

. ppt bildmaterial till yttrandet av

NACKA TINGSRÄTT  
Avdelning 4

INKOM: 2017-09-10  
MÅLNR: M 1333-11  
AKTBIL: 652

# H e r b e r t   H e n k e l

Mål M 1333-11

*an English version follows the Swedish*

# Herbert Henkel

## *Uppsala Universitet*

Matematik

Kemi

Geodesi

Tyngdkrafts- och  
magnetiska mätningar

Invers utjämnning av geodetiska  
nät

## *Århus Universitet*

Mineralogi

Petrografi

Tektonik

Tillämpad geofysik

Petrofyik

Geolektriska mätningar

3-d modellering av magnet-  
och tyngdkraftsanomalier

1<sup>e</sup> Statsgeofysiker SGU

Nordkalottprojektet geofysiska kartor

EGS European Geotraverse  
integrated modelling of the  
Fennoscandian lithosphere

Universitetslektor KTH

Fjärranalys och digital bildbehandling

Geotermiska energiresurser

Gästforskare Univ. of the  
Witwatersrand

Integrerad modellering av Vredefort  
och Morokweng strukturen

Docent Stockholm Universitet

Historisk och allmän geologi

## Viktiga forskningsresultat

Sambandet mellan oxidation och  
magnetisk susceptibilitet i sprickzoner

Systematisk tolkning av flygmagnetiska  
data för kartläggning av sprickzoner

Geologisk modell över  
Vredefortstrukturen mfl

Utbredningen av impakt inducerad  
brecciering i kraterstrukturer

Integrerad geofysisk modell av  
jordskorpan utmed Blå vägen geotravers

Kartläggning av geotermiska  
energiresurser i Bangladesh

De nyskapade radioaktiva isotoperna i utbränt kärnbränsle är kemiskt lika de naturliga till vilka biologin är anpassad till

Dessa isotoper måste därför

- hanteras isolerat från biosfären
- slutförvaras utanför biosfären och
- utanför området med rörligt grundvatten som står i förbindelse med biosfären

Mängden avtar exponentiellt men är inte 0 ens efter 100 000 år

*METODPROBLEM*

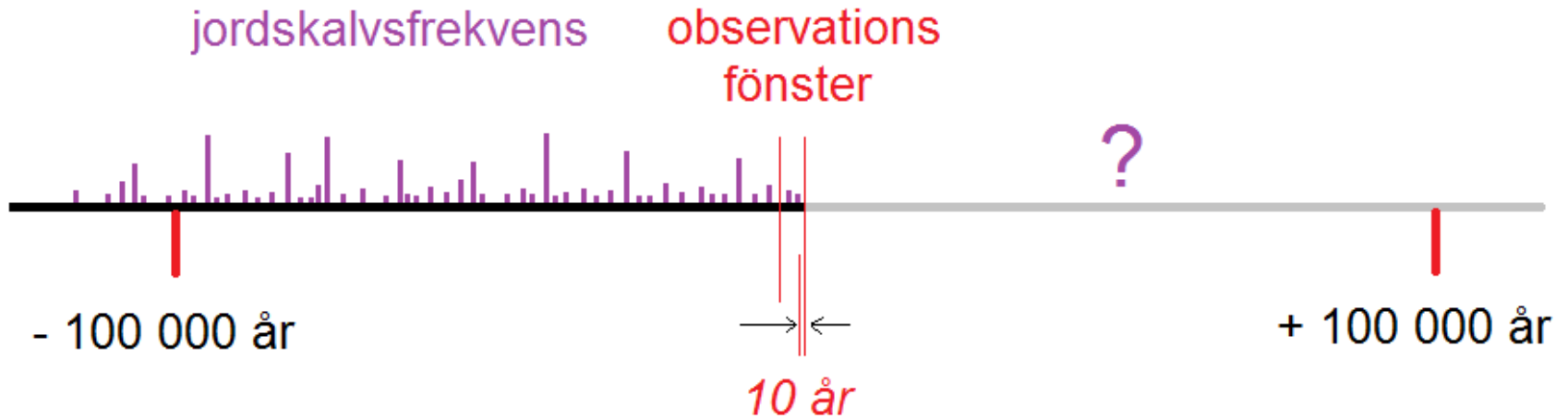
*LOKALISERINGEN*

*INKAPSLINGEN*

*UTFORMNINGEN*

# METODPROBLEM

Att göra en prognos med  
data från 100 år till 100 000 år



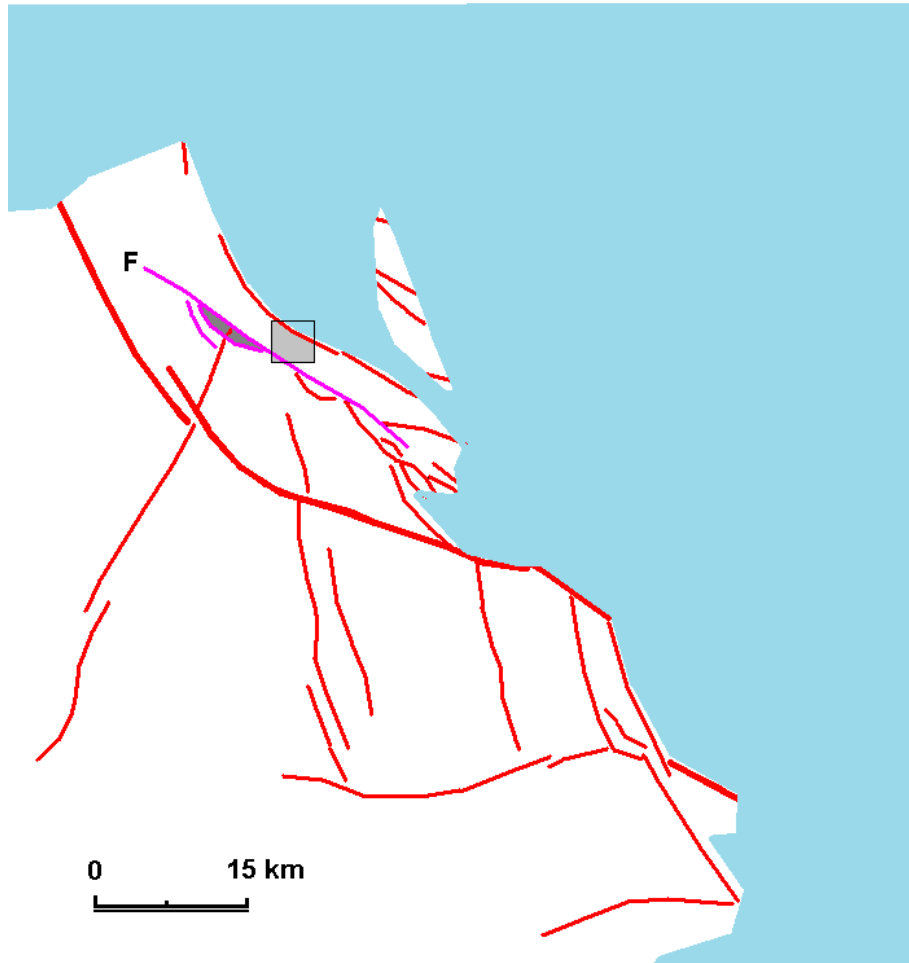
deformation  
 $0.1 \text{ mm} / \text{år}$   
år

jordskalvsfrekvens  
 $1 / 100 \text{ år}$

resultat

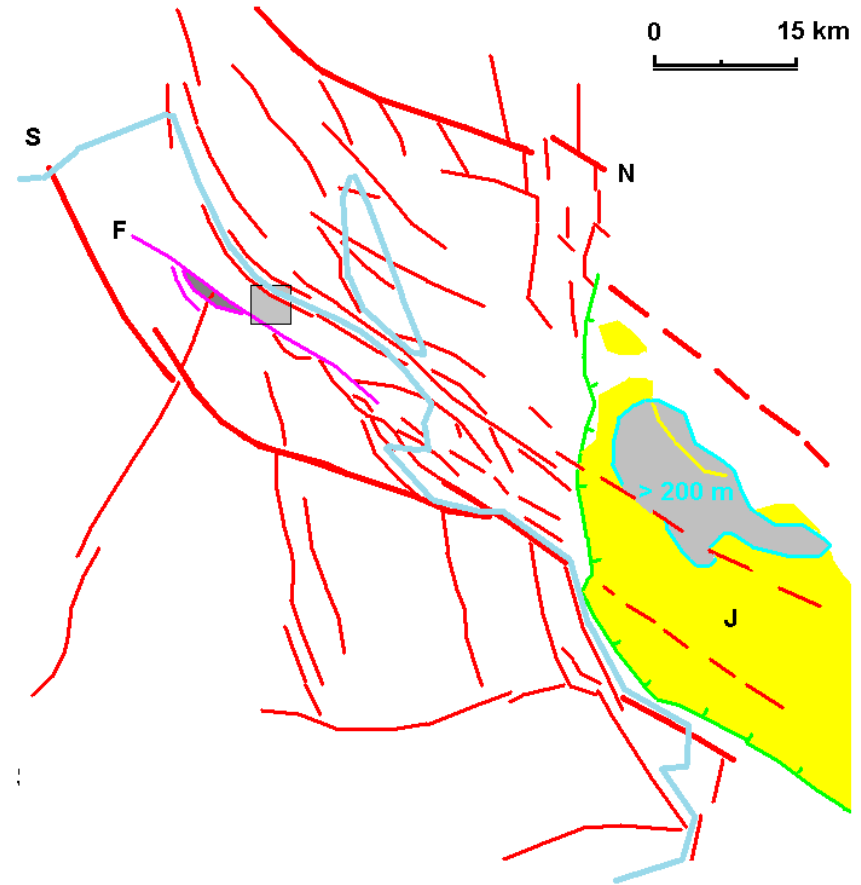
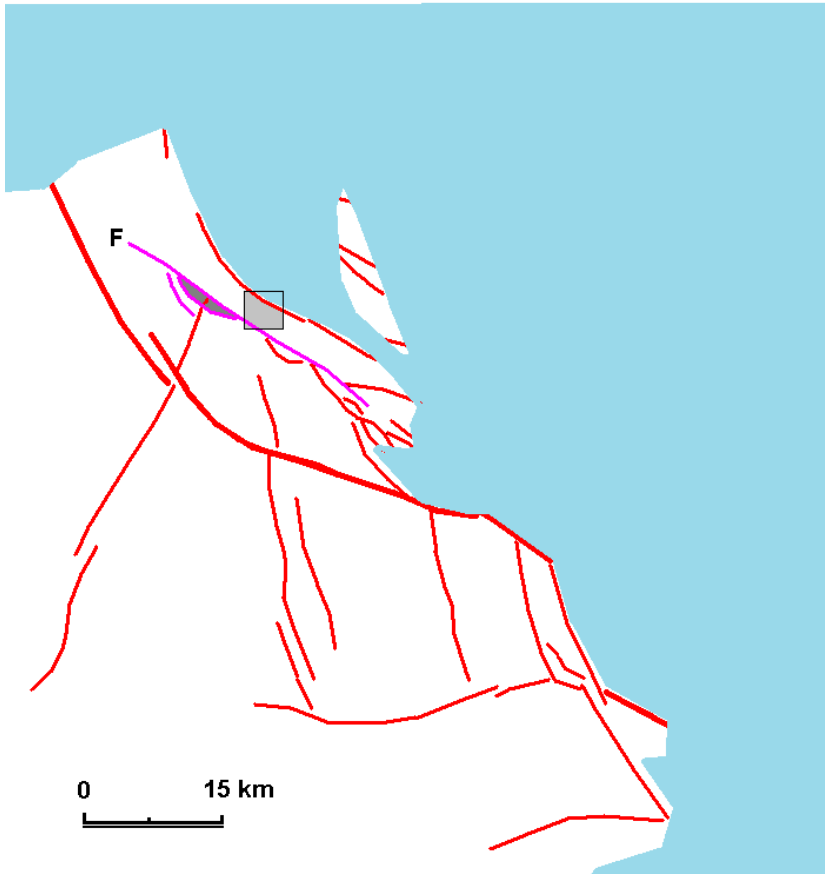
10	1 mm	
100	1 cm	1
1000	1 dm	10
10000	1 m	100
100000	10 m	1000

# METODPROBLEM



Att bedöma ett områdes  
geologiska utveckling från en yta  
på några kvadratkilometer

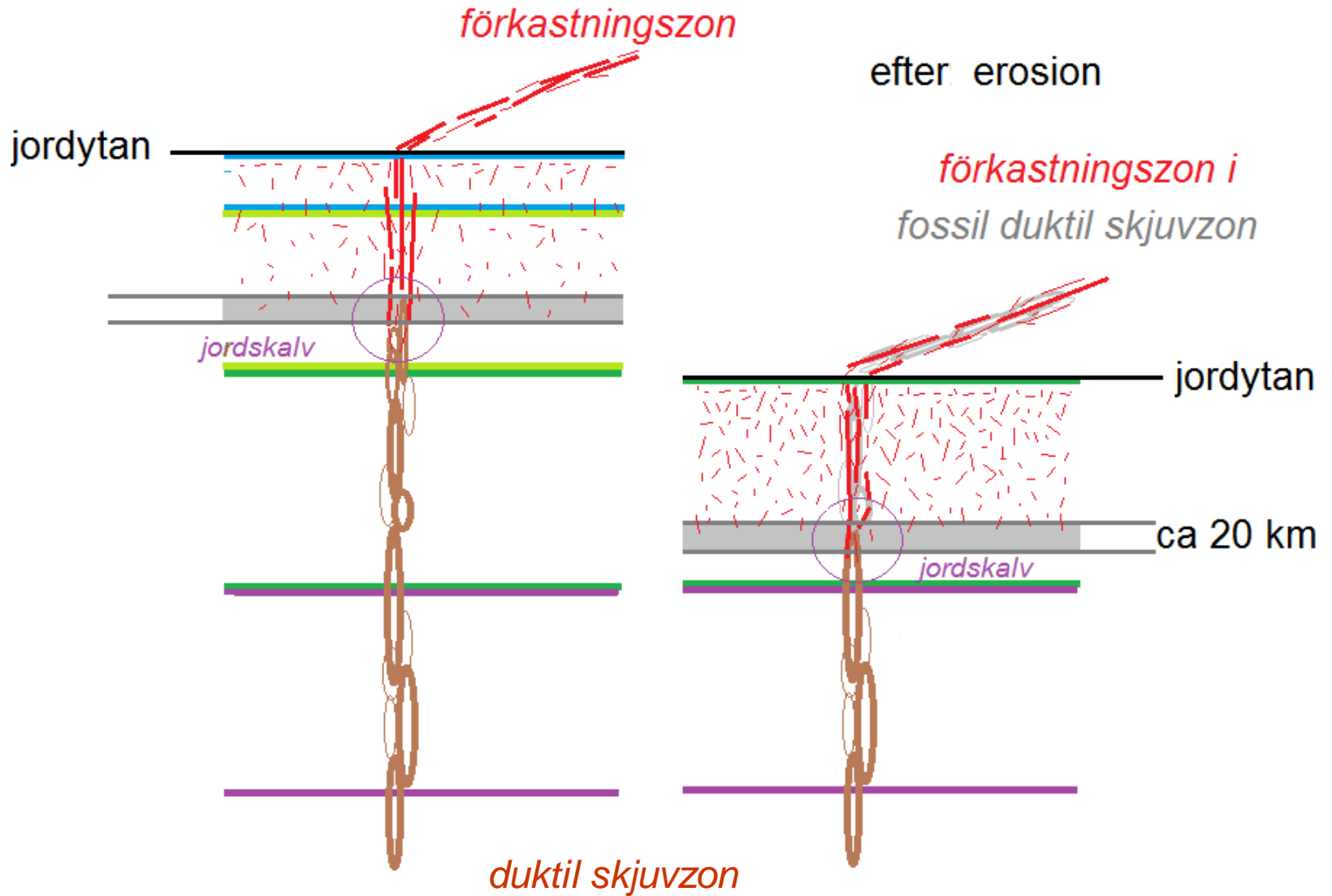
I det större geografiska fönstret är  
halva ytan dessutom under vatten



Endast ca 35 km öster om Forsmark ligger en av Östersjöns djupaste områden – en grabenstruktur i direkt förlängning av de stora rörelsezonerna

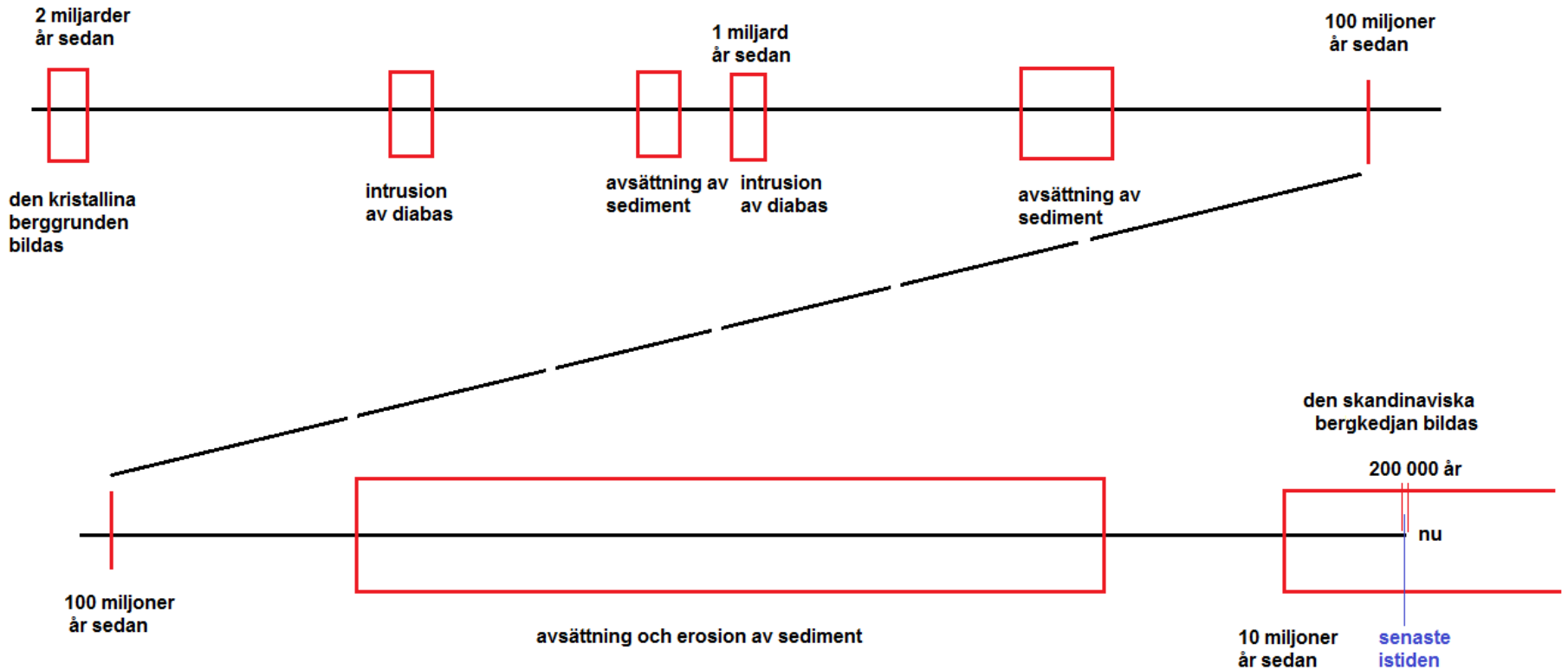
# METODPROBLEM

Gamla skjuvzoner blir geologiskt återanvända



# METODPROBLEM

Har ingenting hänt på 2 miljarder år ?



