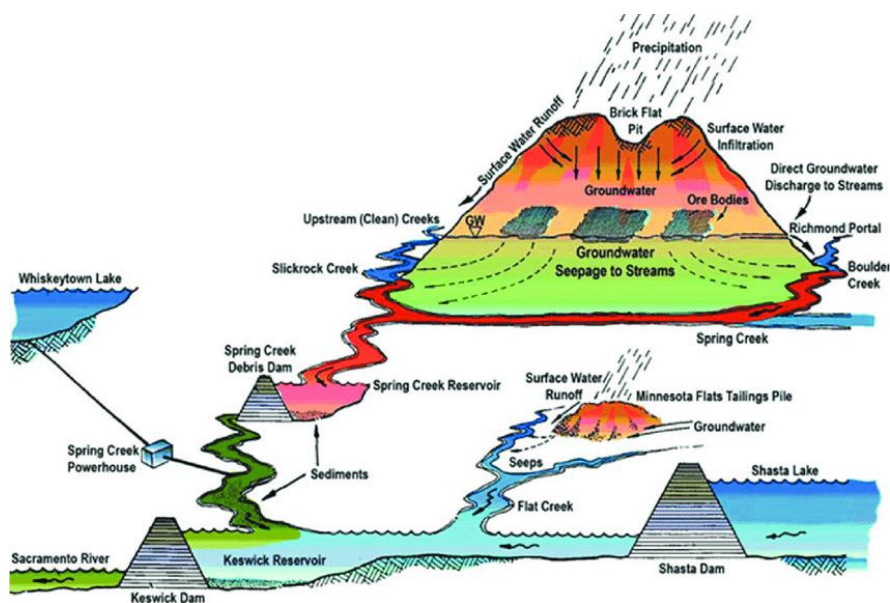


# Milleks on kasulik keskkonnageoloogiline modelleerimine



Erik Puura, Tartu Ülikooli arendusprorektor

Virumaa Maapõuepäev 2018

26.10.2018

## VIRUMAA MAAVARADE VÕIMALIKU KAEVANDAMISE KESKKONNAMÕJUD PÕHJA- JA PINNAVEELE NING MAASTIKULE KESKKONNAGEOLOOGILISTE MUDELITEGA ANALÜÜSITUNA KOOS ALTERNATIIVSETE LEEVENDUSMEETMETEGA

[Avaleht](#)

[Projekt](#)

[Juhtkomitee](#)

[Materjalid](#)

[Modelleerimine](#)

[Üritused](#)

[Uudised](#)

[Inimesed](#)

[Siseveeb](#)



Karel Kravik, 2011  
Ahtme kaevanduse väljavool

Missugust mõju põhja- ja pinnaveele avaldab Virumaal põlevkivikaevanduste sulgemine ja avamine? Missugust mõju avaldaks fosforiidi kaevandamine fosforiidi erinevatel leivaladel? Kui seejuures kasutada tõhusaid leevendusmeetmeid, missugune on nende ligikaudne maksumus ja kui palju ligikaudu tõuseks toorme hind?

Need on mõned peamised küsimused, millele annab vastuse Tartu Ülikooli poolt läbi viidav ning Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt toetatud projekt "Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsituna koos alternatiivsete leevendusmeetmetega" (juuli 2016 - mai 2018).

Projekti raames töötab kaks töörühma: hüdroteoloogia töörühm vanemteadur Argo Jõelege juhtimisel ja maavarade töörühm professor Alvar Soesoo juhtimisel.

