

KLIIMA-
NEUTRAALNE
AASTAKS
2035

**TAL
TECH**

EESTI ALUSKORRA SOBIVUS KASUTATUD TUUMAKÜTUSE GEOLOOGILISEKS LÕPPLADUSTAMISEKS

Rutt Hints, Atko Heinsalu, Alvar Soesoo, Rein Vaikmäe ja Jüri Vassiljev
Geoloogia instituut

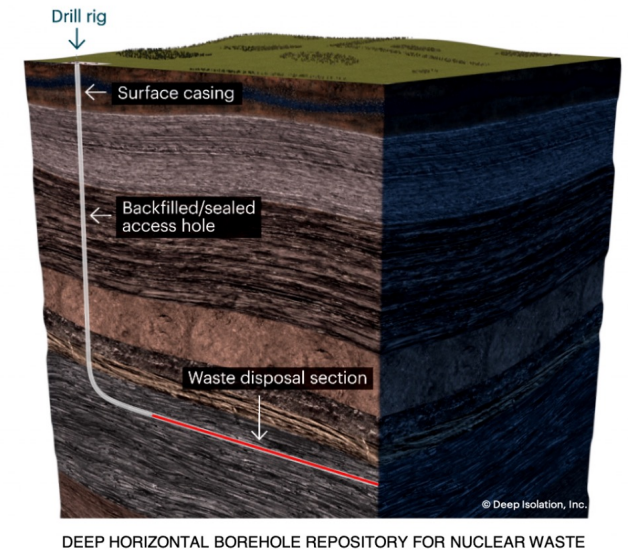
**TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOO**

TEEMAD

- Uuringu taust ja eesmärk
- Geoloogilise lõppladustamise kohtade valiku kriteeriumitest
- Soome ja Rootsi lõppladustuspaikade geoloogia
- Eesti aluskorra ehituse põhijooned ja ladustamist mõjutavad geoloogilised tingimused
- Tulemused ja väljakutsed

UURINGU TAUST JA EESMÄRGID

- Kõrgaktiivsete radioaktiivsete jäätmete **geoloogiline ladustamine** on nende lõppladustamine maapõue stabiilsetes kompleksides moel, mis tagab jäätmete pikaajalise isoleerimise biosfäärist ning mille puhul ei nähta ette vajadust jäätmete väljavõtmiseks
- Selgitada kas Eesti aluskorras leidub naabermaades rajatavate geoloogiliste lõppladestuspaikadega sarnaseid stabiilseid kivimikompleksse
- Selgitada kas Eesti aluskorra puhul esineb geoloogilisi kriteeriume, mis välistaksid tuumkütuste lõppladestuspaiga rajamise
- Anda hinnang uuringu „*Deep Isolation in Estonia*“ järeldestele, mis käsitleb geoloogilist ladustamist 1,5 km sügavusel aluskorras horisontaalsetes puuraukudes
- Uuring valmis Fermi Energia tellimusel

