

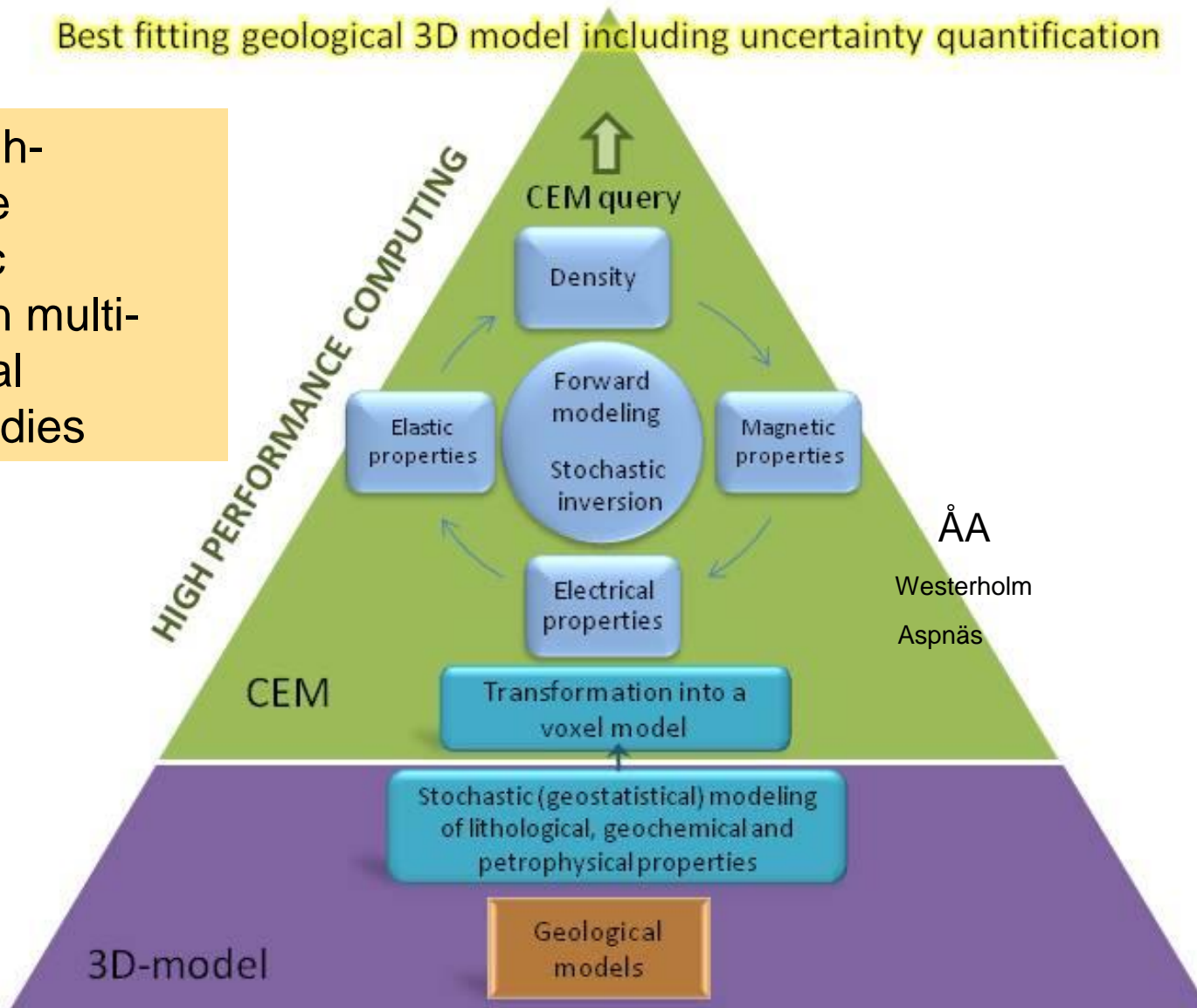
Best fitting geological 3D model including uncertainty quantification

GECCO High-performance geoscientific computing in multi-scale mineral potential studies

GTK

- Laine
- Aatos
- Heinonen
- Korhonen
- Markovaara-Koivisto
- Suppala
- + GTK geologists!