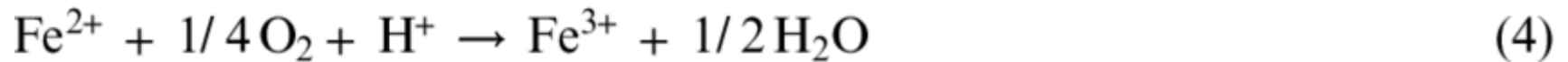
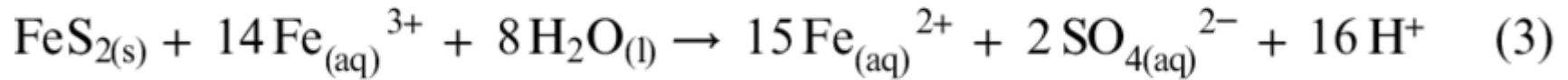
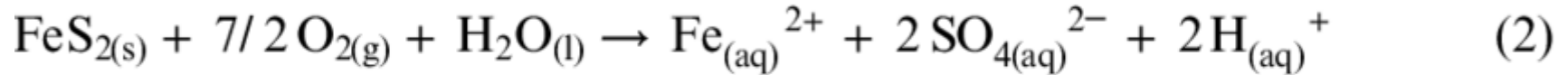
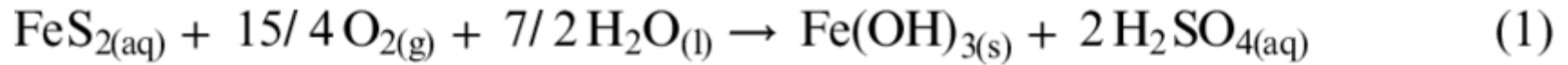
Projekti toetab:



Kontakt:

Argo Jõelegt  
Tartu Ülikool  
geoloogia osakond  
Ravila 14A, 50411, Tartu, Eesti  
Telefon: (+372) 737 5815





10 grammi püriiti  
omab potentsiaali  
muuta happeliseks  
(pH=3) 400 liitrit vett



Kohtumine minu kabinetis:

Kirjanik ja kivipoe omanik  
Epp Petrone, kristallienergiate  
vahendaja ja laste kiviringi juht  
Kristi Uudeväli



‘Püriit on mürgine’

Kas püriit on mürgine, kui püriidikristalli lakkuda või panna see  
veeklaasi?



Dark grey, laminated, igneous, sandy clay, the "Black Clay", at the top of the Parkstone Clay, Brownsea Island. This is very pyritic and the weathering of pyrite has produced jarosite, a yellow, iron-bearing sulphate mineralization. It is not shiny, but its presence probably caused the early attempts to make alum here on the island. *Jim Ward & Teresa Ward (c) 2007*



Parys Mountain, Anglesey saar, Wales  
4000 aastat vana vasekaevandus  
1780ndad – suurim vasekaevandus Euroopas  
Sõjalaevade põhjade puhastus kohalikus lahes



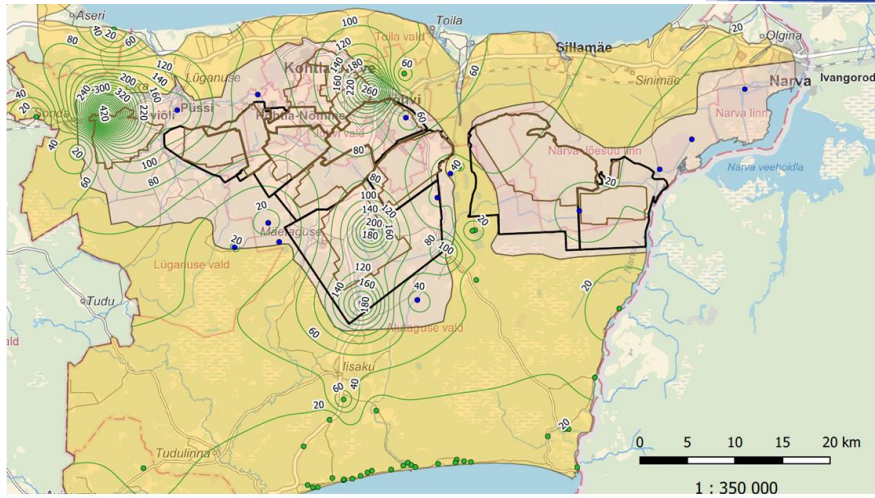


Kimmeridge oil shale or Blackstone burning east of Cuddie, Kimmeridge, Dorset in July 2000. This is a small example of natural cliff fires that occur on the Dorset coast 3 or more times a century. The fallen oil shale is burning with small explosions. The fumes are oily and sulphurous and there is red burnt shale lying around. *Ian West & Tonya West (c) 2006.*