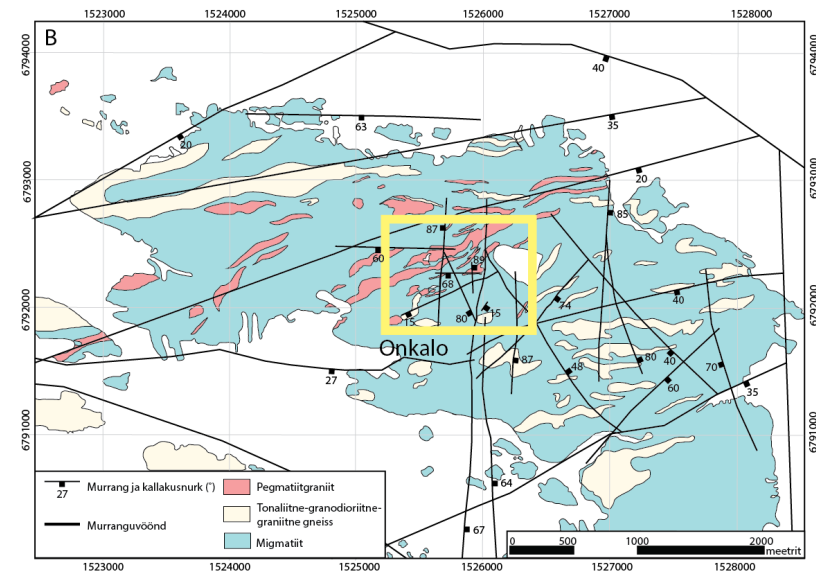


GEOLOOGILISE LÕPPLADUSTUSKOHA VALIKU KRITEERIUMID

- Ladustamisel **passiivne isolatsioon maapinna bio- ja hüdrosfäärist** > 10000 aastaks
- Isolatsiooni tagavad
 - **Barjäärsüsteemid** – olulisemaks barjääriks on ladustuskoha **madala veejuhtivusega kivimid**
 - **Suur ladustamise sügavus**
- **Maapõue pikaajalise geoloogilise stabiilsuse** hindamisel on vaja arvestada järgmisi kriteeriume:
 - **kliimaajalugu ning oodatavad pikemaajalised trendid**
 - **tektooniline ajalugu ja geoloogiline keskkond kohalikul ja piirkondlikul tasandil**
 - **neotektooniliste protsesside ulatus**
 - **murrangute esinemine**
 - **kohalik pingelukord maapõues**
 - **hinnang potentsiaalsete maavärinate karakteristikutele ja maksimaalsele intensiivsusele**
 - geotermilised gradiendid ja andmed maapõue soojusallikate kohta
 - aktiivse vulkanismi esinemine
 - diapirismi esinemine
 - **paleohüdroloogia** (IAEA, 2011)