En ny bergskedjebildning pågår

## *METODPROBLEM slutsatser*

Det går inte att dra slutsatser om den geologiska utvecklingen för 100 000 år baserat på observationer i ett **tidsfönster på mindre än 100 år**

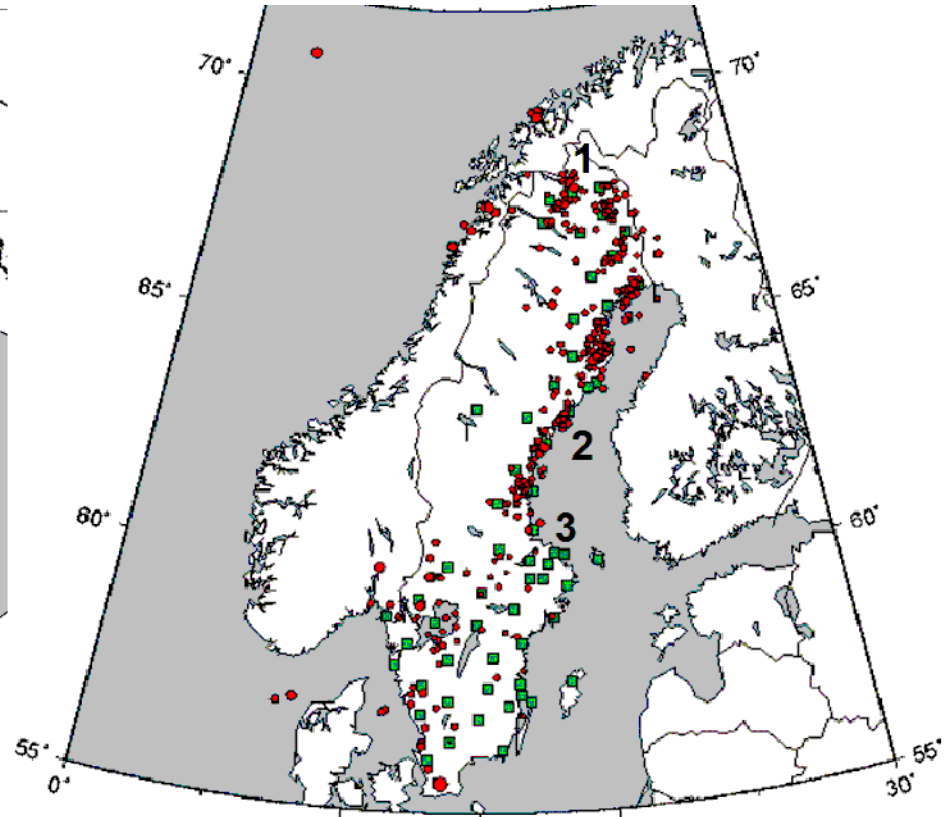
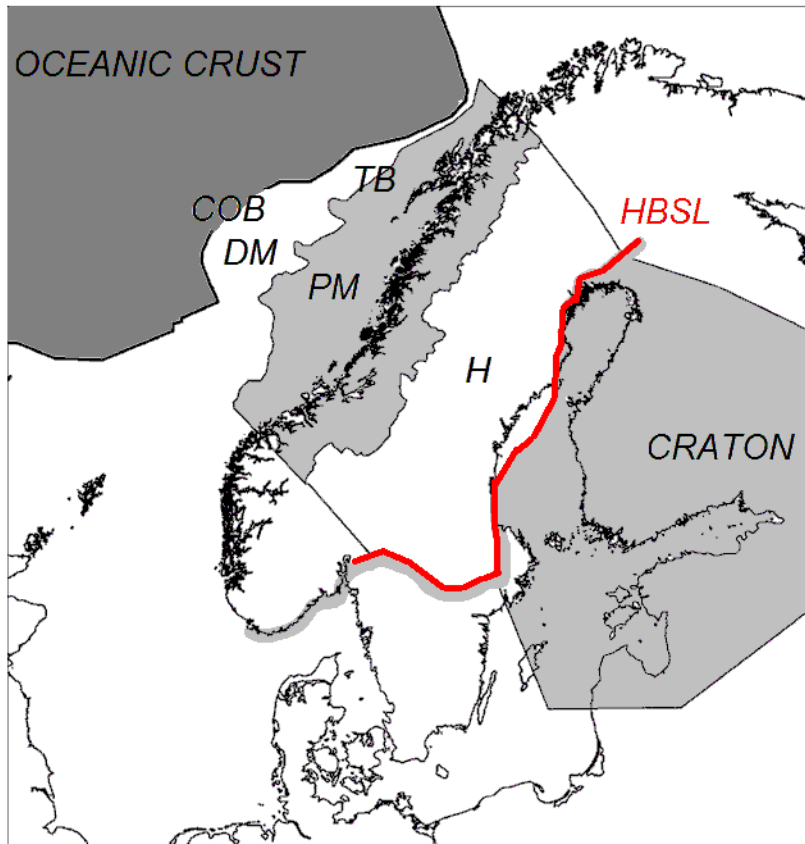
Det går inte att förstå et strukturegeologiska sammanhanget baserat på ett **geografiskt fönster på några kvadratkilometer**

Eller där halva närområdet är otillgängligt under vatten

Gamla duktila skjuvzoner återanvänds och överpräglas av **pågående deformationer** i den stela delen av jordskorpan

Hänvisningar till miljarder år gamla geologiska händelser är inte relevanta när **Forsmarksområdet är en del av en pågående plattetektonisk process**

# LOKALISERINGEN

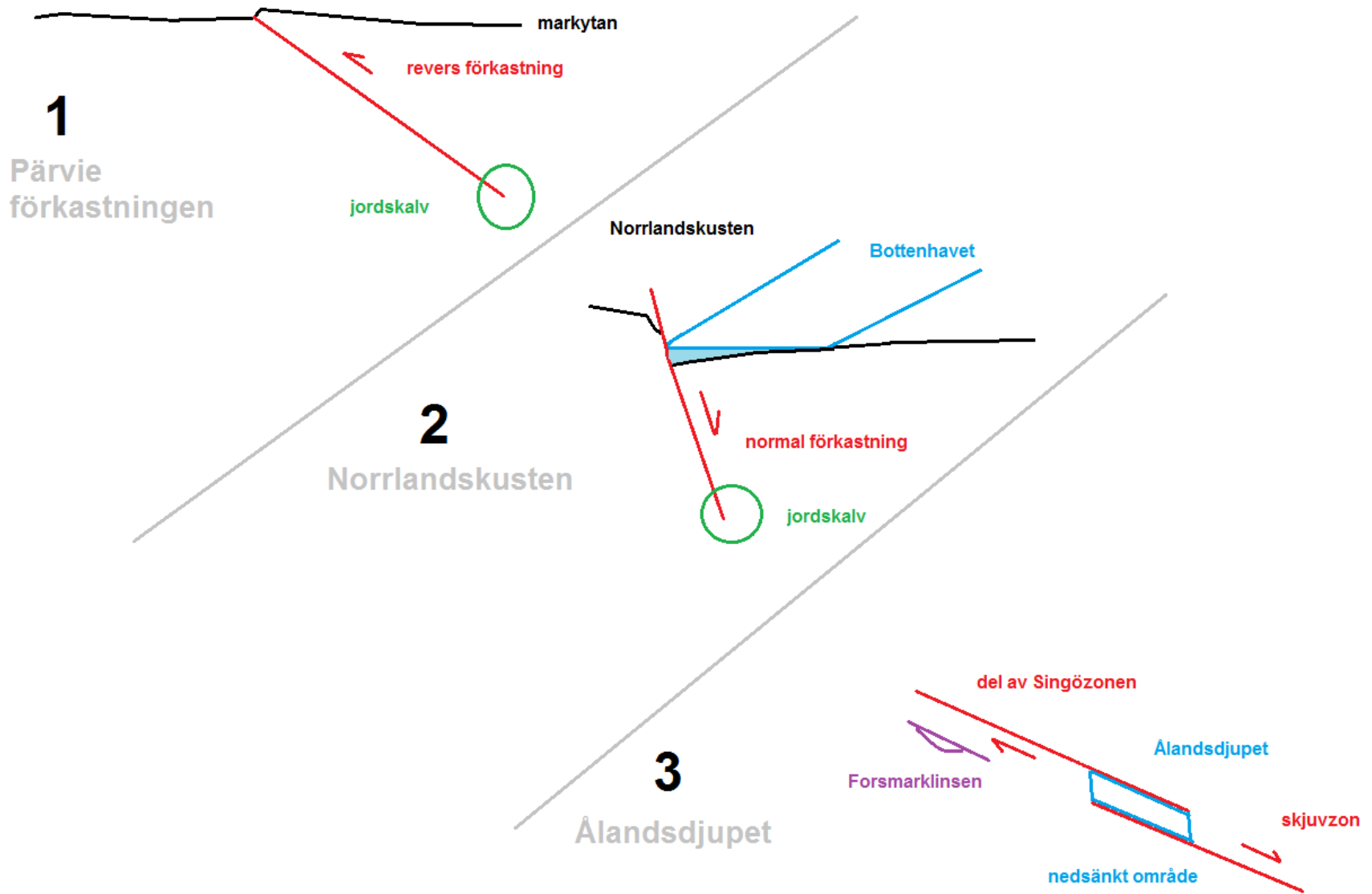


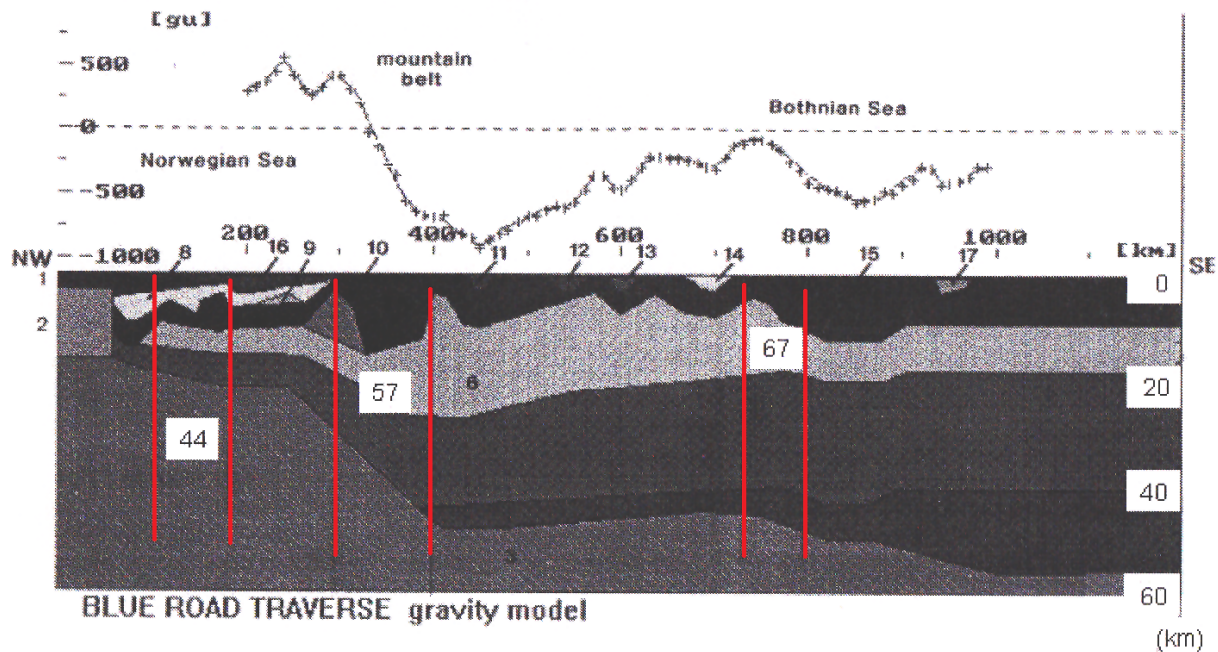
*COB* continent-ocean boundary *H* hinterland *HBSL* hinterland break in slope  
*DM* distal margin *PM* proximal margin

Redfield and Osmundsen. Geol.Soc.Am.-Bull. 2013, Fig 2A.

En ny plattgräns håller på att formas vid norska kusten – med återverkningar utmed Bottenhavs- och Bottenvikskusten

# LOKALISERINGEN

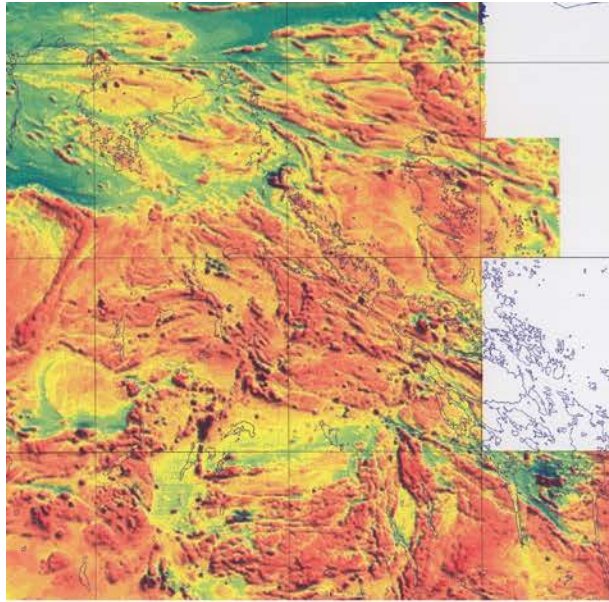
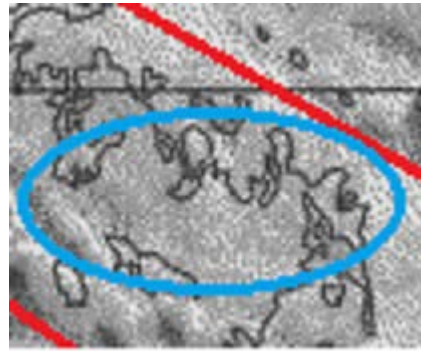




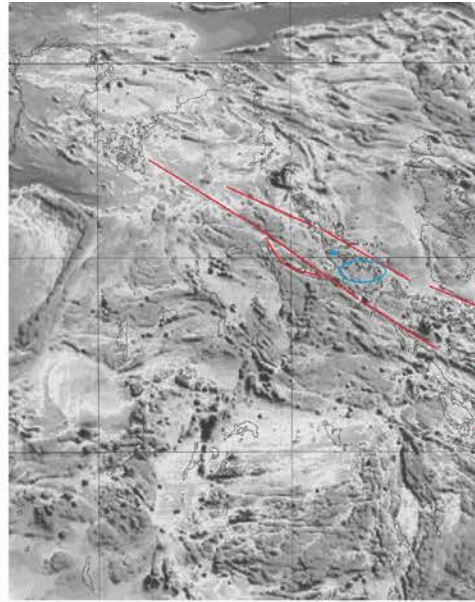
*Figur 3.17. Tvärsnitt genom jordskorpan från nordväst om Lofoten till centrala Finland. Modellen är baserad på en kombination av refraktionsseismiska och gravimetriska data. I nordväst ses övergången från den oceaniska skorpan till kontinentshelfen. Jordskorpan mäktighet är större under fjällkedjan och den blir som störst i Finland. Antalet jordskalv som förekommer i tre tydliga bälten (avgränsade med vertikala linjer) är angiven med stora siffror i den ungefärliga positionen skalven har på djupet. (Tyngdkraftsanomalin är angiven i gu (= 0,1 mgal). De små siffrorna betecknar områden med olika densitet).*

KASAM, SOU  
2004-67.  
Geologiska,  
geodynamiska och  
geofysiska  
undersökningsmetoder.