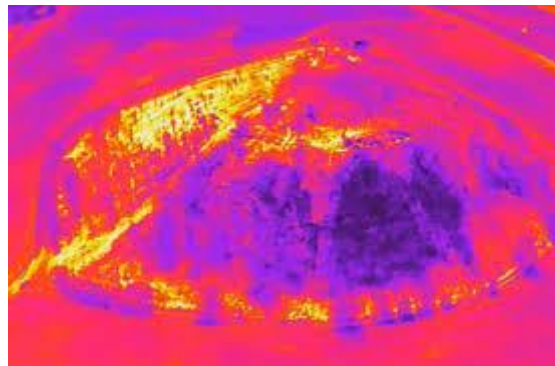


Kaevandused 1847, 1859, 1883

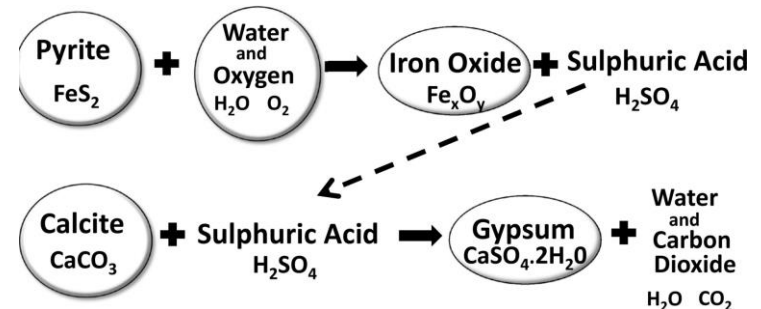
Kimmeridge, Dorset – põlevkivi (musta kilda) isesüttimine rannal



Erg, K., & Tarros, S. (2017). *Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini ja Ida-Viru põhjaveekogumi omavahelise seose väljaselgitamine ohtlike ainete koormusallikate ja päritolu kaudu*. EGK, aruanne.

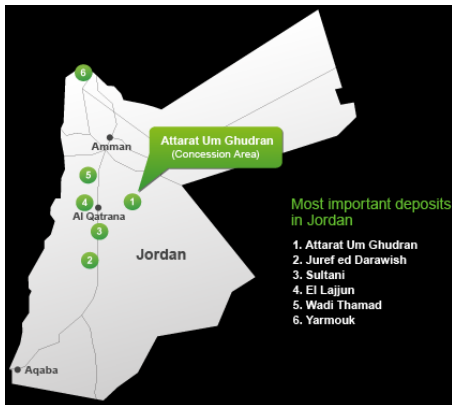


Eesti juhtumid alluvad samale loogikale ühe erandiga:  
Põhja-Eestis domineerivad karbonaatsete mineraalide mõjud





konsultatsioonid Iisraelis: isesüttimine



konsultatsioonid Jordaania, sh 'tuleviku tuhk'





Kõik protsessid: püriidi oksüdeerumine, happelise vee teke, keemilised reaktsioonid ümbriskivimiga, raskemetallide leostumine, transport ja mõju, temperatuuri tõus, isesüttimine jne

on ette määratud ja ette ennustatavad

Võimalike maardlate keskkonnageoloogiline modelleerimine võimaldab neid protsesse ette ennustada juba enne maardla uuringuid ning loob võimaluse tulemusi arvestada valikute tegemisel

Võimalik on ka ennustada tööstusprotsessis tekkivate jääkide keskkonnamõjusid ning selle alusel arendada tööstusprotsesse; ideaal: jääke ei teki, tekib kõrvaltoode



## Tööriistad ja kompetentsid:

Hüdrogeoloogiline modelleerimine: Modflow, ModelMuse

Hüdrogeokeemiline modelleerimine: PHREEQC, wateq4f

Maavarade geoloogia, hüdrogeoloogia, hüdrogeokeemia, geokeemia, keemiatehnika, geotehnika kompetents PhD tasandil



[USGS Home](#)  
[Contact USGS](#)  
[Search USGS](#)

## Mineral Resources Program

[Minerals Home](#) | [News](#) | [Our Science](#) | [Products](#) | [Education](#) | [About Us](#) | [Contact Us](#)

[Home](#) / [Science](#) / [Geoenvironmental Model Refinement and Advancement](#)

## Geoenvironmental Model Refinement and Advancement

[Overview](#) | [Project Activities](#) | [Products](#) | [Partners](#)

### Overview

#### Why is USGS doing this research?

Geoenvironmental mineral-deposit models have long been the flagship of environmental research in the Mineral Resources Program (MRP), having been initially defined by Plumlee and Nash (1995, Chapter 1 - [USGS OFR-95-831](#)). Over the past twenty years, much progress has been made to advance this effort on a deposit type-by-deposit type basis, focusing on abandoned mine issues, and more recently on future mining issues. The geoenvironmental model concept has received widespread appreciation in the global environmental community.



Two USGS scientists sampling the unmined, natural Napoleon Ridge porphyry copper-molybdenum deposit along Dump Creek near North Fork, Idaho. From [USGS Data Series 433](#).

### Project Contact

**Robert Seal**

Phone: 703-648-6290

Email: [rseal@usgs.gov](mailto:rseal@usgs.gov)

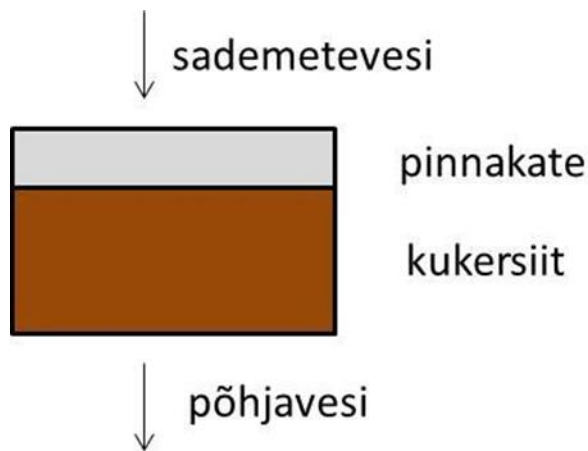
[Eastern Mineral and Environmental Resources Science Center](#)

### Mineral Resources Program Science Priority

[Mineral Resources and the Environment](#)

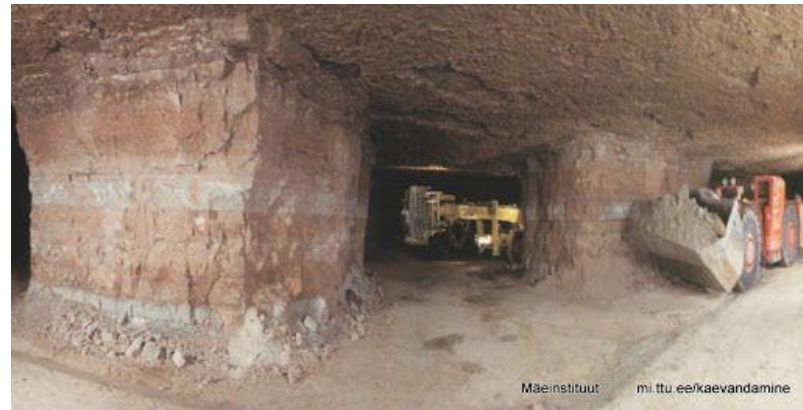
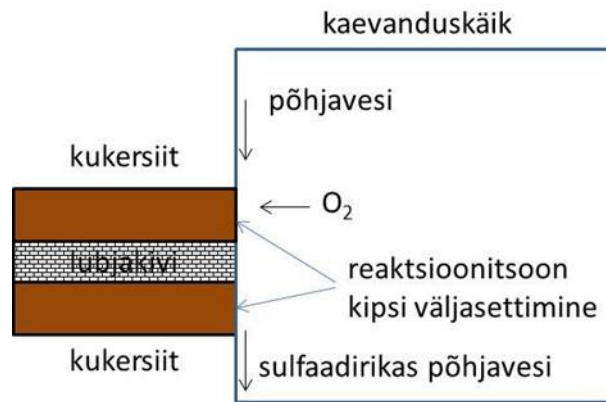
Projekti “Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsituna koos alternatiivsete leevendusmeetmetega” raames analüüsi hüdrogeokeemiliselt nn tüüpalasid

## 1) Taustamudel



Vees lahustunud hapniku arvel sulfaate 10-20 mg/l

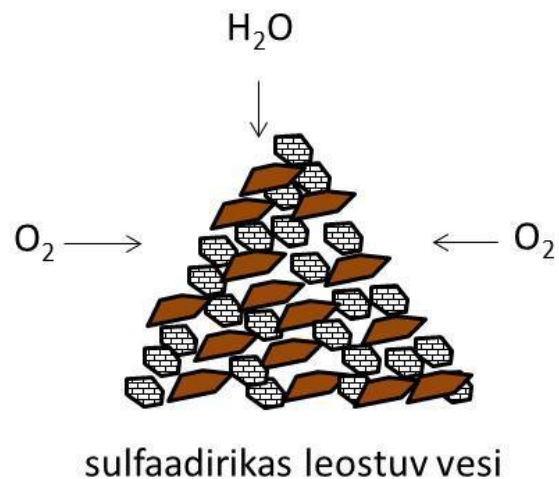
## 2) Kaevanduskäikude mudel



Mäeinstituut mi.ttu.ee/kaevandamine

- Happelise kaevandusvee teke on võimatu
- Sulfaatidesisalduse piir seotud kipsi settimise/lahustumisega

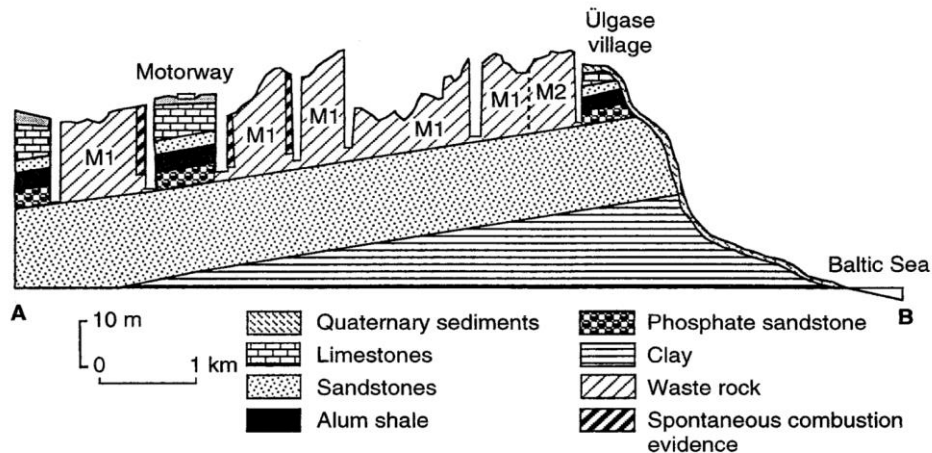
### 3) Aherainemägede mudel



- Isesüttimisoht peab olema välistatud
- Sulfaatidesisalduse piir seotud kipsi settimise/lahustumisega
- Mastaap väike, vastavalt sademete hulgale

## 4) Graptoliitargilliidi leostumise mudel

### Maardu puistangute analoogid



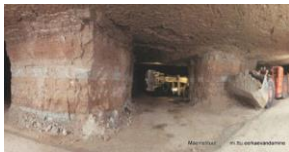
- Kui graptoliitargilliit jääb atmosfääritingimustesse, kaasneb leostumine (happelise vee teke, raskemetallide eraldumine) või isesüttimine
- Isesüttimise välistamiseks ei tohi argilliiti paigutada isolatsioonita nõlvadesse
- Argilliit tuleb võimalikult kiiresti isoleerida õhuhapniku juurdepääsust (barjäärid või allapoole veetaset)

## 5) O-Cm põhjavee ja fosforiidi mudel



- Kui püriidi oksüdeerumisel ei teki hapet, P lahustuvus ca 0.05 mg/l
- Argilliidi oksüdeerumisel kivimisisest karbonaatset puhvrit pole





Kui avame atmosfääritingimustele

kukersiidi: sulfaatne vesi, ka üle läviväärtuse (>250 mg/l) või  
kuumenemine/isesüttimine

graptoliitargilliidi: happeline raskmetalle sisaldav sulfaatne vesi  
või kuumenemine/isesüttimine

fosforiidi: madala fosforisisaldusega (0.05 mg/l) vesi

kukersiidituha: aluseline (pH>12) vesi

+ nende kombinatsioonid



Tänu kuulamast