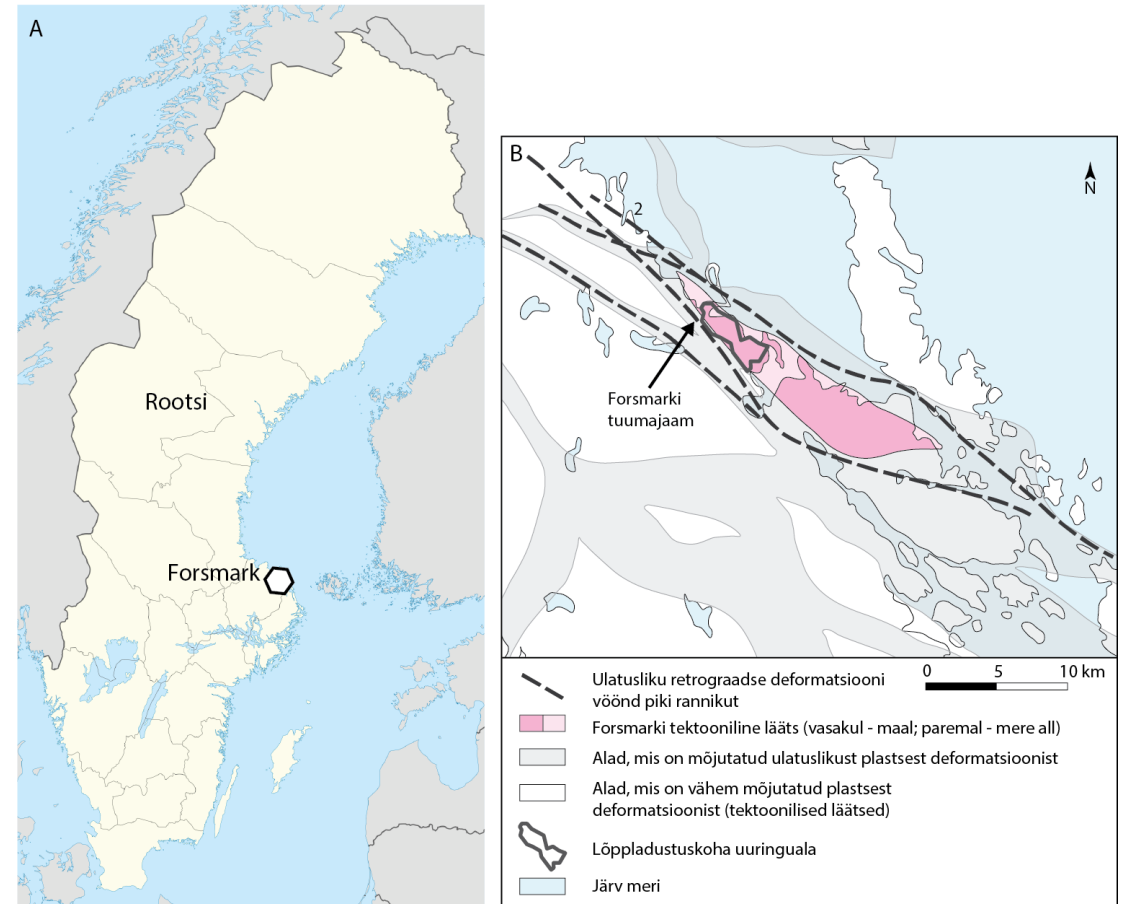
ONKALO LADUSTUSKOHA GEOLOOGIA SOOMES

- **Tektooniliselt stabiilsel** kilbialal
- Ulatub 520 m sügavusele kõrge moondeastmega kivimitesse
- Valdavad **migmatiseerunud vilgugneisid**
- Maakoor kujunes ja deformeerus Svekofennia mäetekkeprotsessides 1,89 – 1,77 miljardit aastat tagasi