# LOKALISERINGEN

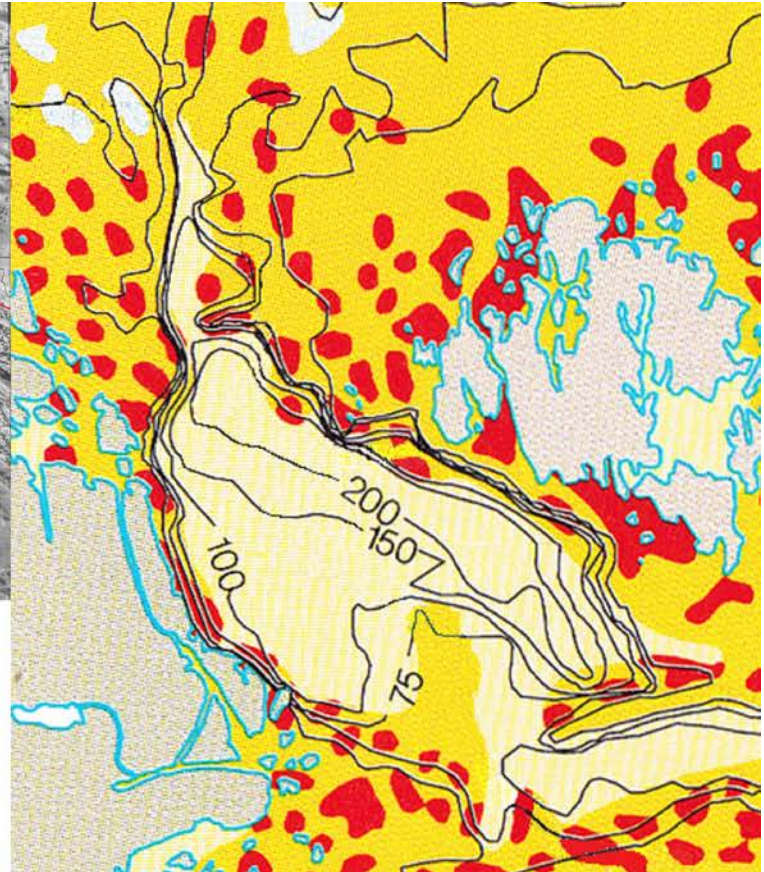


flygmagnetisk karta  
nordöstra Uppland



magnetiskt indikerade  
större skjuvziner

○ förvaringsområdet

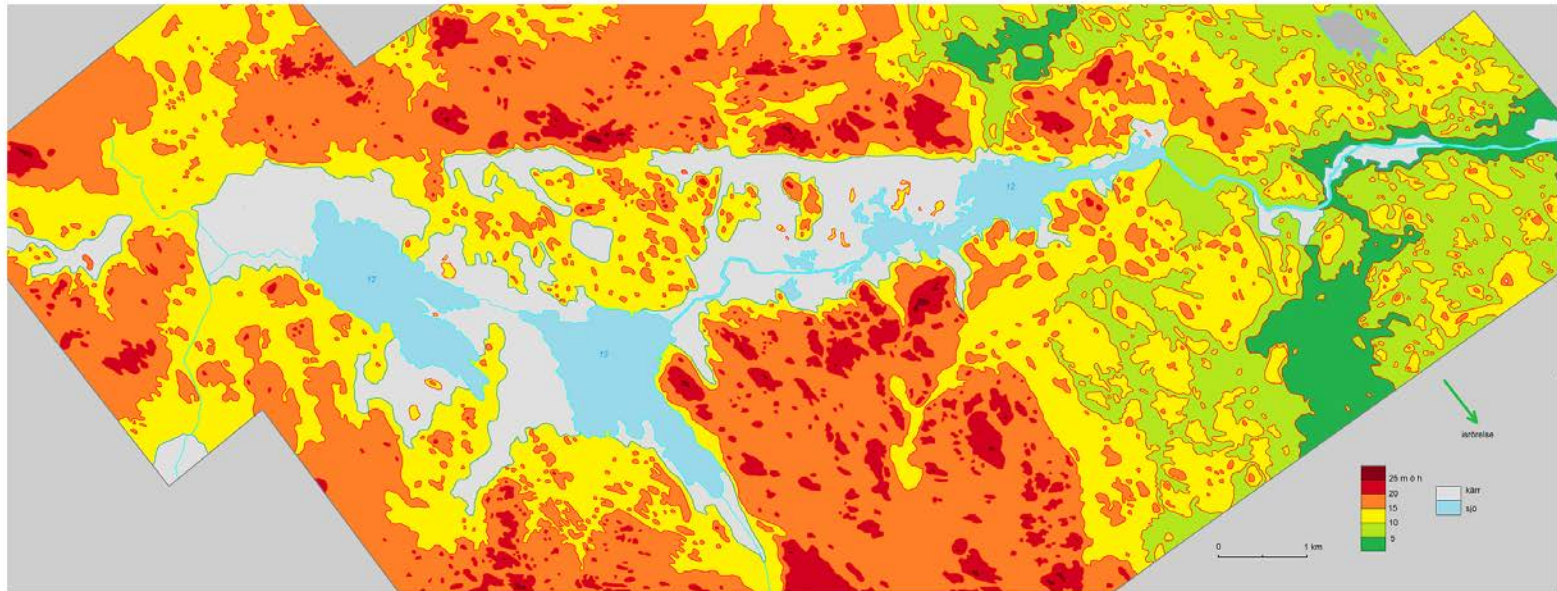


Ålandsdjupets  
grabenstruktur

REGIONALA TEKTONISKA  
STRUKTURER KRING FORSMARK

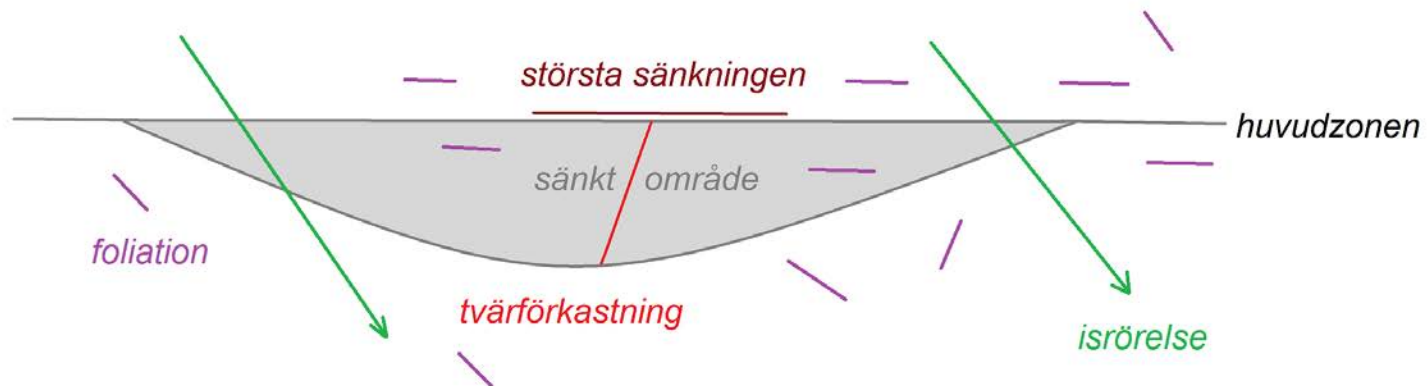
# LOKALISERINGEN

## FÖRVARINGSOMRÅDET



**FORSMARKLINSEN** 10 x 2.5 km (ca 12 km<sup>2</sup>)

markytan är sänkt med minst 15 m över en sträcka av 2.5 km  
den sänkta volymen är ca 0.2 km<sup>3</sup>



## LOKALISERINGEN *slutsatser*

lagret för högaktivt avfall avses bli placerat  
i ett potentiellt platttektoniskt aktivt område  
med misstänkt recent deformation

Uppmärksamhet har riktats mot förhållandet vid flera tillfällen:

flygmagnetiska mätningar i Forsmarksområdet (SGU rapport)

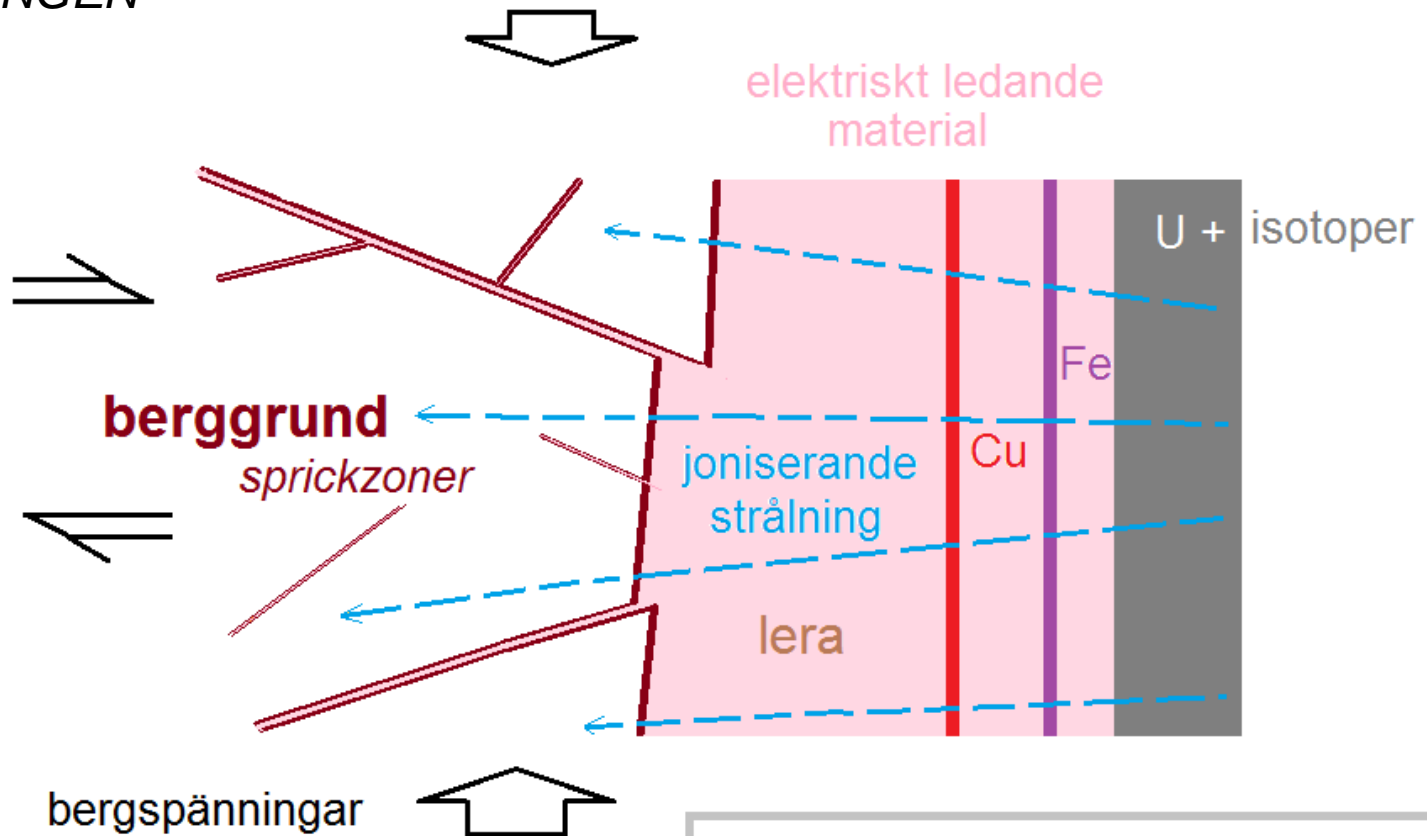
1st order shear zones (SKB rapport 1994)

KASAM rapport 2004

Ny Teknik - diskussion 2011

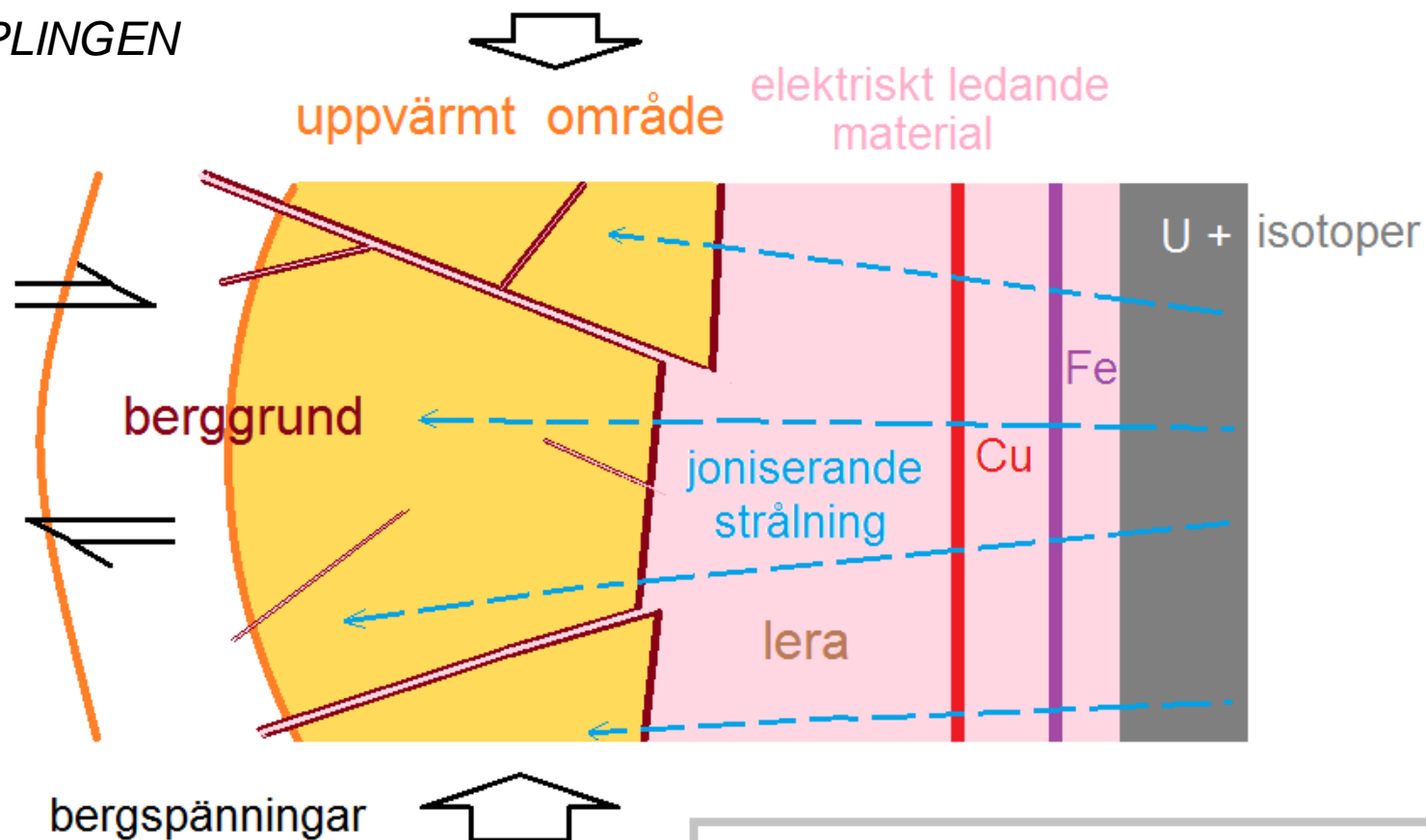
och påpekas nu åter i yttrandet till miljödomstolen

# INKAPLINGEN



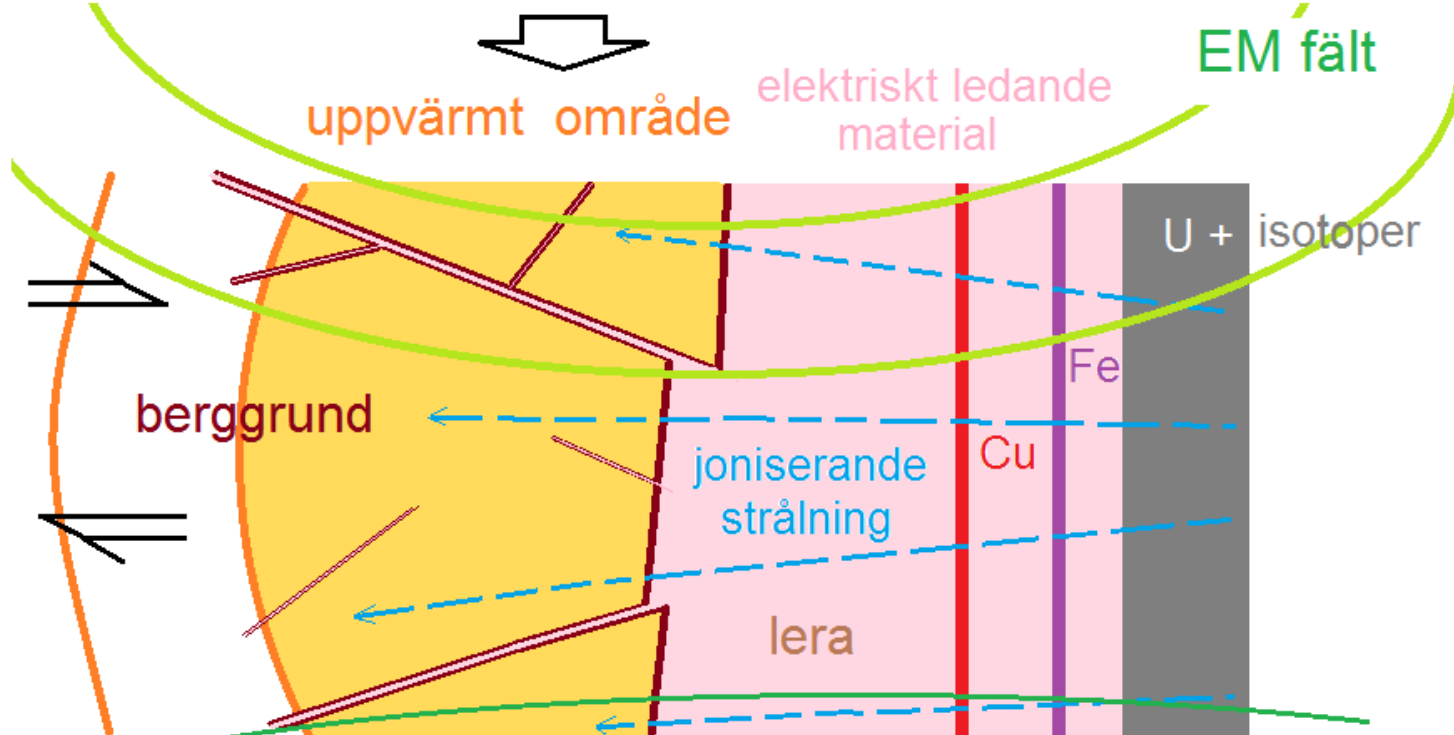
elektriskt - kemiskt system  
som  
aktiveras av joniserande strålning  
samt  
utsätts för tektoniskt stress

# INKAPLINGEN



elektriskt - kemiskt system  
som  
aktiveras av joniserande strålning  
och  
hög temperatur  
samt  
utsätts för tektoniskt stress