Finnish Academy
2015-2019



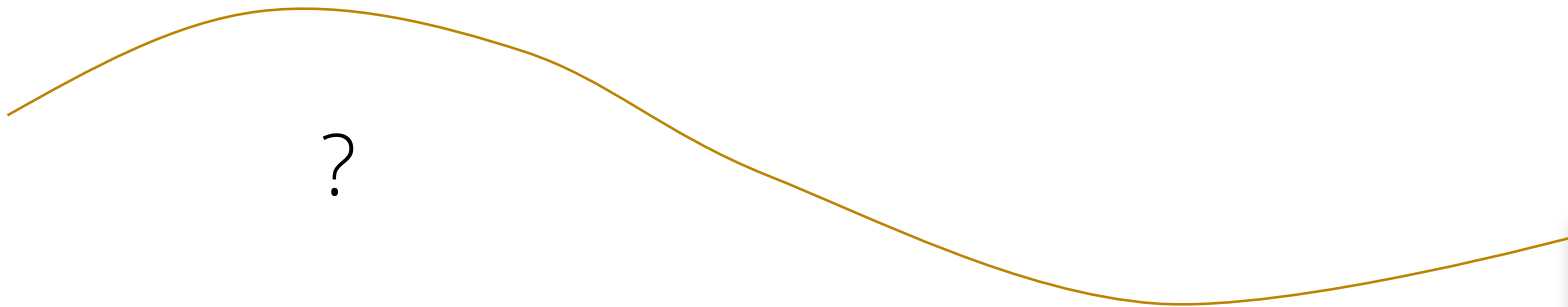
CEM=Common Earth Model. The term "common earth model" is a new concept in the multi-disciplinary integration of data and work processes. 3D earth modelling computer systems make it possible to share common digital 3D representations of the subsurface and to incorporate rapidly new information into existing models.

GECCO High-performance geoscientific computing in multi-scale mineral potential studies

- Suomen Akatemian hanke 1.9.2015-31.8.2019
- Suomen akatemian ohjelma: Mineraalivarat ja korvaavat materiaalit (MISU)
- Tutkimus on Åbo Akademin suurteholaskennan laboratorion ja GTK:n yhteistyöprojekti
- Koko projektin vetäjä on Åbo Akademin professori Jan Westerholm ja GTK:n osuudesta vastaa erikoistutkija Eevaliisa Laine (KAS)
- Kansainvälinen yhteistyö: Mark Lindsay (UWA), Kerstin Saalman (NGU) ja Uppsalan yliopisto
- Tärkeä kotimainen yhteistyö Pyhäsalmen kaivoksen kanssa (Timo Mäki)
- Vuosittaiset tutkijavierailut Uppsalaan (Suvi Heinonen) ja Trondheimiin (Eevaliisa Laine)
- 3D Nordmin workshop 2016 Trondheimissa, 3D workshopit Suomessa 2017 ja 2018 Outokummun, Pyhäsalmen tai Kopparnäsin alueilla
- Tämä projekti yhdistää suurteholaskennan ja geomallinnuksen huippuosaamista. Tavoitteena on kehittää työkaluja nopeampaan geologiseen mallintamiseen tehokkaassa laskentaympäristössä. Hankkeessa luodaan tehokkaita koodeja geotieteelliseen laskentaan. Valmistuessaan projektin työkalut tulevat julkiseen käyttöön.
- Käytettävät tietokoneet: 3D-tilan Linux-työasema, jossa uusi grafiikkakortti, CSC:n koneet ja Åbo Akademin tietokoneet ja uudet Windows-työasemat (monta prosessoria ja hyvä näyttökortti)