- Mesoproterosoikumis tekkisid ala **põhilised lõhede-murrangute süsteemid**
- Väljaspool purustatud tsoone on **kivimite lõhelisus ja veejuhtivus väga madal**



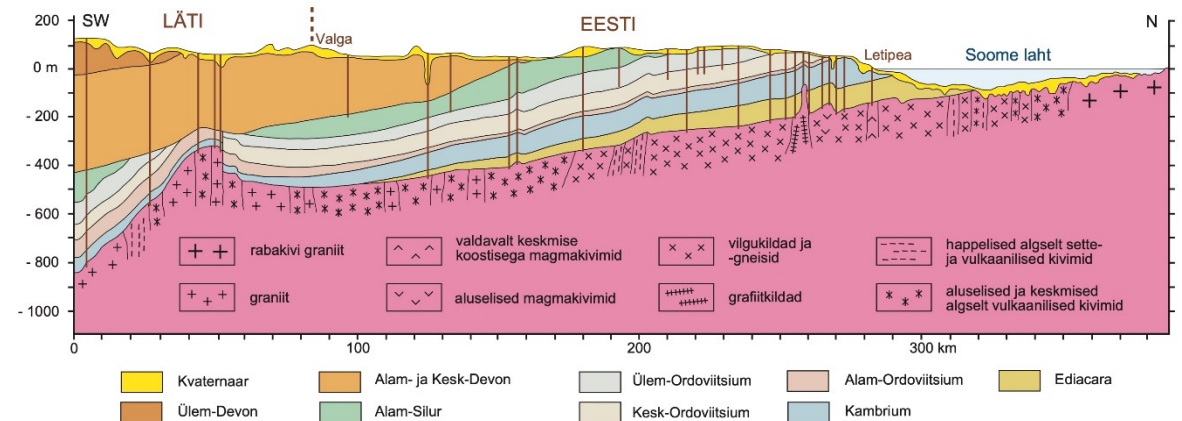
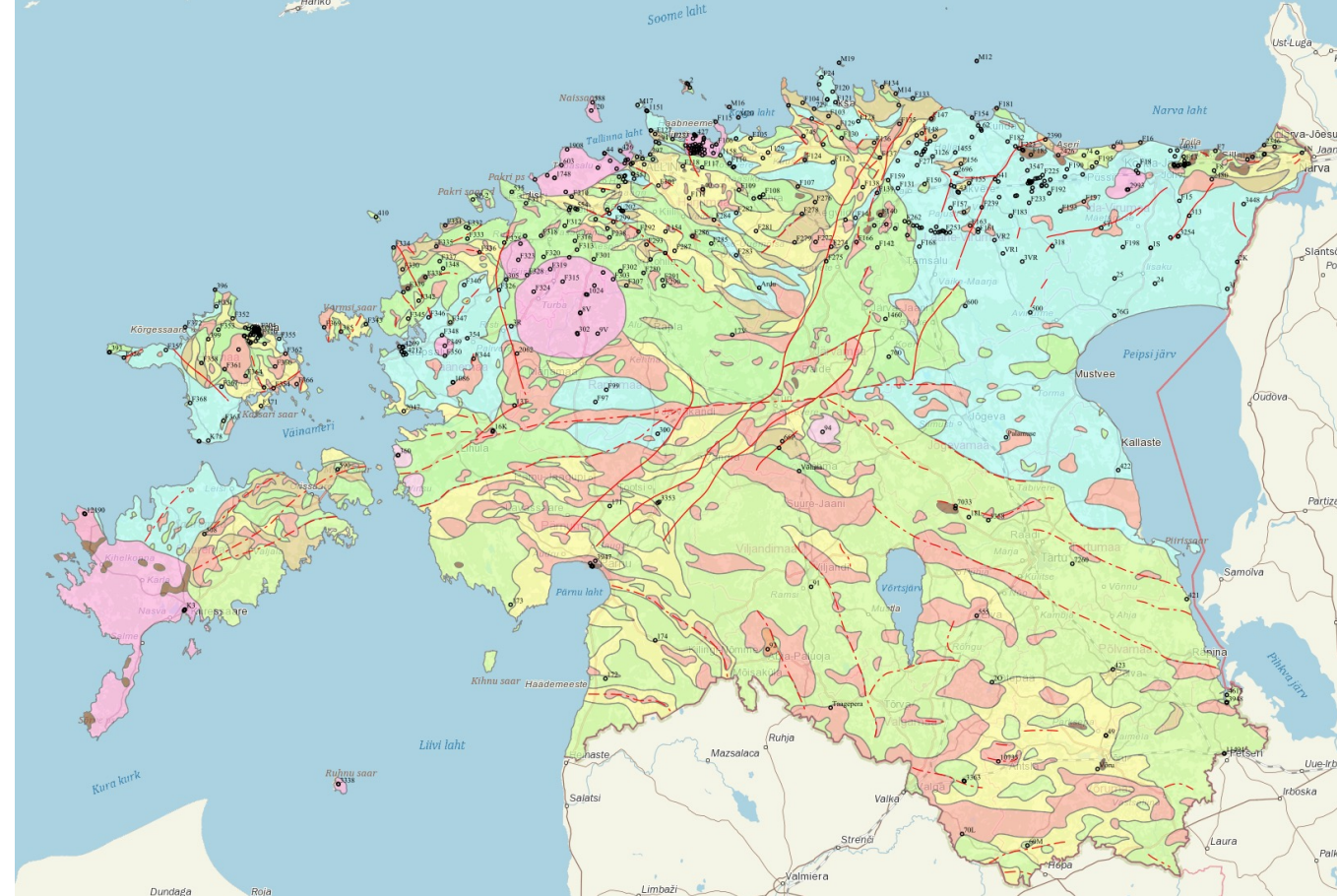
FORSMARKI LADUSTUSKOHA GEOLOOGIA ROOTSIS