INKAPLINGEN



uppvärmt område

elektriskt ledande material

EM fält

U + isotoper

berggrund

joniserande strålning

Cu

Fe

lera

bergspänningar

elektriskt - kemiskt system  
aktiveras av joniserande strålning  
hög temperatur  
utsätts för tektoniskt stress  
och  
inducerande EM fält

EM fält

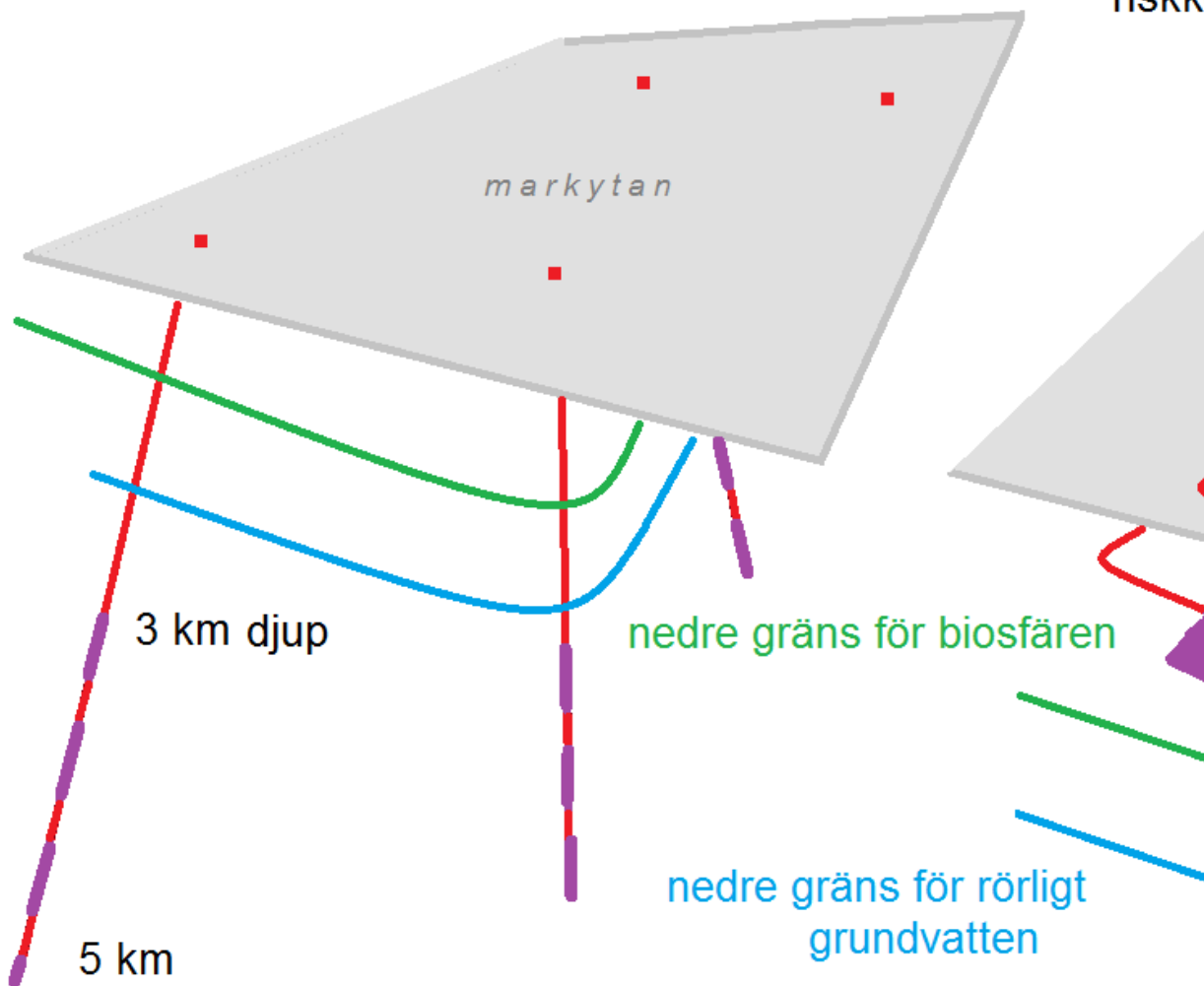
Joniserande strålning och förhöjd temperatur påskyndar kemiska processer

Elektriskt ledande material och i dem inducerade elektromagnetiska fält orsakar elektriska strömmar som påverkar jontransporter

Kapslarna och dess omgivning är en del av en aktiv korrosionsmiljö

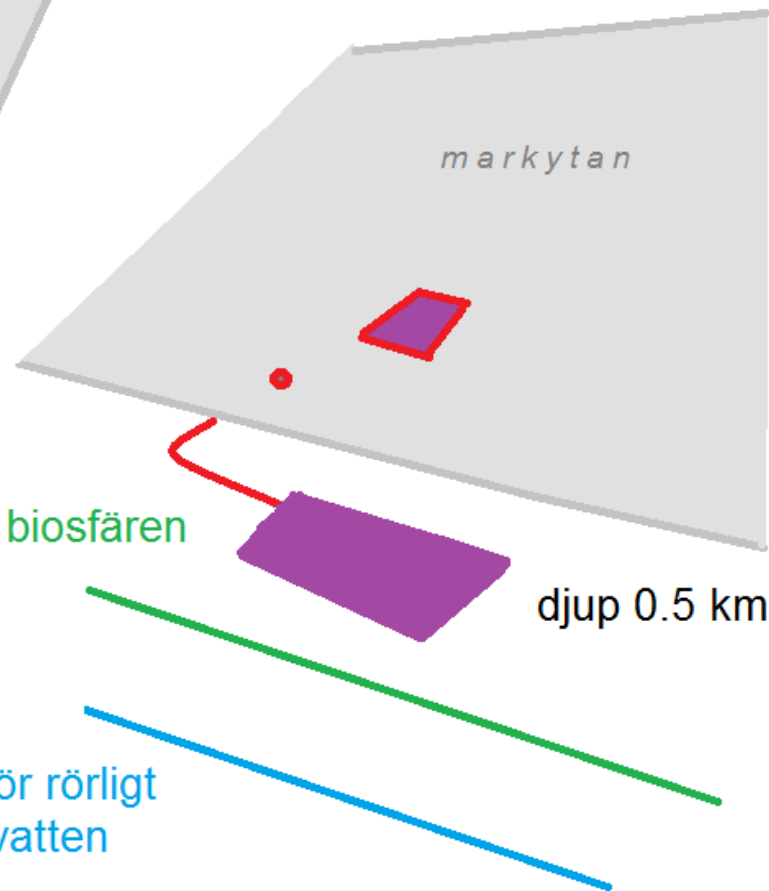
# UTFORMNINGEN

riskspridning

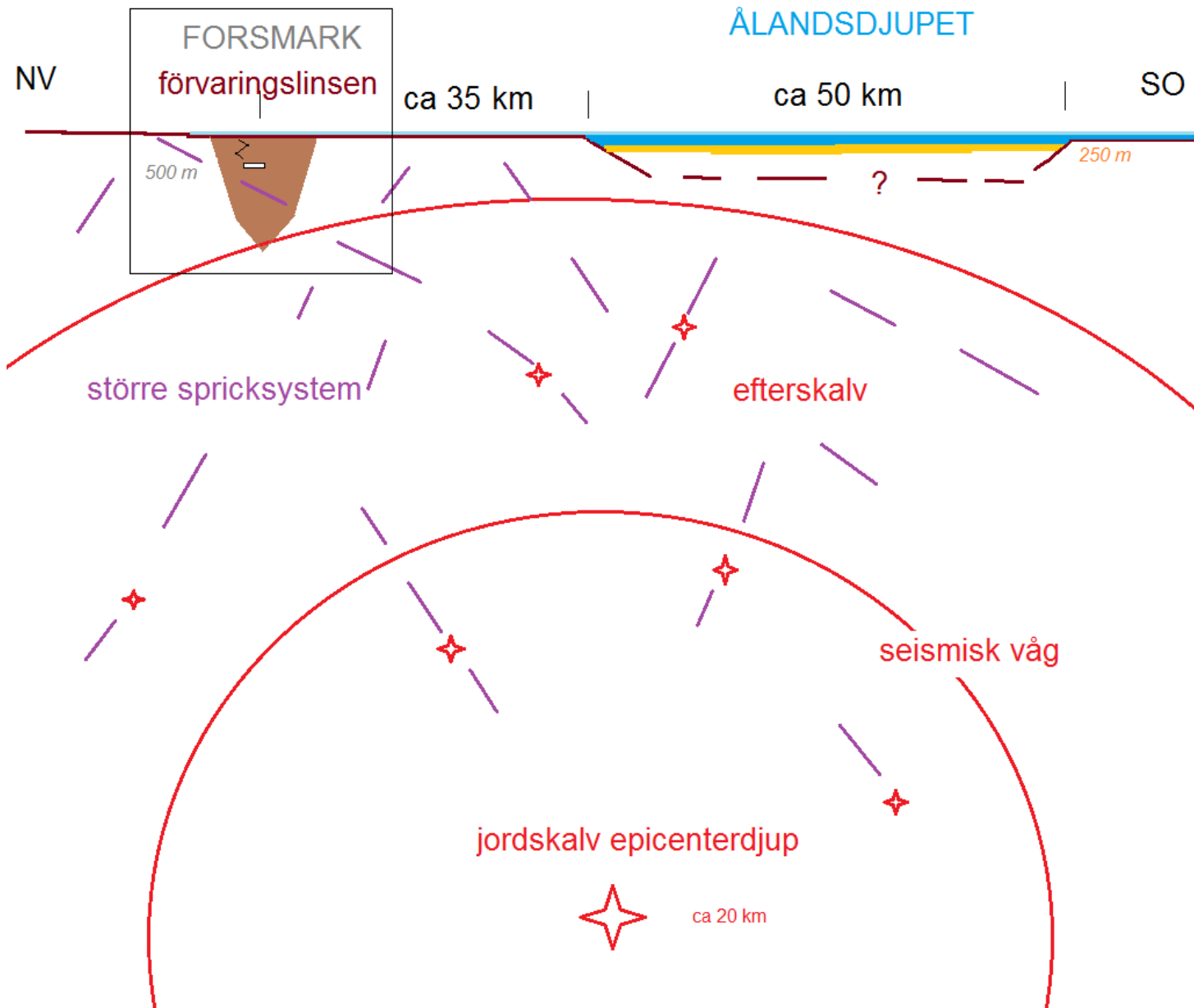


Riskspridning över lång tid

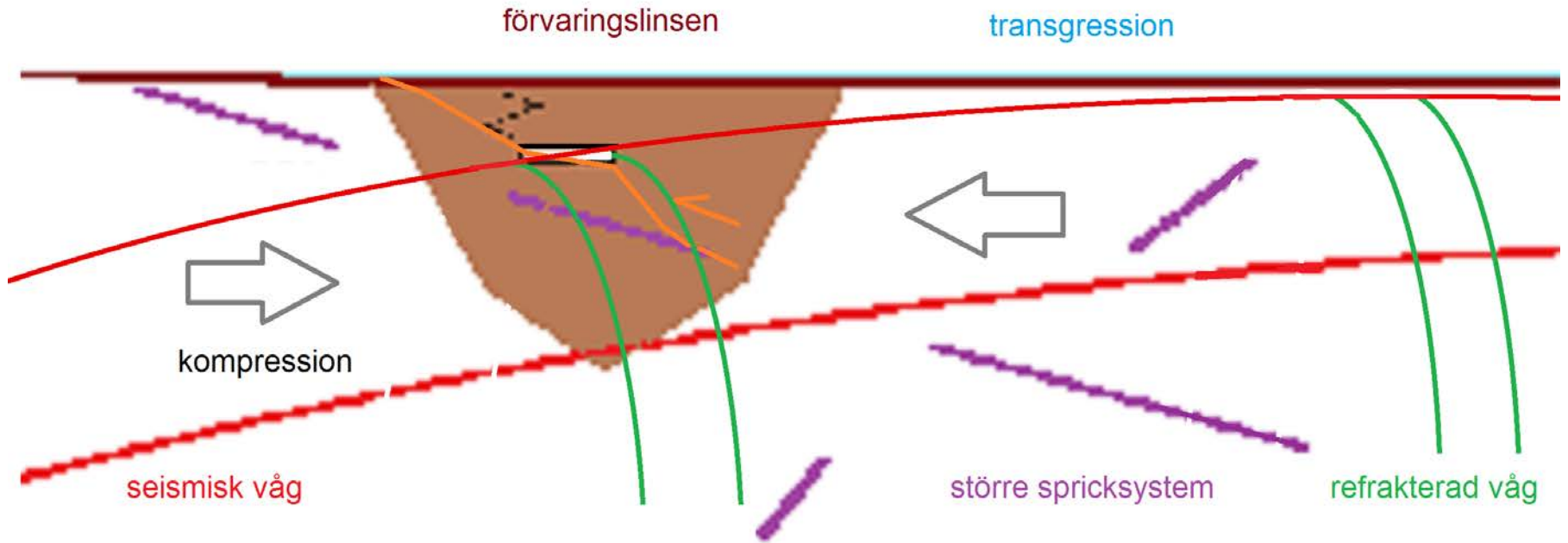
riskkoncentration



Riskkoncentration både över kort och lång tid



## Sektion parallell med skjuvzonen



1 - en kompressionslins deformeras genom överskjutning / revers förkastning

2 - den seismiska vågen refrakteras vid kontakten med material med annan seismisk våghastighet  
särskilt vid fria ytor eller starkt avvikande strukturer

## UTFORMNINGEN slutsatser

Försvagningen av berggrunden genom utsprängning ger upphov till en seismisk diskontinuitet och refrakterade vågor som kan interferera på ett destruktivt sätt

Vid kompression är den försvagade ytan i förvaringslinsen en brottanvisning för överskjutning

Extremt riskabelt material koncentreras i biosfären och i området för rörligt grundvatten / hydrosfären

Tillsammans med andra kärntekniska anläggningar är det en riskkoncentration

Materialet i inkapslingen och plutonium i avfallet är begärliga resurser

***Försök till återtagande  
för att utvinna koppar och  
för att framställa kärnvapen är reella risker,  
liksom oavsiktligt framtida intrång***

## SUMMERAT

Politiskt bekväma beslut att lokalisera avfallslagret till befintliga kärntekniska anläggningar.

För många osannolika förutsättningar,

metodproblem och allvarliga fel,

för att KBS metoden kan anses vara säker såsom det hävdas.

Brist på alternativ försätter domstolen i ett slags ultimatum.

## YRKANDEN

Att lagret inte placeras i Formarksområdet

Att metoden att använda kopparkapslar inte godkänns

Att utformningen som en koncentrerat lager avvisas

English version

. ppt images to the utterance by

H e r b e r t   H e n k e l

Mål M 1333-11

# Herbert Henkel

## *Uppsala University*

Mathematics

Chemistry

Geodesy

Gravity and magnetic measurements

Invers levelling of geodetic nets

## *Århus University*

Mineralogy

Petrography

Tektonics

Applied geophysics

Petrofysics

Geoelectrical measurements

3-d modelling av magnetic-gravity anomalies

1<sup>e</sup> Statsgeofysiker Geological Survey of Sweden

Nordkalottproject geophysical maps

EGS European Geotraverse integrated modelling of the Fennoscandian lithosphere

Senior Lecturer Royal Institute of Technology

Remote sensing and digital image analysis

Geothermal energy resources

Guest researcher Univ. of the Witwatersrand

Integrerad modellering av Vredefort och Morokweng strukturen

Docent Stockholm Universitet

Historic and general geology

## Important research results

Relation between oxidation and magnetic susceptibility in fracture zones

Systematic interpretation of aeromagnetic data for mapping of fracture zones

Geologic model a.o. of the Vredefort structure

Extent of impact induced brecciation in crater structures

Integrated geophysical model of the crust along the Blue Road Geotraverse

Mapping of geothermal energy resources in Bangladesh

The created radioactive isotopes in used nuclear fuel are chemically identical to natural ones that biology has adapted to

These isotopes therefore must be

isolated from the biosphere

be finally deposited outside the biosphere and

outside the region with mobile ground water that is in contact with the biosphere