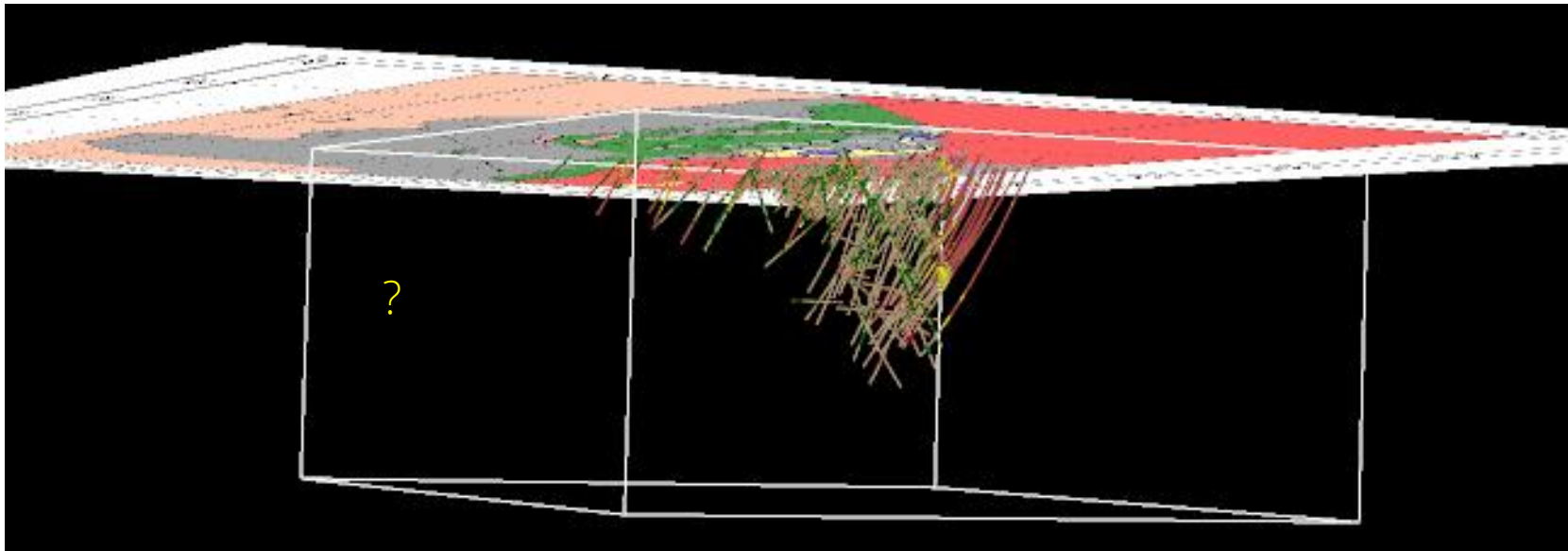
Stochastic methods within 3D geological modelling

- Geological observations, geophysics, drill core logs
- Geological expertise for building possible 3D models, there might be several probable ones
- Improving and validating 3D models using different kind of physical measurements such as measured potential fields, seismic profiles, hydrogeological data, ...
- The best solution (3D model) may be obtained
 - By minimizing the misfit function
 - By stochastic inversion



Why a stochastic approach ? Description of the geological problem.