- **Tektooniliselt stabiilsel** kilbialal
- Ulatub kuni 500 m sügavusele
- Valdavad **graniitse kuni granodioriitse koostisega gneisid**
- Maakoor tekkinud Svekofennia mäetekkel
- Seotud plastsed deformatsioonid akumulbeerunud kõrgema deformatsiooniastmega vöönditesse
- Vööndite vahele jäävad **tektoonilised läätsed**, Forsmarki ladustuskoht ühes taolises läätses
- **Haprad deformatsioonid** tekkinud 1700-400 miljonit aastat tagasi, **osaliselt langevad kokku varasemate plastse deformatsiooni vöönditega**
- >250 m maapõues väljaspool purustustsoone kivimite lõhelisus ja veejuhtivus väga madal



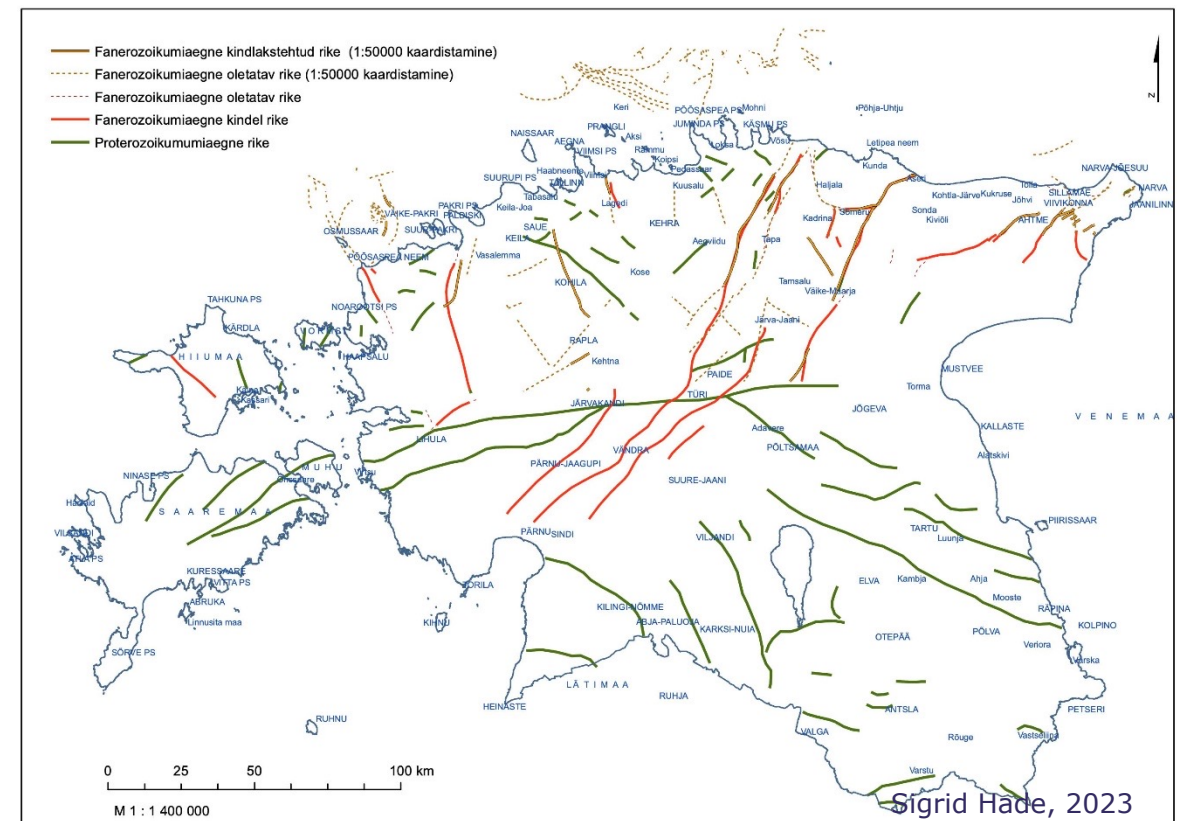
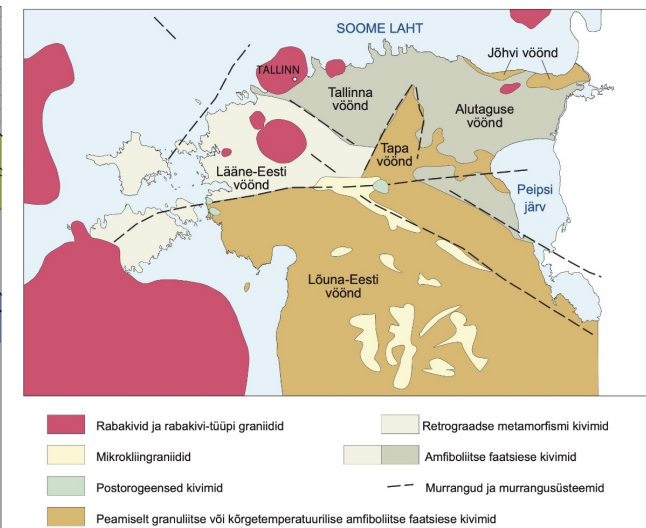
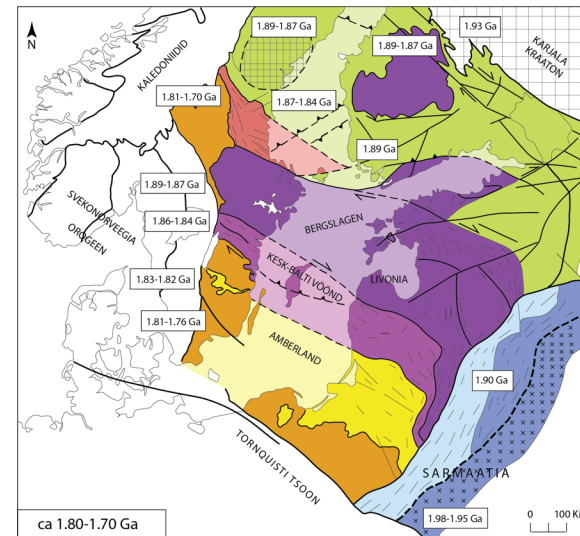
EESTI ALUSKORRA GEOLOOGIA I

- Fennoskandia **kilbi nölval**, aluskorra **moonde- ja magmakivimeid katab setteline pealiskord**
- Aluskorra pealispind Põhja-Eestis ~100 m sügavusel ja Lõuna-Eestis >700 m sügavusel
- Uuritust – > **500 aluskorra puurauku** (valdavalt Põhja-Eestis) + **geofüüsikalised uuringud**
- Aluskorra moodustavad
 - Kõrge moondeastmega moondekivimid, deformeeritud
 - Magmakivimid, deformeerimata



