Fabian, Karl; Fredin, Ola; Gellein, Jomar; Husteli, Berit; Magnus, Christian; Rønning, Jan Steinar; Solbakk, Terje; Tønnesen, Jan Fredrik; Øverland, Jon Arne. 2012. Tropical weathering in Norway, TWIN final report. NGU-rapport 2012.005

Rønning, J. S., Olesen, O., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Gellein, J., 2007: Dypforvitring i Oslo-regionen. Påvisning og oppfølgende undersøkelser. NGU-rapport 2007.034. Norges geologiske undersøkelse.

Rønning, J. S., Dalsegg, E., Heincke, B., Olesen, O., Tønnesen, J.F., 2010: Geofysiske målinger over tunneler ved Hanekleiv, Ravneheia og Vadfoss. NGU-rapport 2009.040. Norges geologiske undersøkelse.