T

he amount reduces exponentially but does not become 0 even after 100 000

*METHODOLOGICAL  
PROBLEMS*

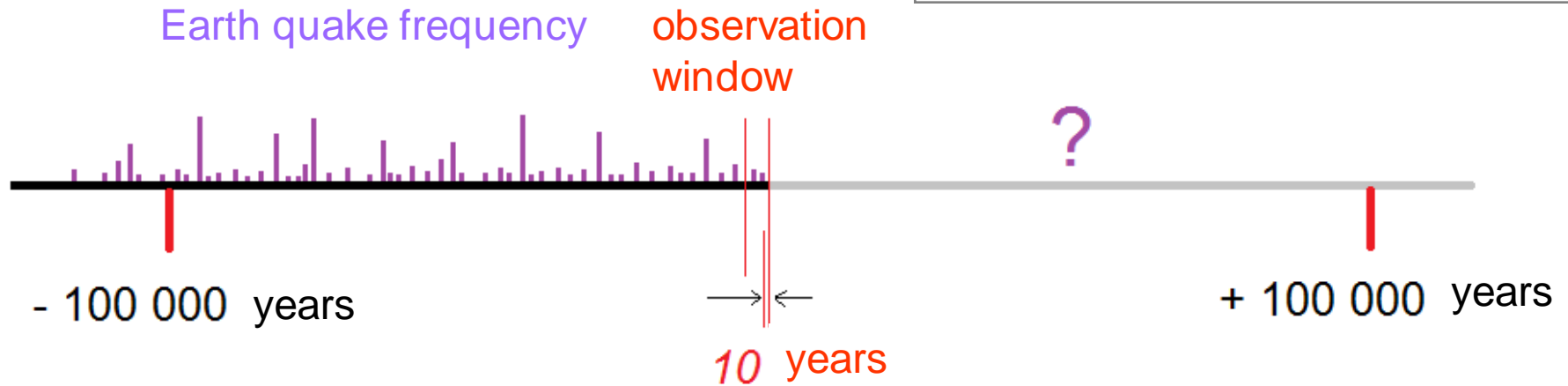
*LOCALISATION*

*INCAPSULATION*

*DESIGN*

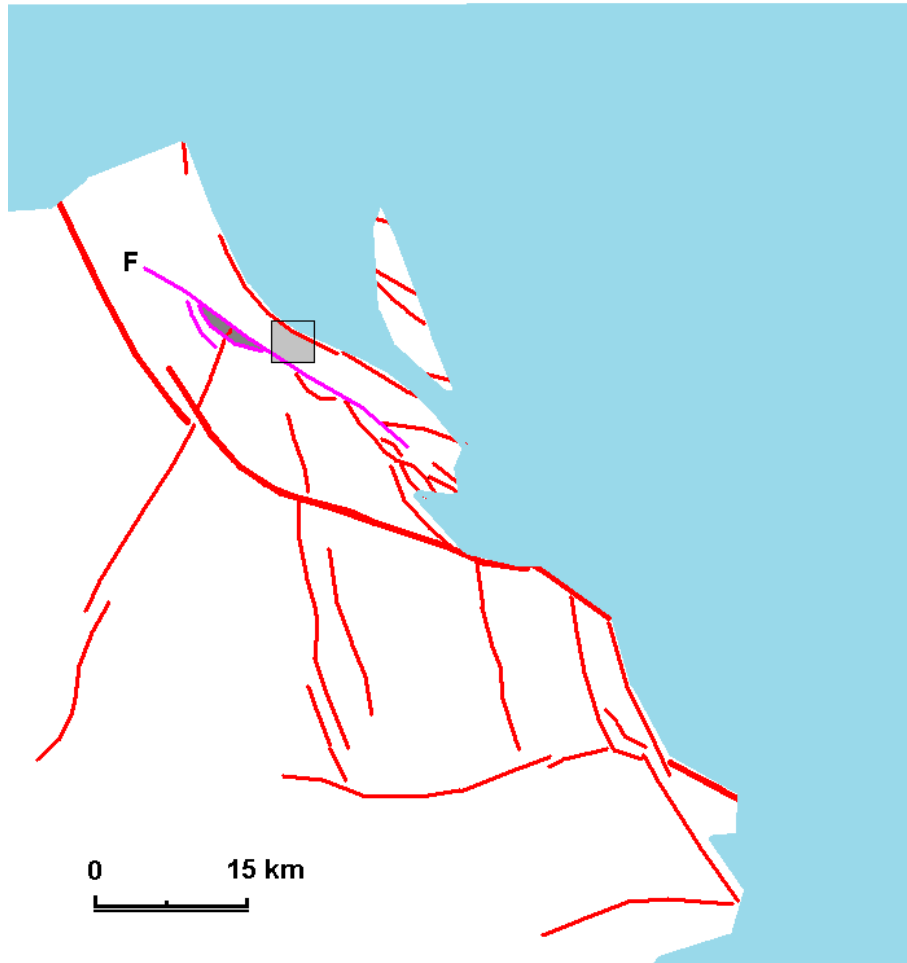
# METHODOLOGICAL PROBLEMS

To make a prognosis for 100 000 years based on data from a 100 year period



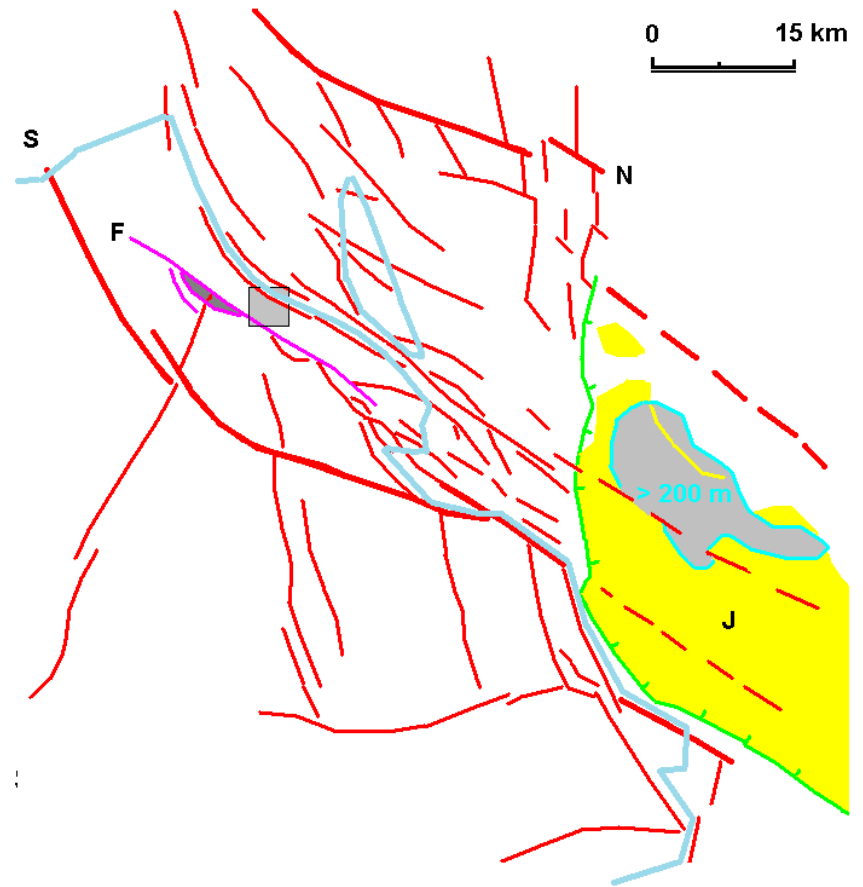
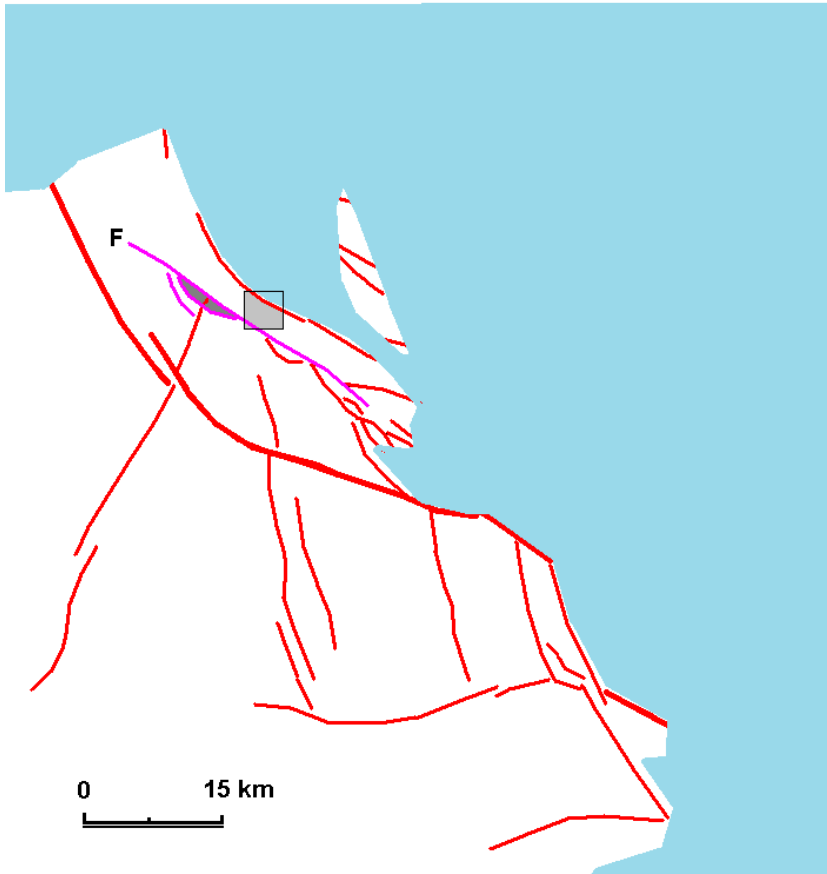
<i>deformation</i> <i>0.1 mm / year</i> <i>years</i>	<i>jorskalvsfrekvens</i> <i>1 / 100 years</i> <i>result</i>
10	1 mm
100	1 cm
1000	1 dm
10000	1 m
100000	10 m

# METHODOLOGICAL PROBLEMS



Determining the geological evolution in an area based on an observation area of a few square km

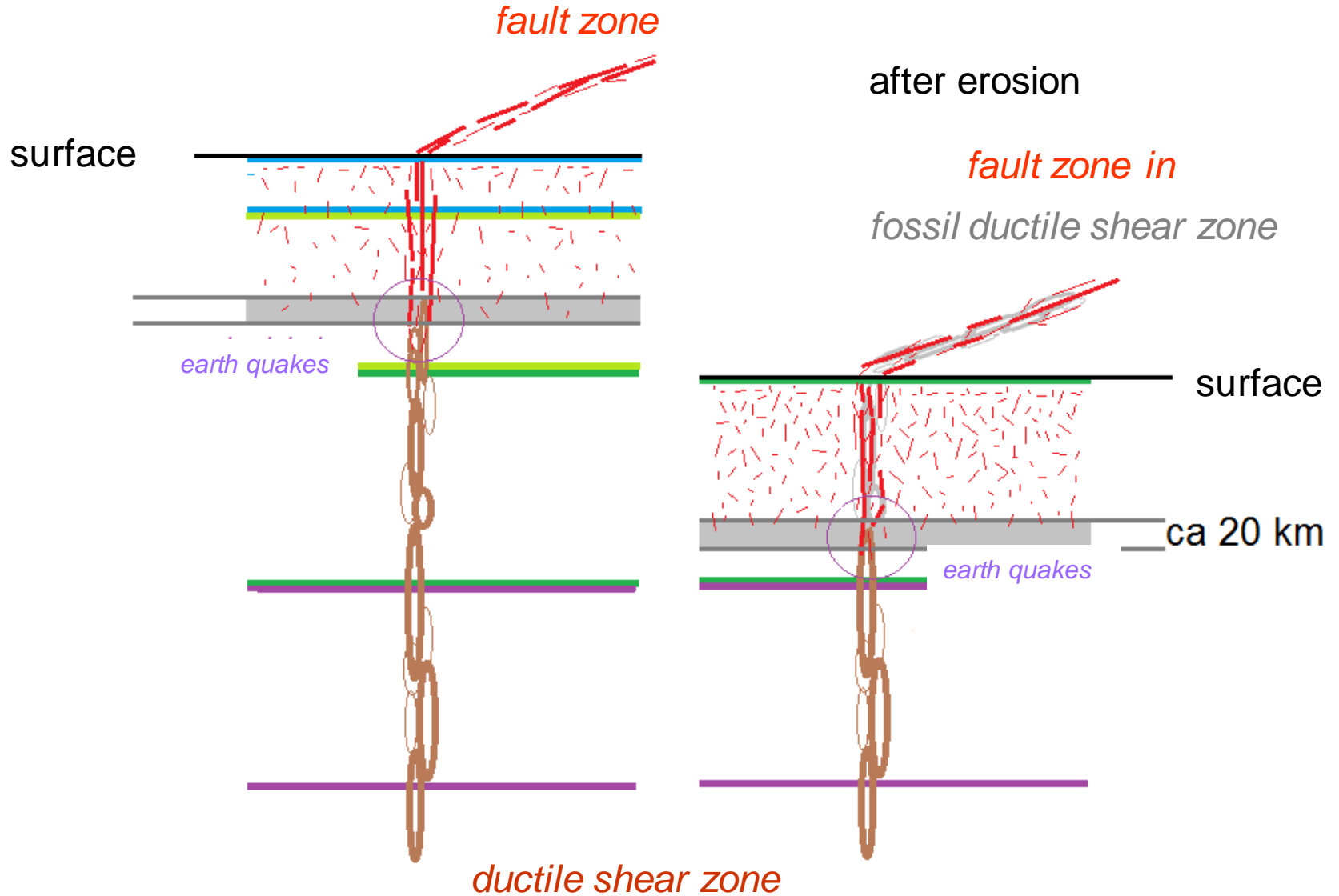
In the larger geographical window in addition half of the area is below water



One of the deepest areas of the Baltic Sea is located only about 35 km east of Forsmark – a graben structure in direct extension of the large displacement zones

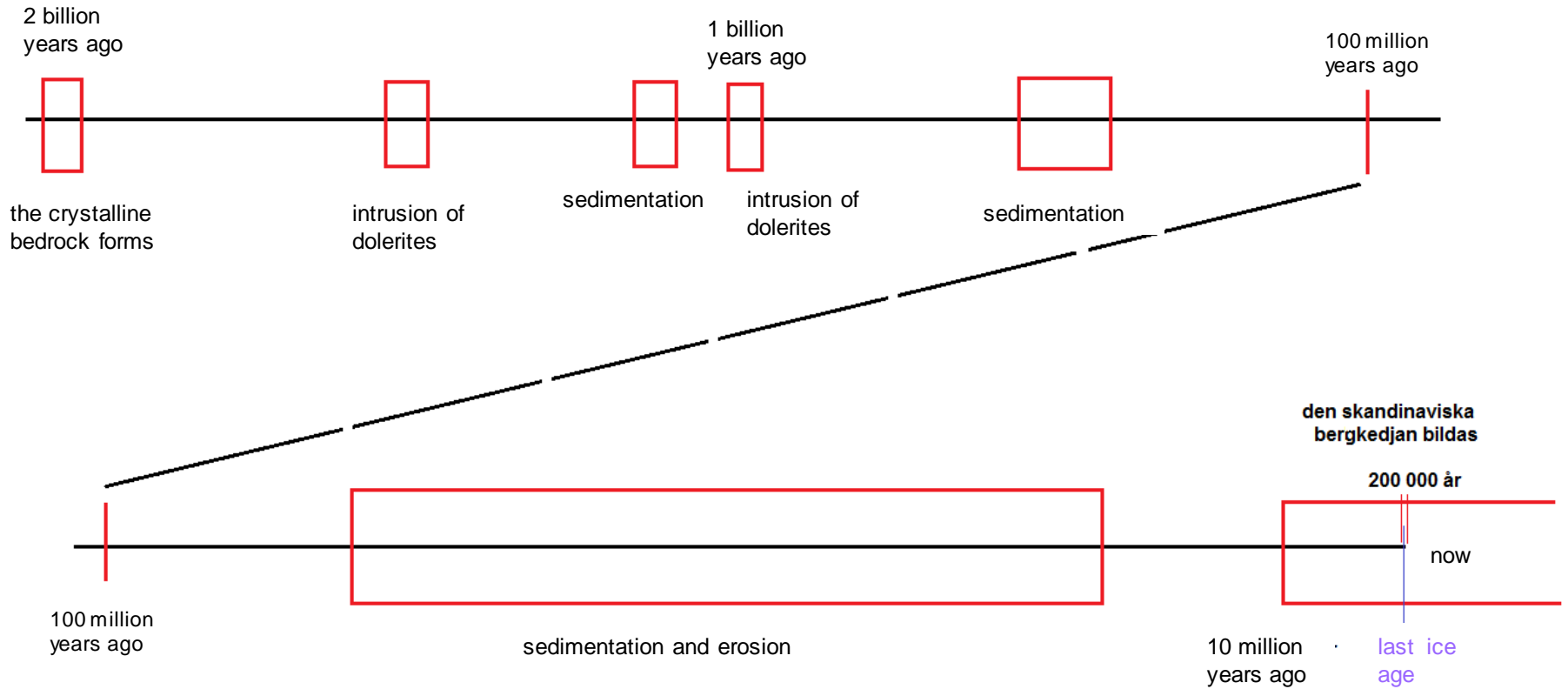
METHODOLOGICAL  
PROBLEMS

Old shear zones are re-  
used geologically



# METHODOLOGICAL PROBLEMS

Has nothing happened the last 2 billion years ?