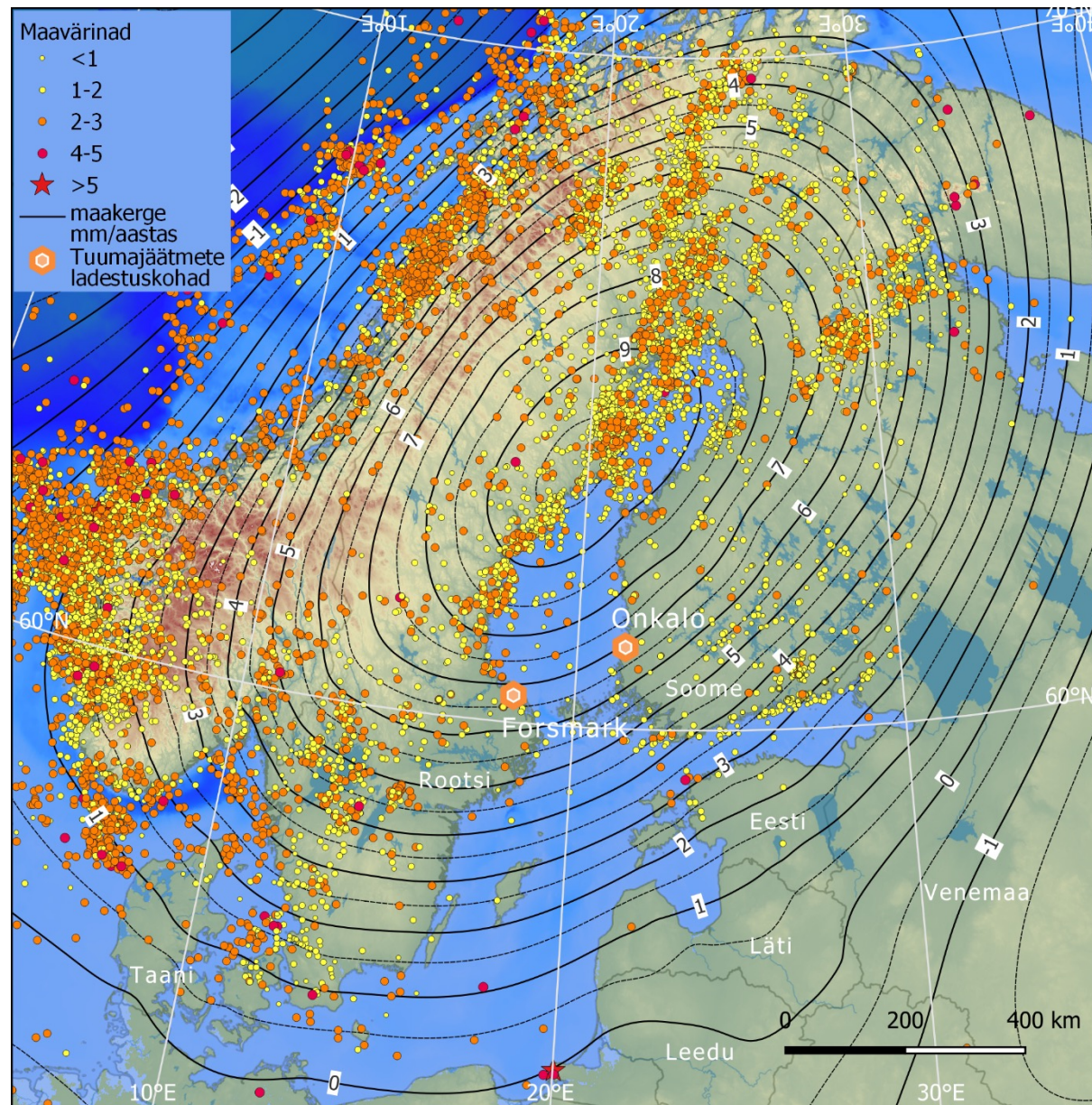
EESTI ALUSKORRA GEOLOOGIA II

- **Moondekivimid** tekkinud ja deformeerunud Svekofennia mäetekkeprotsessides
- Jagatud **Põhja-Eesti**, madalama moondeastmega, ja **Lõuna-Eesti**, kõrgema moondeastmega, **vööndiks**, mida eraldab **Paldiski-Pihkva süvamurrangute süsteem**, vööndid kivimite omaduste alusel veel 6 tsooniks
- Lisaks mäestikutekkejärgselt tekkinud **magma kivimite kompleksid**, sh rabakivi plutoonid
- Põhilised **deformatsioonistruktuurid** on kaardistatud, kuid **info** tekke, ulatuse, veejuhtivuse osas on **piiratud või puudub**
- Uutes **süvapuuraukudes** tuvastatud **väga madala lõhelisusega kivimite** esinemine
- Olemasolevad andmed näitavad, et Eesti aluskorras esineb Onkalo ja Forsmarki kivimitega omadustelt sarnaseid komplekse