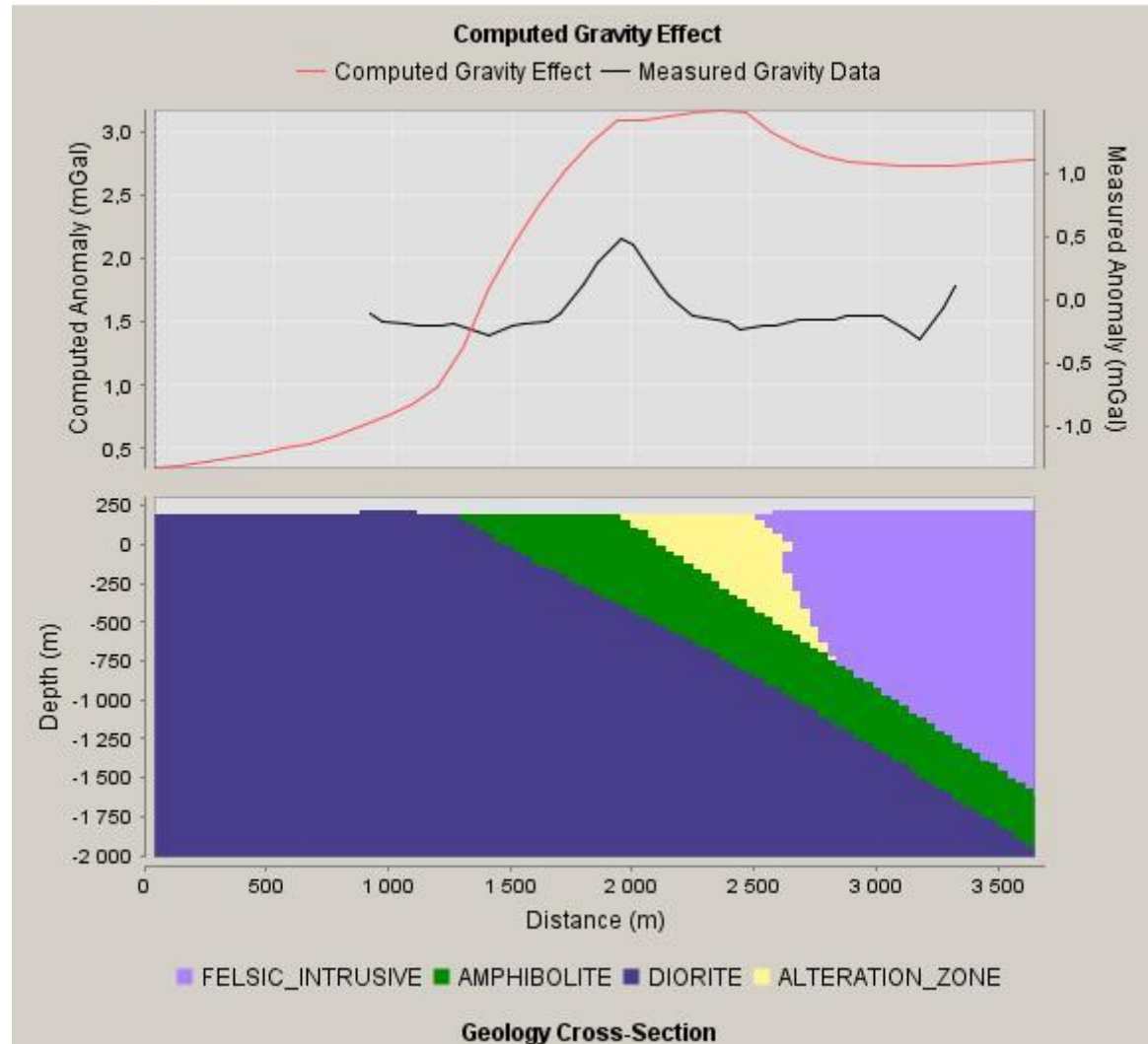
One must often build a 3D model based on sparse and clustered data. Moreover, in Finland the topography is flat, so that very little 3D information can be obtained from surficial observations. Deterministic methods give one possible model from many probable ones.