A new orogenesis is ongoing

## *METHODOLOGICAL PROBLEMS conclusions*

It is not possible to make conclusions about the geological evolution 100 000 years ahead based on observations **in a time window of less than 100 years**

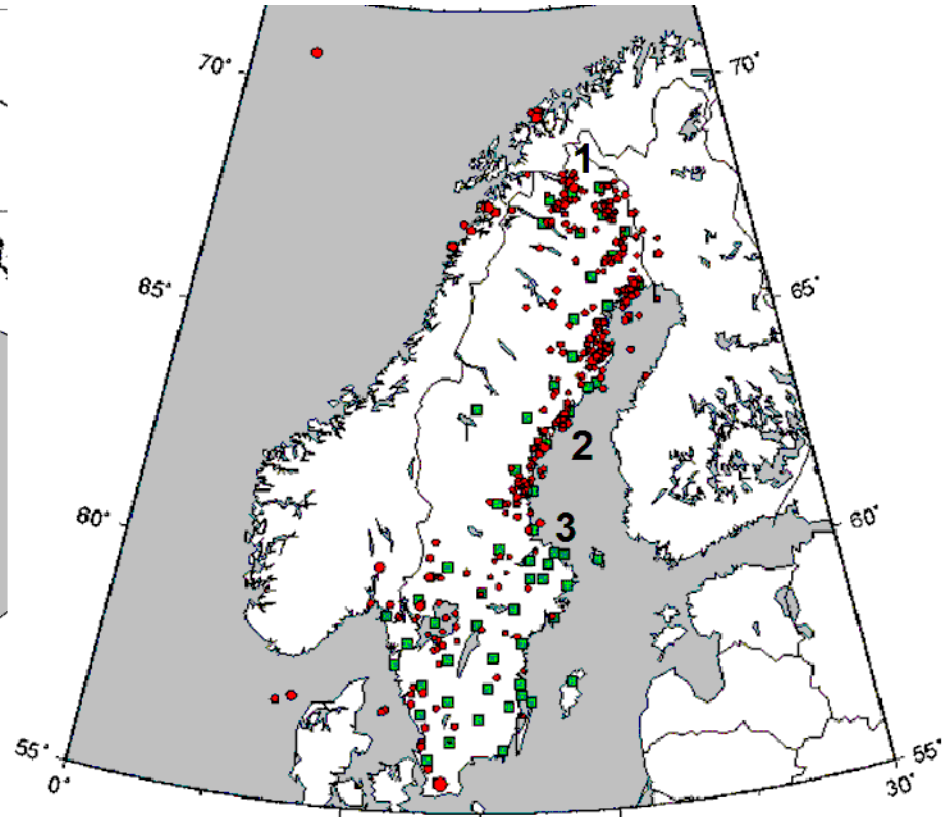
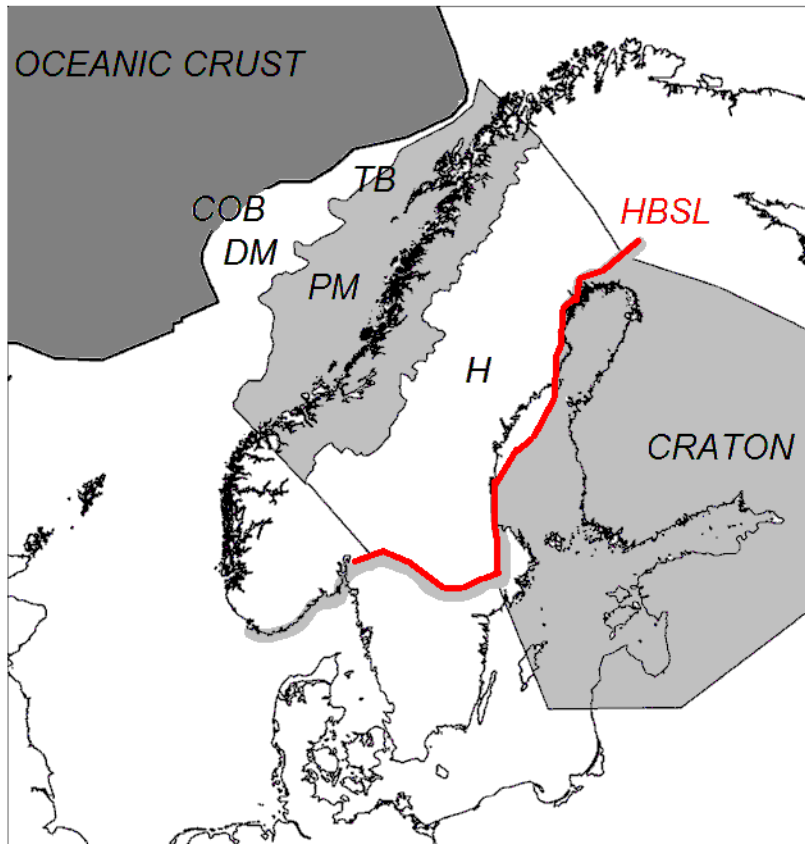
It is not possible to evaluate the the structural geological context based on a **geographic window of a few square km**

Or where half of the near environment is inaccessible under water

Old ductile shear zones are re-used for **ongoing deformation** in the brittle opart of the crust

Reference to billion year old geological events is not relevant when the **Forsark area is part of an ongoing plate tectonic process.**

# LOCALISATION

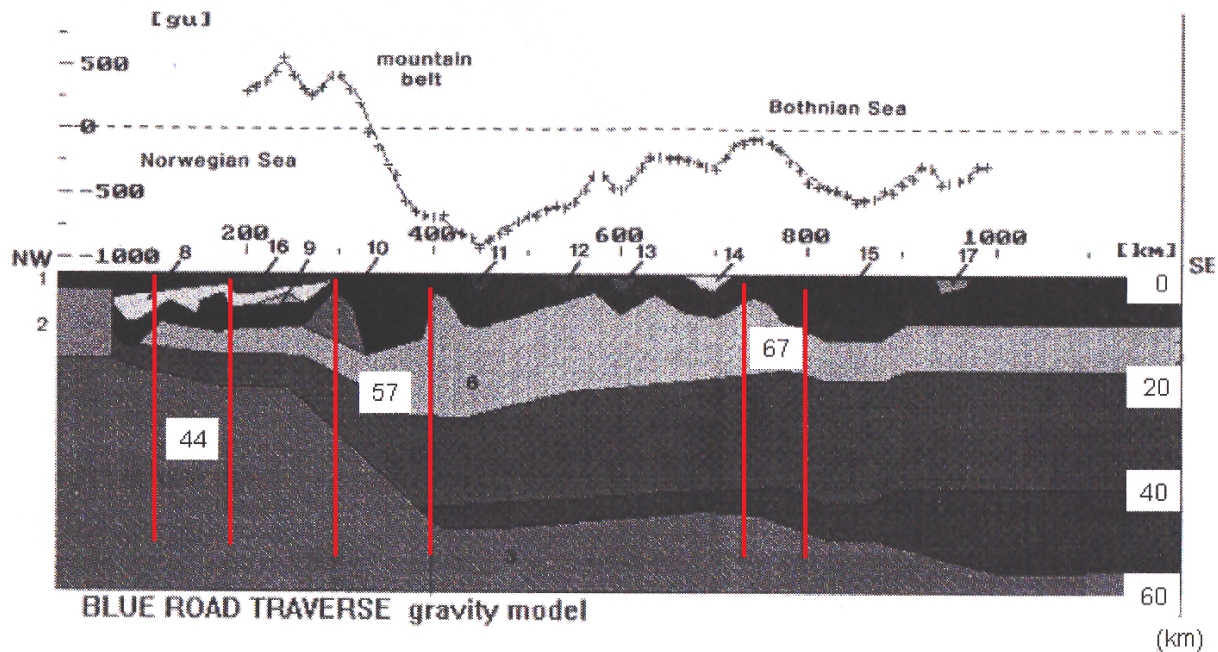


*COB* continent-ocean boundary *H* hinterland *HBSL* hinterland break in slope  
*DM* distal margin *PM* proximal margin

Redfield and Osmundsen. *Geol.Soc.Am.-Bull.* 2013, Fig 2A.

A new plate boundary is forming along the Norwegian coast – with reactions along the coast of the Bothnian Bay and -Sea

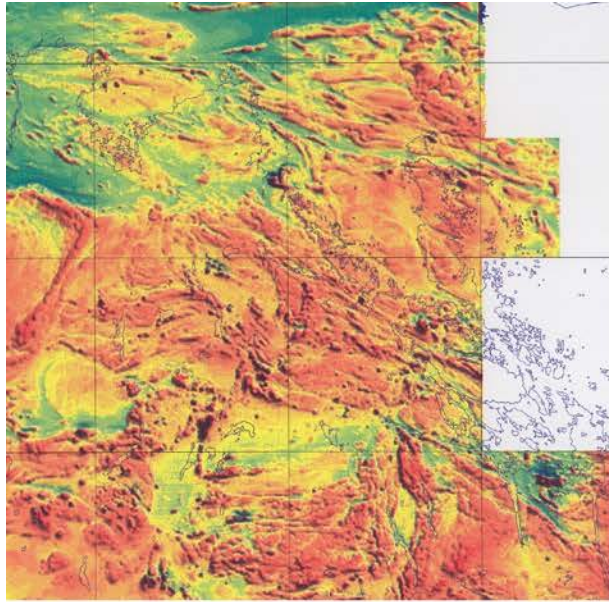
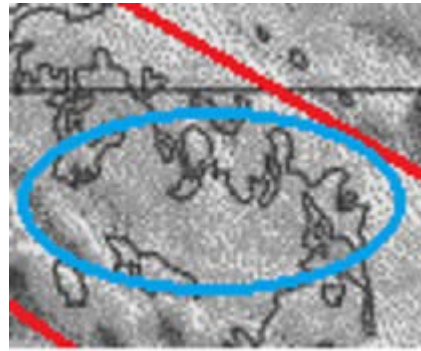




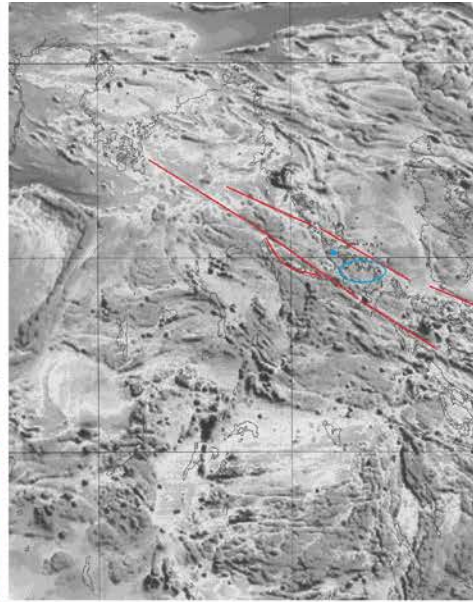
*Figur 3.17. Tvärsnitt genom jordskorpan från nordväst om Lofoten till centrala Finland. Modellen är baserad på en kombination av refraktionsseismiska och gravimetriska data. I nordväst ses övergången från den oceaniska skorpan till kontinentshelfen. Jordskorpan mäktighet är större under fjällkedjan och den blir som störst i Finland. Antalet jordskalv som förekommer i tre tydliga bälten (avgränsade med vertikala linjer) är angiven med stora siffror i den ungefärliga positionen skalven har på djupet. (Tyngdkraftsanomalin är angiven i gu (= 0,1 mgal). De små siffrorna betecknar områden med olika densitet).*

KASAM, SOU  
2004-67.  
Geologiska,  
geodynamiska och  
geofysiska  
undersökningsmetoder.

# LOCALISATION



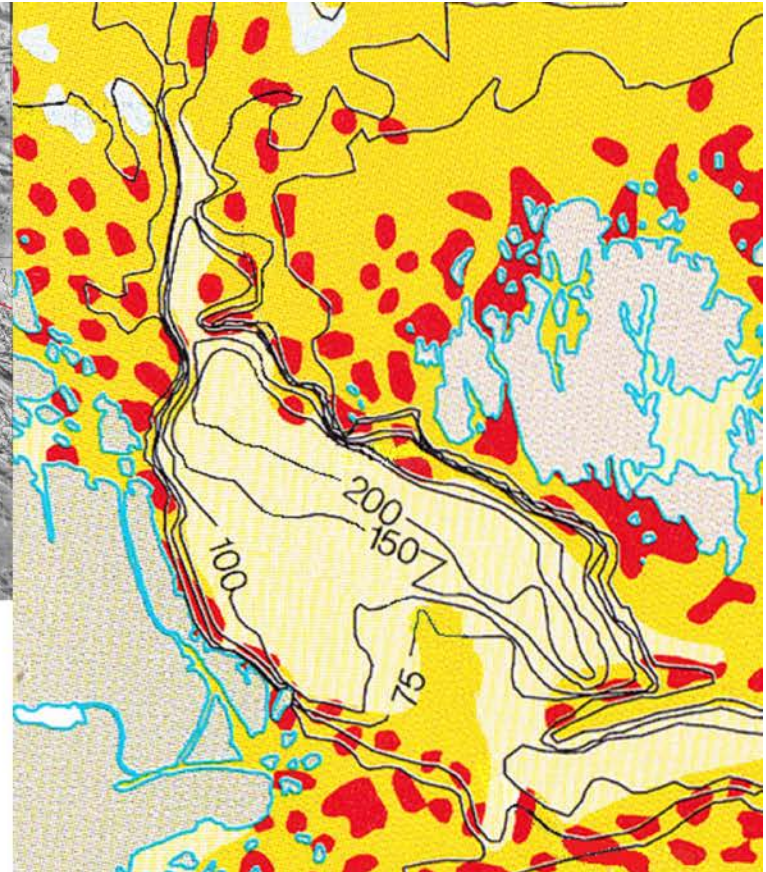
Aeromagnetic map  
around Forsmark



Magnetically indicated  
large shear zones

○ disposal site

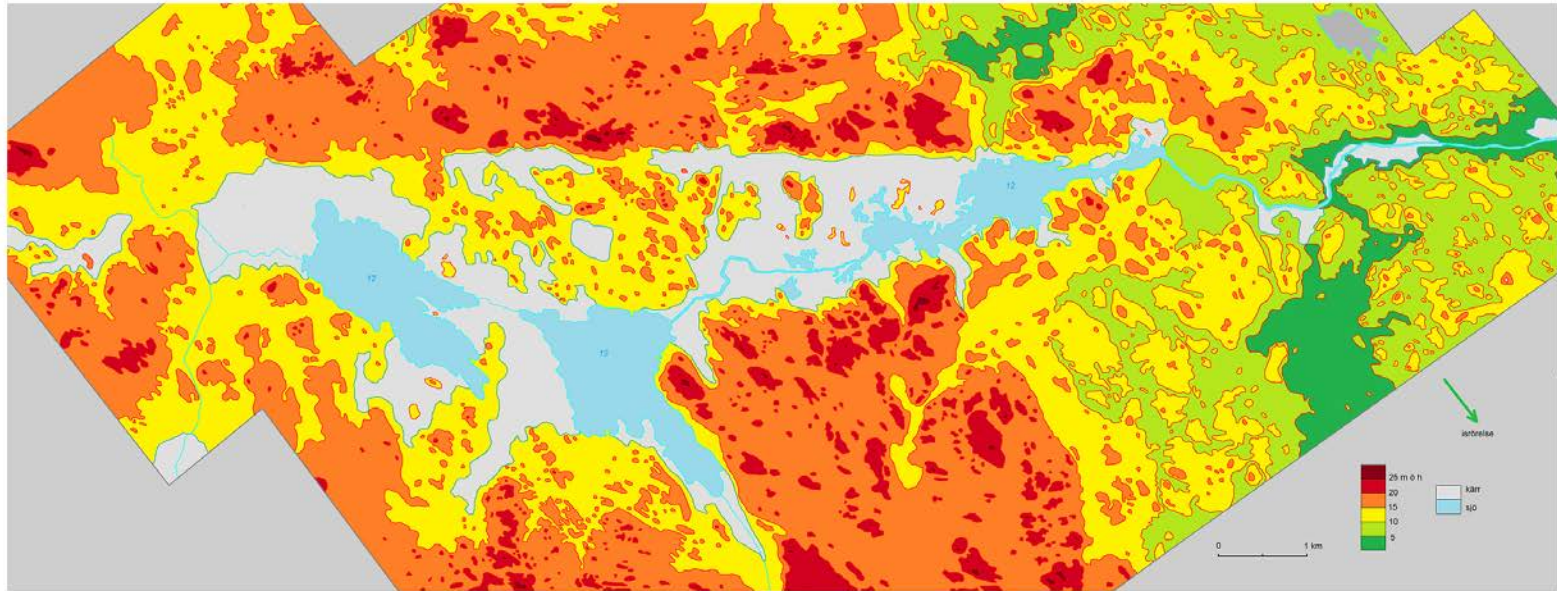
The Åland trough



REGIONAL TECTONIC  
STRUCTURES AROUND  
FORSMARK

# LOCALISATION

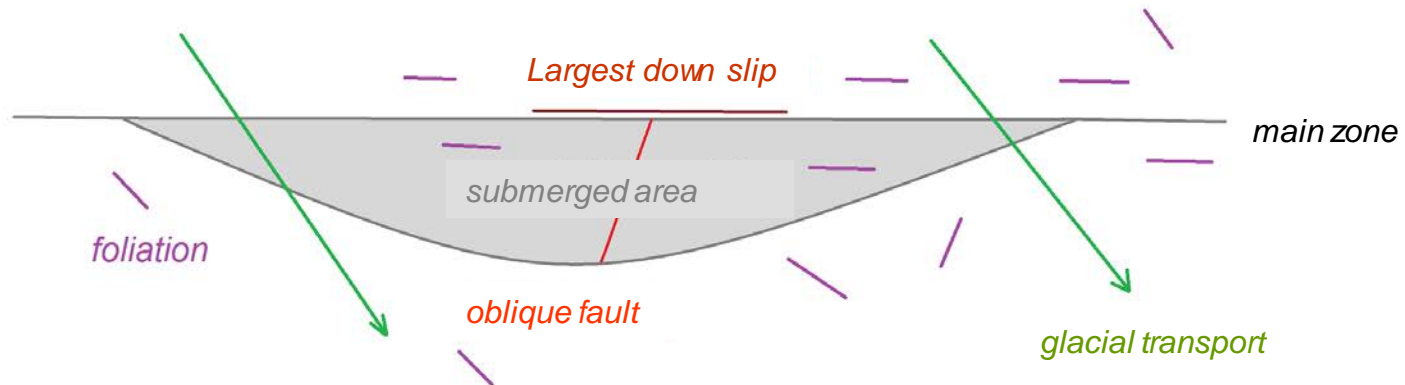
DISPOSAL AREA



**THE FORSMARK LENS** 10 x 2.5 km (ca 12 km<sup>2</sup>)

*the ground surface is lowered at least 15 m over a distance of 2.5 km*

*the submerge volume is appr 0.2 km<sup>3</sup>*



## *LOCALISATION conclusions*

The site for disposal of highly radioactive waste is suggested to be located in a potentially plate tectonic active region with suspected recent deformation

Attention to this situation has repeatedly been documented:

Aeromagnetic measurements, Geological Survey of Sweden report

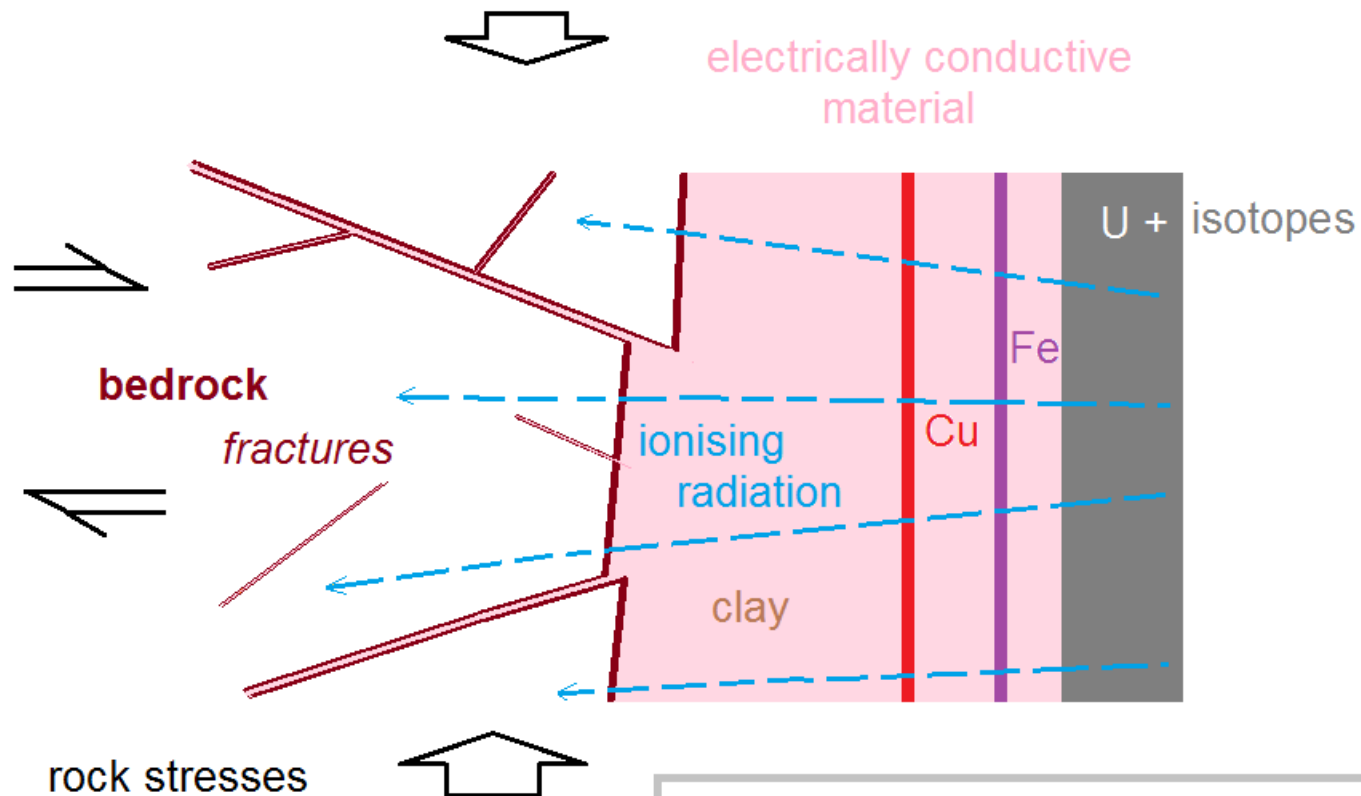
1st order shear zones (SKB report 1994)

KASAM report 2004

Ny Teknik - discussion 2011

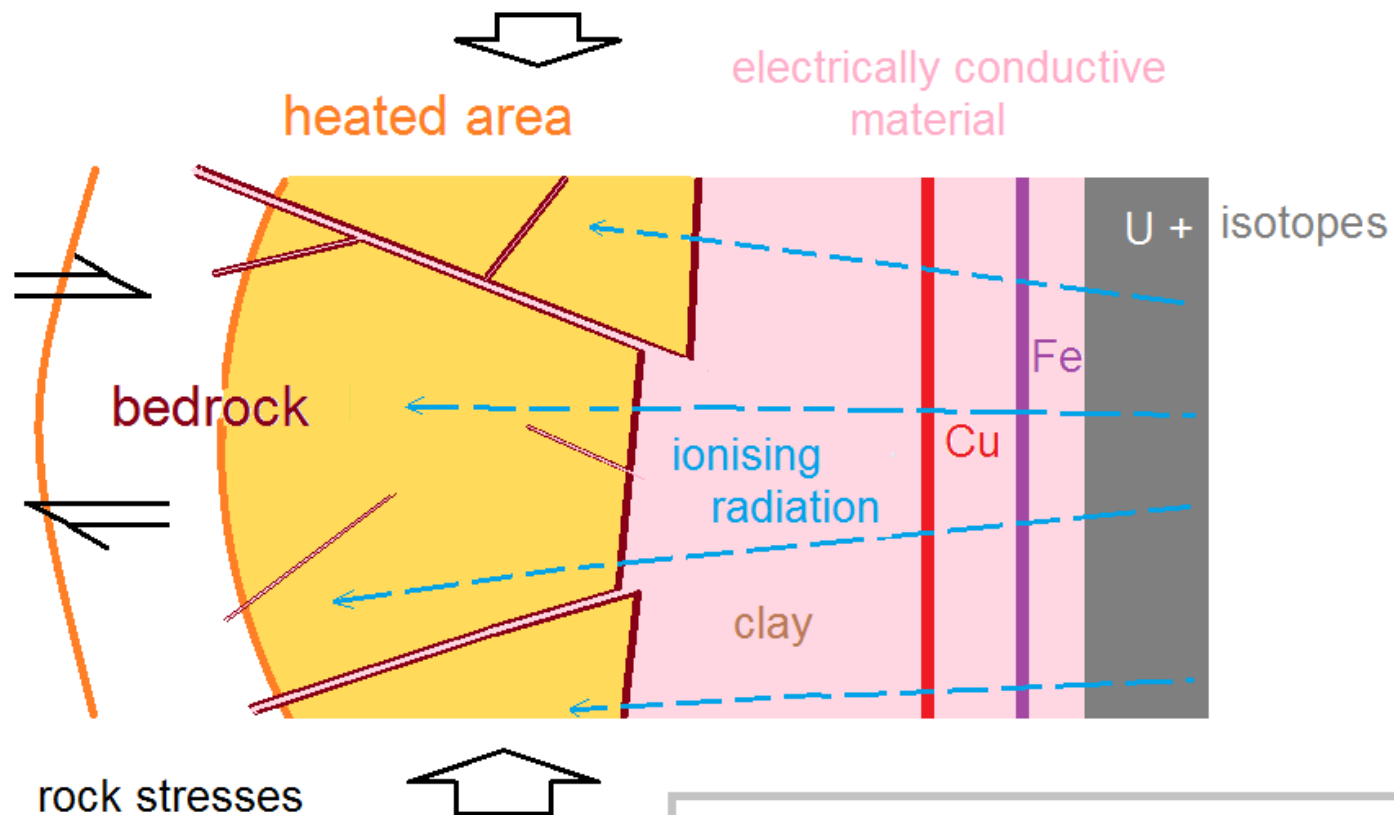
and is now repeated in the utterance to the environmental court

# INCAPSULATION



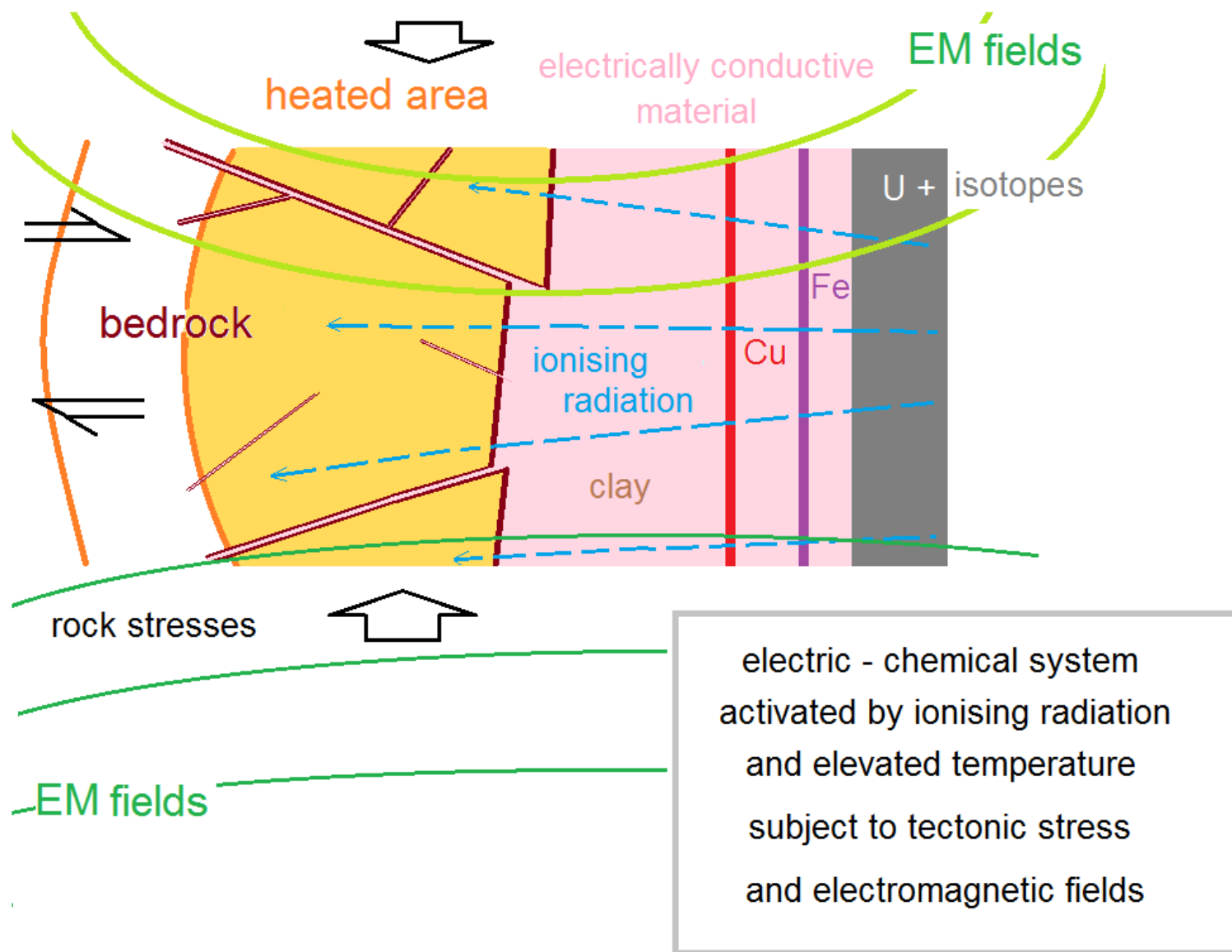
electric - chemical system  
activated by ionising radiation  
subject to tectonic stress

# INCAPSULATION



electric - chemical system  
activated by ionising radiation  
and elevated temperature  
subject to tectonic stress

# INCAPSULATION



## *INCAPSULATION conclusions*

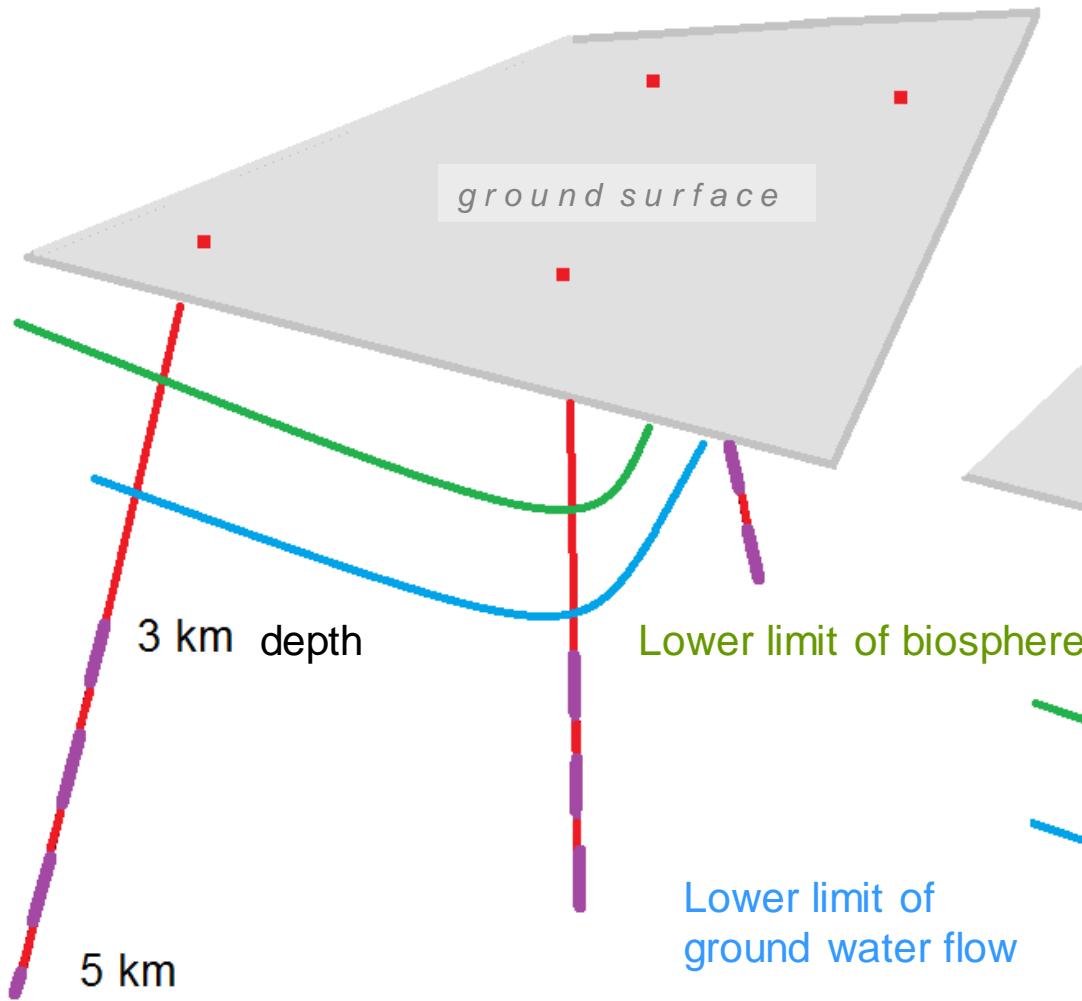
Ionizing radiation and increased temperature accelerate chemical processes

Electrically conductive materials and induced electromagnetic fields cause electric currents that affect the transport of ions

The incapsulation and its surrounding is part of an active corrosive environment

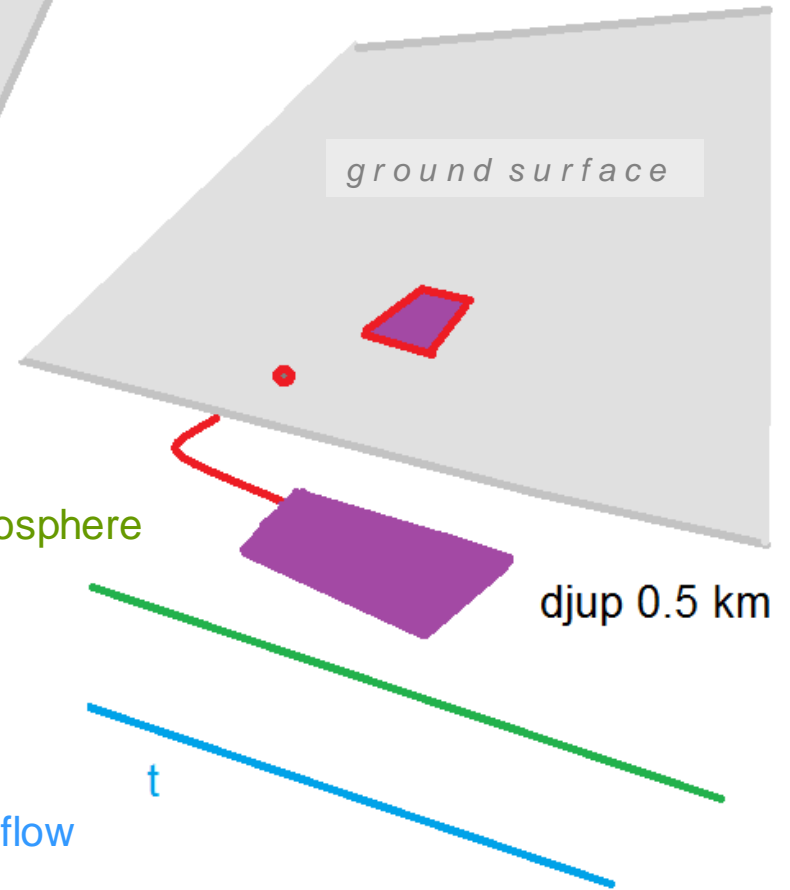
# DESIGN

risk reduktion

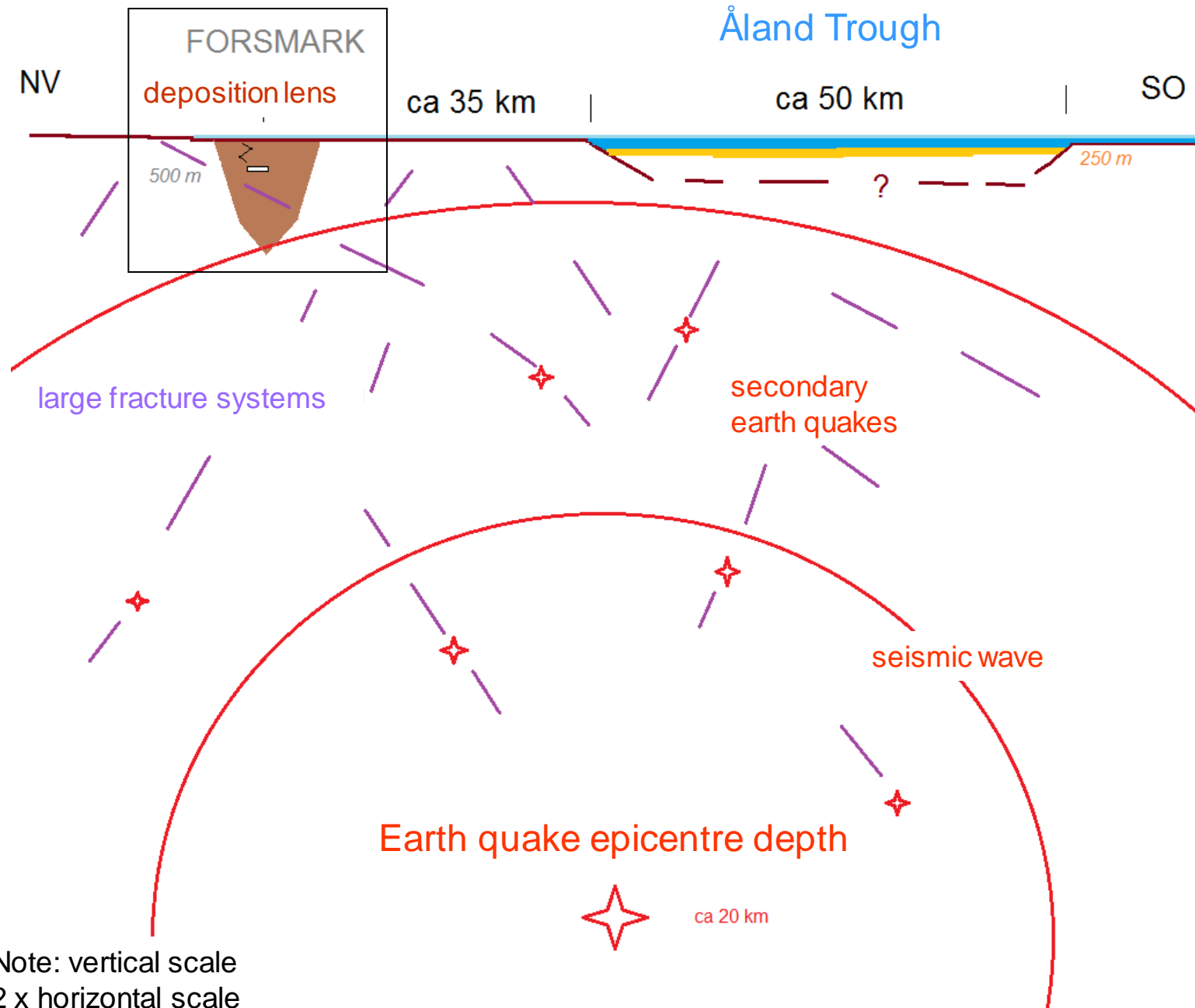


risk reduction over long time

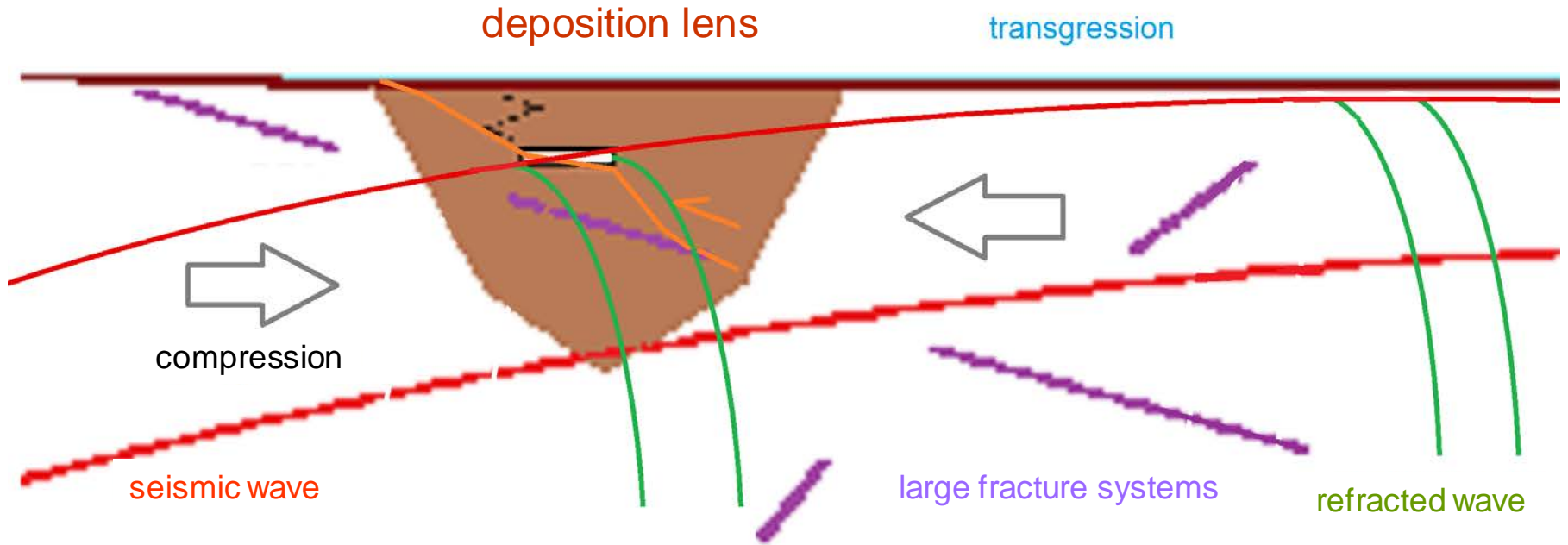
risk concentration



risk concentration over both short and long time



## Section parallel to shear zone



1 – a compressional shear lens is deformed by thrusting / reverse faults

2 – the seismic wave is refracted at the contact with material having different wave velocities

especially at free surfaces or strongly contrasting structure

## *DESIGN conclusions*

Weakening of the bedrock by excavation results in a seismic discontinuity where refracted seismic waves can interact in a destructive way.

Under compression the weakened area in the deposition lens is a potential slip surface for thrusting.

Extremely risky material is concentrated in the biosphere and in an area with mobile ground water.

Together with other nuclear installations it represents a risk concentration.

The material in the incapsulation and plutonium in the waste are demanded resources.

***Attempts for reclaiming to extract copper and plutonium to produce nuclear arms are real risks as well as un-intended future intrusions.***

## *IN SUMMARY*

By political convenient decisions, the waste disposal site has been located to existing nuclear installations

There are too many unlikely conditions,

methodological problems and serious errors,

for the KBS method to be considered safe as is claimed

The lack of alternatives puts the environmental court in an ultimative situation

## *PLEA*

That the waste disposal site not is located in the Forsmark area

That the incapsulation is not accepted

That the design as a concentrated storage facility is dismissed

## Bild 1 – 3 Inledning

# Förklarande texter till .ppt bilder Mål 1333-11 Herbert Henkel

## Bild 4 – 9 Metodproblem

### Bild 4

För att man ska kunna göra en prognos för 100 000 år krävs observationer från en minst 200 000 års period. Det är fundamental statistisk samplingsteori. Att utgå från 10...100 års tidsfönster / tidsintervall där data föreligger är således otillräckligt och helt vilseledande. Tabellen visar hur små deformationer, som inte ens är mätbara under en 10 års period, adderar sig till stora förskjutningar med tiden. På samma sätt adderar sig jordskalv som förekommer sällan – och därför kanske inte har förekommit under den studerade tidsperioden, men kan ha stora magnituder – till ett stort antal under den 100 gånger längre tidsperiod som man avser att göra en prognos för.

### Bild 5-6

Beskriver ett liknande metodproblem – men nu med ett begränsat område / geografiskt fönster som utgångspunkt. För att förstå det strukturgeologiska sammanhanget för en liten yta ingår i, behöver man data över ett avsevärt större område. Det hjälper inte att ha mycket detaljerade data på den begränsade ytan. I fallet Forsmark är dessutom hälften av den större omgivningen under vatten och därmed oåtkomlig för observation.

Däremot föreligger flygmagnetiska data över den större ytan. Kartan till höger på bild 6 togs fram så snart de flygmagnetiska mätningarna förelåg. Den visar att Forsmarksområdet ligger i en ca 20 km bred skjuvzon (mellan det södra lineamentet märkt S och det norra märkt N). Redan då påpekades Forsmarkszonen (markerat med F på kartan) med Forsmarkslinsen (som särskilt markerats) som en potentiellt post-glacialt (sent under eller efter istiden) bildad struktur. P kartan anges också den stora tektoniskt anlagda (genom förkastningar begränsade) grabenstrukturen (geologiskt nedsänkt område) som ligger i den sydöstra förlängningen av skjuvzonen. Dess djupaste del ligger över 200 m under vattenytan (grå markerad) i ett större område med sandsten av Jotnisk ålder (gul markerad med J på kartan).

Genom att grabenstrukturen har en mycket markant topografi och det saknas yngre sediment i sänkan, kan den vara anlagd i sen geologisk tid och vara förknippad med pågående geologiska processer.

### Bild 7

Den bilden har gjorts för att skingra uppfattningen att skjuvzonerna i Forsmarksområdet är miljarder år gamla. Den åldern avser de fossila duktila (bildade när berggrunden under hög temperatur hade lägre viskositet) skjuvzonerna som man nu kan se i markytan – de uppkom på djupet i jordskorpan för länge sedan. På grund av erosion under långa geologiska perioder har de hamnat vid jordytan. Berggrundens duktila tillstånd har då övergått till ett elastiskt (med avsevärt högre effektiv viskositet som svar på bergspänningar genom brott).

De duktila skjuvzonerna karakteriseras av skjuvlinsor – volymer i berggrunden som omges av mer intensiva rörelsezoner. Dessa linsor uppkommer på grund av bergspänningarnas orientering i förhållande till befintliga möjliga rörelsezoner. De är av två slag: *Tensionslinser* (som Forsmarkslinsen) där berggrunden dras isär, den fria ytan sänks och det inre av linsen bryts sönder utmed branta tvärställda förkastningar (normalförkastningar där den ena sidan sänks i förhållande till den andra). Och *kompansionslinser* där berggrunden trycks ihop utmed flacka överskjutningar (eller reversa förkastningar där det ena blocket höjs över det andra underliggande) och den fria ytan höjs. Båda typerna kan förekomma intill varandra och uppkomma vid olika tillfällen.

### Bild 8

Eftersom SKB påstår att ingenting geologiskt hänt i Forsmarksområdet sedan bergarterna bildats visas en tidslinje med några geologiska händelser som inträffat sedan dess. Det avser att belysa det orimliga i att hänvisa till miljardår gamla händelser (och påstå att inget hänt sedan dess) när det faktiskt pågår omfattande förändringsprocesser. Den övre delen av tidslinjen omfattar 2 miljarder år, den nedre omfattar de senaste 100 miljoner åren, inklusive en 200 000 års period med den senaste istiden, fram till nu. De ungefärligt markerade avsnitten representerar alla omfattande omgestaltning av geologin med omväxlande sedimentavsättning när områden låg under havsytan och därpå följande erosion när höjdes genom tektoniska processer. Dessa omgestaltningar har inte lämnat några andra spår i den nu synliga berggrunden än en reaktivering av olika rörelsezoner.

### Bild 9 Konklusioner angående metodproblem

### Bild 10 – 15 Lokaliseringen

## Bild 10

För närvarande pågående tektoniska processer beskrivs i publikationen av Redfield och Osmundsen (och flera andra) som ett led i en begynnande subduktion vid norska kusten med återverkningar längs Norrlandskusten. Dessa ger sig tillkänna i den zon med jordskalv som följer Norrlandskusten. Zonen upphör i söder mot den ca 20 km breda mot sydost orienterade skjuvzon som omnämns i Bild 6. Att den zonen inte har frekventa jordskalv beror på att den är orienterad i den maximala horisontella huvudspänningens riktning där rörelser i berggrunden kan ske aseismiskt t.ex. genom strike slip (horisontella blockrörelser) i befintliga branta rörelsezoner. Pågående plattetektoniska processer är således kopplade via de 1<sup>a</sup> ordningens skjuvzoner som genomsätter litosfären. (att de kallas 1<sup>a</sup> ordningen beror på att de omsluter litosfärblock av samma dimension som litosfärens mäktighet, för närvarande 200 till 250 km).

## Bild 11

Här skissas några tvärsnitt vid punkterna 1, 2, 3 (markerade på den högra kartan på bild 10 – Forsmarksområdet är nr 3) som visar vilken slags deformation som förekommer med anledning av de pågående plattetektoniska processerna vid norska kusten.

Område 1 i Norrbotten länkar norska kusten till Norrlandskusten via en NV-SO orienterad 1<sup>a</sup> ordningens skjuvzon. I den ligger flera postglaciala reversa förkastningar som har undersökts mera detaljerat. I en av dessa pågår deformation som ger sig tillkänna med jordskalv. Det har illustrerats med en profil i NV-SO riktning.

Område 2 avser Norrlandskusten, där den ackumulerade effekten av normalförkastningar har resulterat i sänkningen av det som nu är Bottenviken och Bottenhavet. Utmed zonen förekommer frekventa jordskalv som visar att processen pågår. Det har illustrerats med en profil i V-O riktning.

Område 3 avser Forsmarksområdet. Den seismiskt aktiva zonen utmed Norrlandskusten upphör mot den ca 20 km breda 1<sup>a</sup> ordningens skjuvzon som beskrivits i Bild 6 och texten till den. När Bottenhavet och Bottenviken gradvis sänks utmed Norrlandskusten blir också denna zon involverad. Öster om Forsmark ligger ett av Östersjön djupaste områden i förlängningen av den 20 km breda skjuvzonen. Storleken av det djupaste området visar att mycket stora blockrörelser har ackumulerats. Och avsaknaden av yngre sedimentavsättningar visar att dessa rörelse skett i sen geologiska tid och kan vara ett led i en pågående tektonisk process.

## Bild 12

Ett tvärsnitt genom jordskorpan (till 60 km djup) från NV i Norska Havet till SO i centrala Finland, som också visar läget av jordskalv. Siffran är antalet skalv projicerat på profilen vid skalvens genomsnittliga djupläge. Den högra (östra) jordskalvszonen är Norrlandskusten. Sedan modellen har tagits fram har fler skalv inträffat.

## Bild 13

Här förtydligas situationen kring Forsmark mot bakgrund av den flygmagnetiska kartan. Det tänkta förvaringsområdet (blå ellips) ligger mellan de stora rörelsezonerna *Singözonen* och *Forsmarkszonen* (röda på den grå bakgrundsbilden – förutom dessa finns fler liknande vilket framgår av de många parallellt orienterade magnetiskt indikerade zonerna, Forsmarkszonen med den karakteristiska skjuvlinsen är den södra av dessa). Mot öster ser man det djupa tråget Ålandsdjupet i Östersjön i sitt rätta läge och skala i förhållande till den geofysiska kartbilden. Ålandsdjupet ligger i direkt fortsättning till de stora skjuvzonerna,. Eftersom tråget inte är fyllt med sediment är det bildad i sen geologisk tid. Skjuvzonen är en ca 20 km bred struktur med dels fossila, inlänkade strukturer, dels yngre överpräglade rörelsezoner.

## Bild 14

Längs Forsmarkszonen (som här visas roterad så att zonen är parallell med bildkanten) ses en ca 10 km lång skjuvlins som ett ca 12 kvadrat km stort nedsänkt område i terrängen (som är återgiven som en höjdsiktiskarta, baserad på den topografiska kartans 5 m höjdkurvor). Strukturen är extremt tydlig vilket gör att den kan misstänkas vara rätt nyligen bildad – förmodligen sent under eller efter istiden. Det krävs ett mycket stort jordskalv för att den ska uppstå vid ett tillfälle. Linsen ligger i direkt anslutning till förvaringsområdet (blå ellips i övre delen på bilden – dvs. nordost om linsen).

På bilden visas också istransportriktningen (som är nära N-S) och den mycket äldre överpräglade foliationen (parallellorientering av mineralkomponenter) i berggrunden. Man ser att huvudzonen har följt det gamla

strukturmönstret medan den bågformiga sydvästra begränsningen av linsen och den inre tvärförkastningen skär över de gamla strukturerna. Istransporten har inte påverkat en skarpa topografiska formen.

## **Bild 15 Konklusioner angående lokaliseringen**

### **Bild 16-19 Inkapslingen**

#### **Bild 16**

Ett försök att illustrera situationen i förvaret som ett tvärsnitt genom kapslar, bentonitlera och berggrund, omgivet av bergspänningar. Kapslar, lera och sprickor i berggrunden är elektriskt ledande material.

#### **Bild 17**

Efter att det radioaktiva avfallet deponerats kommer temperaturen att höjas avsevärt, vilket påskyndar kemiska processer. Den radioaktiva strålningen joniserar material i omgivningen som därmed ökar den elektriska ledningsförmågan.

#### **Bild 18**

Till detta kommer elektromagnetiska fält som induceras i de elektriskt ledande materialen. Det ger upphov till elektriska strömmar som påskyndar t.ex. korrosion. De elektromagnetiskafälten härrör dels från ytan (där de är antropogena) och dels från djupet på grund av åskurladdningar i ekvatorsbältet. De visserligen svaga strömmarna kommer att påskynda korrosionen under den långa lagringsstiden.

## **Bild 19 Konklusioner angående inkapslingen**

### **Bild 20 - 23 Utformningen**

#### **Bild 20**

En skiss som jämför olika riksspridningsstrategier. De visar också att avfallet måste lokaliseras utanför området med rörligt grundvatten dvs. så djupt ner att kontakt med biosfären inte kan ske genom grundvattenrörelser. För lagring under 100 000 år reduceras risken avsevärt om avfallet sprids geografiskt jämfört med att koncentrera det till en plats.

#### **Bild 21**

En skiss som visar förvaringslinsen i längssnitt och läget i förhållande till det ca 35 km mot sydost belägna Ålandsdjupet, som är ett av Östersjöns djupaste tråg och har utsträckning på ca 50 km i skjuvzonens riktning. Jordskalv som sker i närheten (här markerat med ca 20 km epicenterdjup – de kan dock förekomma betydligt grundare) ger upphov till mindre efterskalv i en större omgivning (där berggrunden anpassas till nya lägen med anledning av blockrörelsen som utlösts av huvudskalvet). Ett skalv med magnitud 5 ger ca 2 cm blockförskjutning vid epicenterdjupet. Förskjutningen ökar när större energimängder utlöses vid högre magnitud - med en faktor på ca 30 för varje magnitudsteg.

#### **Bild 22**

Området för förvaringslinsen har förstörats. Utformningen av Forsmarkslagret som en ca 1 kvadrat km stor urholkad bergvolym på ca 500 m djup leder till att berggrunden i förvaringslinsen försvagas. Det skapar dels stora fria ytor i förvaret, men också ett område som kan utnyttjas till överskjutningar om man befinner sig i en aktiv kompressionslinje (markerad med orange linje).

Den seismiska vågen från ett jordskalv refrakteras (och reflekteras) i kontakt med material eller strukturer som har en avvikande seismisk hastighet. Dessa vågor kan interferera – förstärka varandra på ett destruktivt sätt. Vid hög energiomsättning (som vid ett kraftigt skalv i närheten) kan processen resultera i en tillfällig fluidisering (sänkning av den effektiva viskositeten genom fragmentering) av berggrunden. om energin i den seismiska pulsen är mycket hög. Vid den fria ytan kan fluidiseringen ge upphov till stora blocksamlingar, när den yt nära berggrunden med av sprickor begränsade block, fragmenteras och sprids.

## **Bild 23 Konklusioner angående utformningen**

### **Bild 24 Summering**