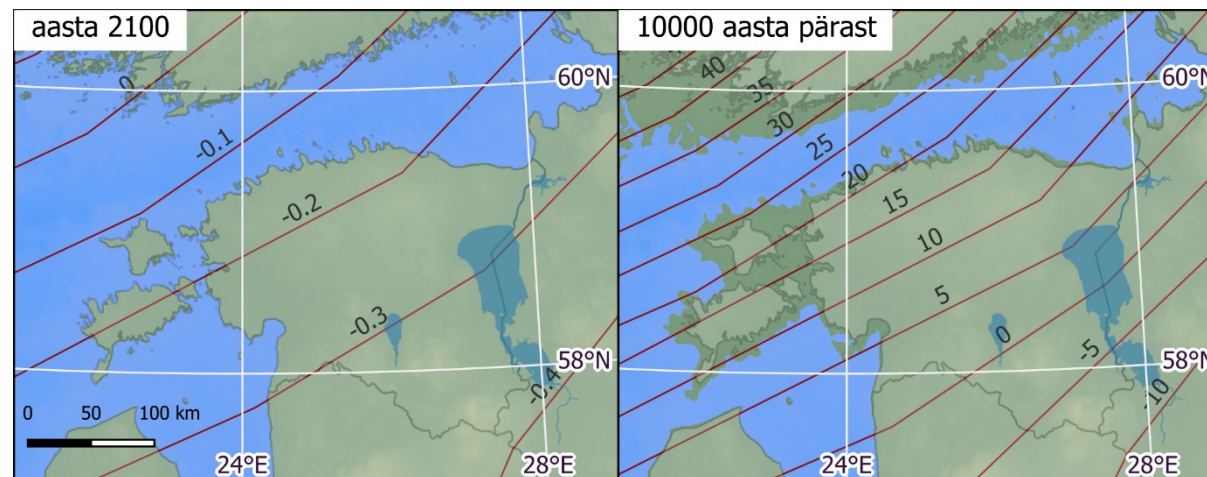
NEOTEKTOONILISED LIIKUMISED REGIOONIS JA PINGED MAAKOORES

- Piirkond on olnud tektooniliselt stabiilne viimane 0,9 miljardit aastat
- **Jääajajärgne maakerge** on **Eesti** alal **kuni 3 mm/a**, st vähemalt poole väiksem Onkalo ja Forsmarki piirkonnast
- Kaasaegsed tektoonilised horisontaalpinged tulenevad Atlandi ookeani avanemisest ja Aafrika laama nihkumisest
- **Maavärinad harvad, väikese magnituudiga** (1-2)
- Eesti ala seismiliselt vähemaktiivsemas tsoonis kui Forsmark



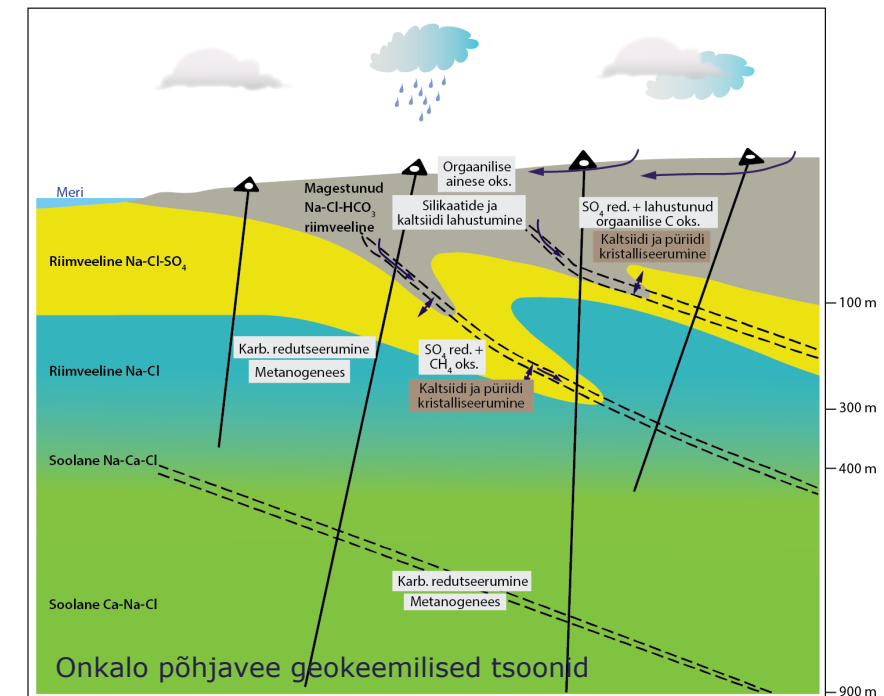
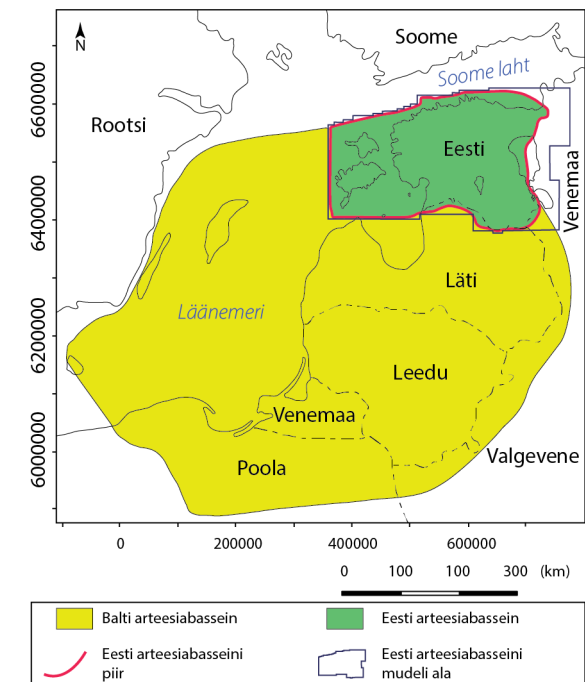
RANNAJOONE MUUTUSTE PROGNOOS