Geophysical inversion

Gravity on GPH1

1 of 1 ← →

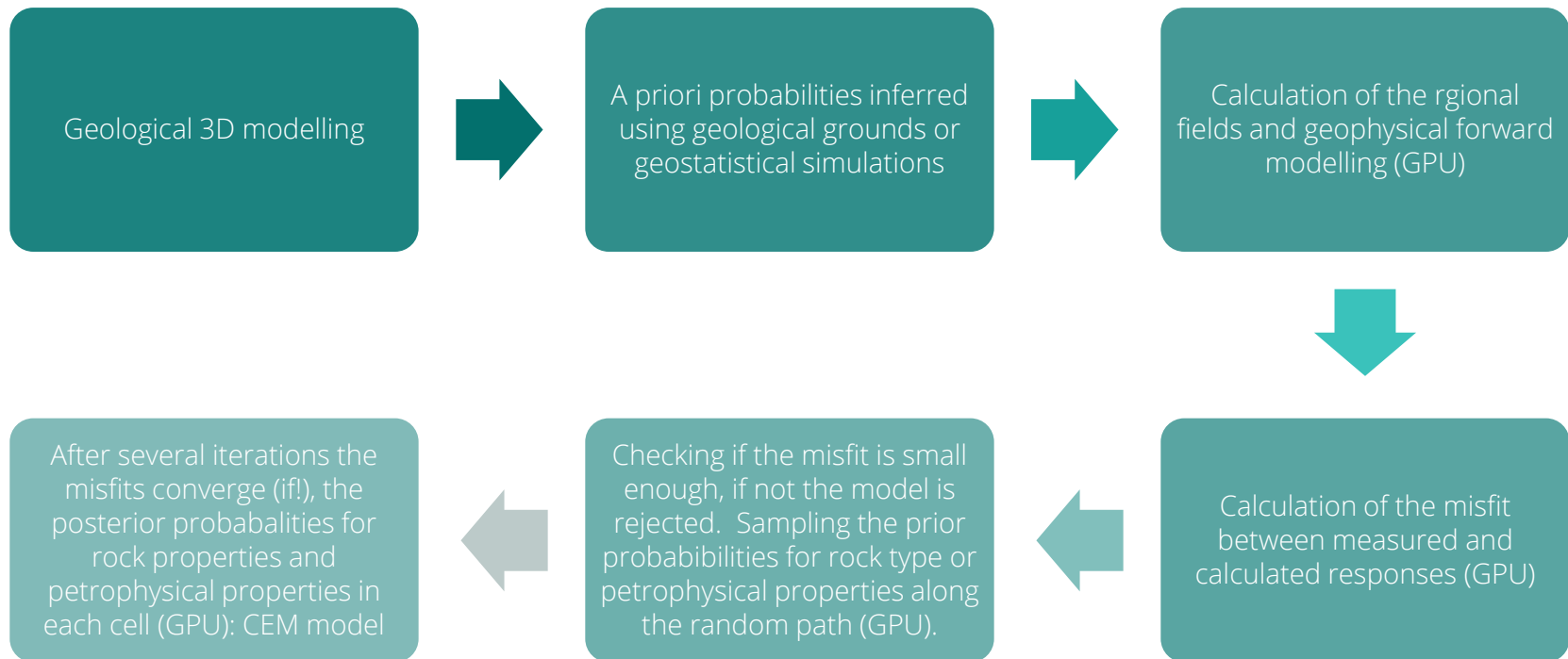


Why using the geophysical stochastic inversion?

- The aim is to minimize the misfit = measured – calculated potential field
- Optimizing produces continuous distribution of petrophysical properties, it is not possible to handle discontinuities typical for crystalline bedrock in Finland
- Stochastic approach makes it possible to
 - honor discontinuities
 - to take into account complicated anisotropic petrophysical properties (remanence)
 - easier to handle joint inversion

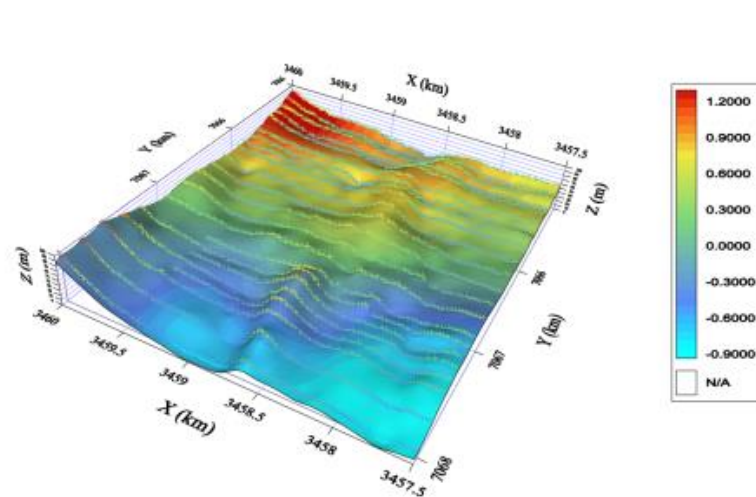


GECCO workflow for stochastic inversion

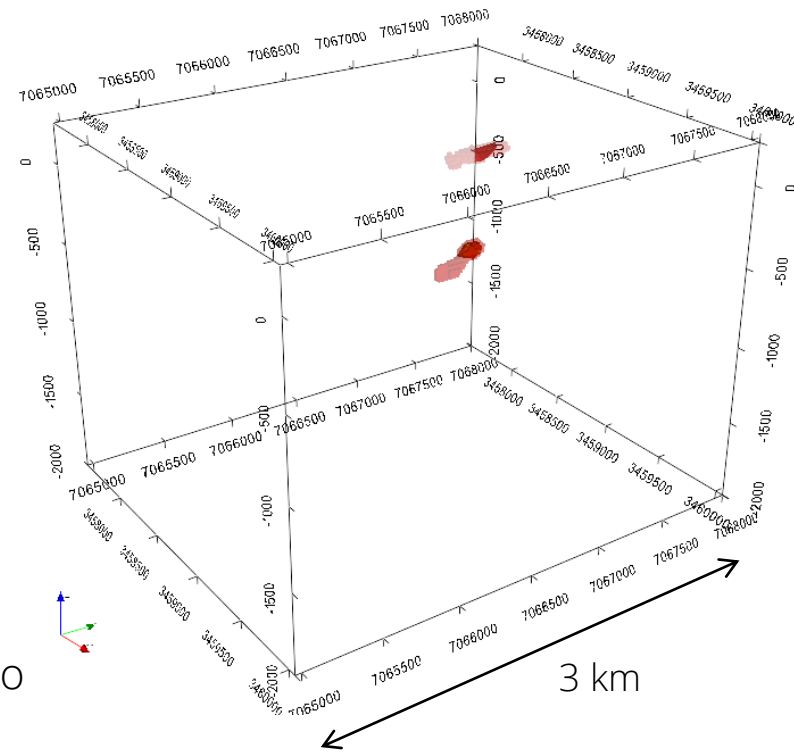


Laskentanopeuksista

Ensimmäiset Åbo Akademiassa tehdyt laskennalliset tulokset osoittavat, että GPU-laskenta voi nopeuttaa painovoiman suoraa mallinnusta yli 100 kertaisesti.



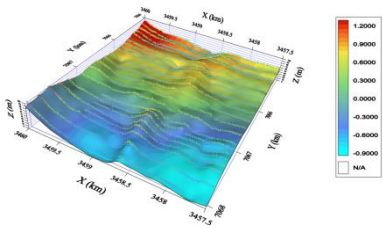
Esimerkki teholaskennan tarpeellisuudesta: tavallisella työasemalla ja Geomodeller-ohjelmistolla tehty Mullikkorämeen painovoima-anomalioiden stokastinen inversio GeoModeller-ohjelmistolla kestää 24 tuntia.



Lähde: Eevaliisa Laine, Jan Westerholm, Soile Aatos, Mats Aspnäs, Johan Grönroos, Suvi Heinonen, Kimmo Korhonen, Mira Markovaara-Koivisto ja Ilkka Suppala. High-performance geoscientific computing in multi-scale mineral potential studies. Bulletin of The Geological Society of Finland, Special Volume. Abstracts of the 32nd Nordic Geological Winter Meeting 13th-15th January 2016, Helsinki, Finland.

Stokastinen inversio ja CEM-mallinnus

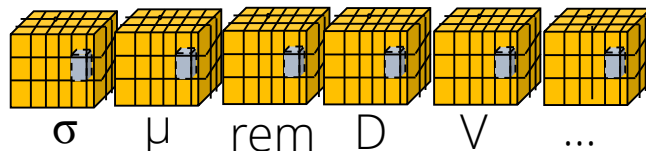
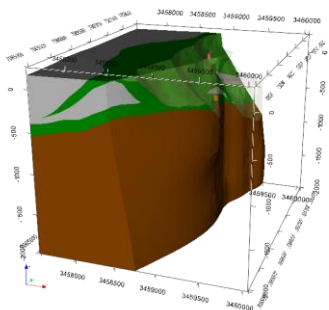
Nopea laskenta mahdollistaa a priori tietoihin ja erilaisiin hypoteeseihin perustuvien geologisten mallien reaaliaikaisen testauksen ja mallinnuksen !



Geofysikaalinen stokastinen inversio ja 'Common Earth' -mallinnus

Geologiset mallit, erityisesti kivilajikontaktit, kivilajimuodostumien muoto ja asento sekä näihin liittyvät epävarmuudet lähtötietoina

Suora mallinnus (painovoima, magneettinen, EM, seisminen), todennäköisimpien mallien valinta



- Geologisissa malleissa tutkittavana mm. tietyt kivilajikontaktit, malmimuodostuman koko, malmiesiintymälle tyypilliset ominaisuudet, tietyntyyppisten tai muotoisten muodostumien lukumäärä ja suuntaus, myös epäsuorasti kalliomekaaniset ominaisuudet, jotka perustuvat rakoiluun ja kivilajiin
- Malminetsinnän lisäksi sovellettavissa sijoitustutkimukseen, kalliorakentamiseen ja taajamageologiaan
- Tuloksena litologinen vokseliesitys ja arvio luotettavuudesta mallin eri pisteissä