- **Aastaks 2100 ületab Eestis merevee taseme tõus 0,1-0,6 m võrra maatõusu** (vahe suurus sõltub globaalse keskmise temperatuuri tõusust)
- **Pikas perspektiivis on maatõus suurem meretaseme tõusust** – Eesti maismaa-ala suureneb



PÕHJAVESI JA PALEOHÜDROLOOGIA

- **Eesti põhjaveekompleksid** on seotud kihilise ehitusega **settelsisse pealiskorda** erinevalt Onkalost ja Forsmarkist
- Sügavusteni 200-300 m allpool merepinda mage vesi, sügavamal üldjuhul Na-Cl tüüpi vett
- **Põhjavee allikaks** on olnud **sademeveed, liustike sulaveed ja soolased süvaveed**
- **Aluskorras** potentsiaalselt **esinevat poori- ja lõhetäidete vett uuritud ei ole**, puuduvad andmed, mis näitaksid veevahetust põhjaveekomplekside ja aluskorra vajel (v.a murenemiskoarik)
- **Süvavee ^{36}Cl isotoopuuringud naabermaades** näitavad, et sealne lõhe- ja poorivesi on olnud ülemistest veekogumitest **isoleeritud >1 miljonit aastat**
- Eesti aluskorras, sügavustel 1,5 km, süvavee tekke ja isoleerituse selgitamiseks on võimalik kasutada **uudseid fluidisuletiste väärisgaasi isotoopanalüüsi meetodeid**



TULEMUSED JA VÄLJAKUTSED

- **Eesti aluskorras leidub kivimkompleksse, mis on võrreldavad naabermaade lõppladustuspaikadega** ning potentsiaalselt toimivad efektiivse barjäärina kasutatud tuumakütuste lõppladustamisel
- **Uuringus ei tuvastatud geoloogilisi kriteeriume, mis välistaksid lõppladestupaiga rajamise Eestisse**
- Ülevaateuuring kinnitab varasema *Deep Isolation'i* uuringu põhitulemusi
- **Väljakutseteks** võrreldes naaberaladega on **suured ladustamise sügavused** ja siinse aluskorra tunduvalt **madalam uuritus**, sh
 - Deformatsioonide teke, ulatus, orientatsioon, lõhedega seotud mineralisatsioon, jne
 - Aluskorra süvavee esinemine, koostis, teke



EESTI ALUSKORRA SOBIVUS KASUTATUD
TUUMAKÜTUSE GEOLOOGILISEKS
LÖPPLADUSTAMISEKS

Aruande koostajad: Rutt Hints, Atko Heinsalu, Alvar Soesoo, Rein
Valdmäe, Jüri Vassiljev
Tallinna Tehnikaülikool geoloogia instituut

Tallinn 2023

2035

TAL
TECH

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Rutt Hints

rutt.hints@taltech.ee

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOOL