

MineFacts

Tietoa kaivoksista, kaivosteollisuudesta,
luvanmyöntämisprosessista ja ympäristöstä



MINEFACTS

Tietoa kaivostoiminnasta

Tämä materiaali on tuotettu osana EU:n rahoittamaa MineFacts-projektia, joka toteutettiin vuoden 2017 aikana. MineFacts-projektin tarkoituksena oli tuottaa helposti saatavilla olevaa asiatietoa malminetsinnästä ja kaivostoiminnasta pääasiassa Pohjois-Suomen, Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Norjan kunnille ja niiden vapaasti hyödynnettäväksi. Aineisto on saatavissa kaikilla kolmella kielellä ja siinä on maakohtaisia tietoja niiltä osin, kun se katsottiin tarpeelliseksi (esimerkiksi lupaprosessi on kansallisen lainsäädännön vuoksi erilainen kaikissa maissa). MineFacts-materiaali sisältää myös tiivistetyn PowerPoint-esityksen, johon voi tutustua ja jota voi käyttää rajoituksetta.

Projektin tavoitteena on lisätä tietoisuutta kaivosteollisuudesta yleisellä tasolla ja antaa kunnille ja alueille apua, jotta ne voivat tämän materiaalin pohjalta välittää asukkaalleen objektiivista ja tosiasioihin perustuvaa tietoa – esimerkiksi tilanteesta, jossa uusi tai lisääntynyt malminetsintä tai kaivostoiminta on ajankohtaista.

Projektin aikana vierailimme yli 30:ssä eri kunnassa näissä kolmessa maassa ja keräsimme kuntien edustajilta näkemyksiä siitä, mikä heidän mielestään oli oleellista ja tärkeää tietoa. Vuoden aikana järjestimme työpajoja, työskentelimme viiteryhmiä kanssa ja esittelimme projektia eri yhteyksissä. Näiden toimenpiteiden perusteella käsityksemme on, että tämän tyyppisen objektiivisen ja tosiasioihin perustuvan tiedon tarve on kunnissa erittäin suuri.

Haluamme kiittää kaikkia, jotka ovat eri tavoin osallistuneet projektin toteuttamiseen, ja samalla toivotamme tervetulleiksi ne, jotka haluavat käyttää tätä materiaalia. Suuri kiitos myös EIT RawMaterialsille, joka rahoitti hankkeen ja siten teki työemme mahdolliseksi.

Projektin vastuullisena johtajana on toiminut Laura S Lauri, GTK (Geologian tutkimuskeskus).

Muita projektin osapuolia ovat olleet SGU (Ruotsin geologinen tutkimuslaitos), Luulajan teknillinen korkeakoulu, Lapin yliopisto, LTU Business AB ja Sodankylän kunta.

Lisäksi avustajina ovat toimineet AA Sakatti Mining, Boliden ja Nussir.

Yhteyshenkilöt, jotka vastaavat kysymyksiin ja ottavat vastaan aineistoa koskevia mielipiteitä:

Suomi ja Norja: laura.lauri@gtk.fi

Ruotsi: Niclas.dahlstrom@ltubusiness.se

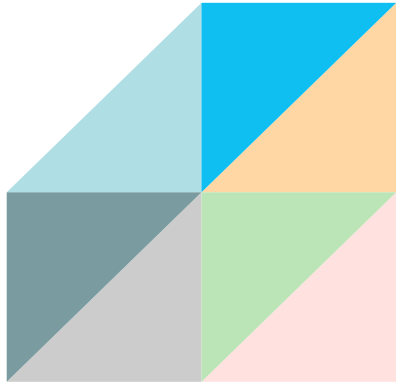
MineFacts-projektin numero: #16429



This activity has received funding from the European Institute of Innovation and Technology (EIT), a body of the European Union, under the Horizon 2020, the EU Framework Program for Research and Innovation

Tässä asiakirjassa esitetyt lausumat ovat kirjoittajien omia eikä EIT vastaa sen sisältämien tietojen mahdollisesta käytöstä

MineFacts



Tarvitsemmeko
metalleja?

1

Eikö kierrätys
riitä?

2

Lupaprosessi

3

Kuka hyötyy
kaivoksesta?

4

Malminetsintä

5

Geologia ja kai-
vostoiminta

6

Kaivoksen elin-
kaari ja ympä-
ristövaikutukset

7

1. Tarvitsemmeko metalleja?

Mitä metallit ovat? Kuinka paljon käytämme niitä ja mihin tarkoituksiin?

METALLIT JA YHTEISKUNTA

Ihmiskunnan varhaishistoriasta lähtien olemme käyttäneet metalleja moniin tarkoituksiin: työkaluihin, rakennuksiin ja ravintolisänä. Alun perin käytettiin metalleja, joita oli helppo löytää luonnosta sellaisenaan tai yksinkertaisilla menetelmillä jalostamalla, esimerkiksi kuparia ja rautaa. Älykkäämmän teknologian myötä käyttämiemme metallien lukumäärä on lisääntynyt eksponentiaalisesti. Useita metalleja käytetään metalliseoksina, joissa voidaan hyödyntää eri metallien ominaisuuksia. Toisia käytetään uudessa teknologiassa, kuten kosketusnäyttöissä, piirilevyissä ja kuituoptisissa kaapeleissa.

Väestön lisääntyessä ja elintason noustessa metallien tarve kasvaa monilla alueilla. Esimerkiksi yksi

ihminen käyttää elämänsä aikana keskimäärin 600 kg kuparia ja 15 tonnia rautaa sekä useita tonneja muita metalleja ja mineraaleja.

Metalleja kaivetaan kallioperästä. Metallit ovat rajallinen resurssi, mikä tarkoittaa, että niitä on saatavilla vain tietty määrä.

Koska metallit ovat alkuaineita, niitä voidaan monessa tapauksessa kierrättää rajattomasti ilman, että ne menettävät ominaisuuksiaan. Nykyään käytetään kuitenkin myös monia sellaisia metalleja, joita on teknologian puutteen vuoksi vaikea kierrättää.

Metalleja tuotetaan sekä kaivoksista, joissa louhitetaan kallioperästä ns. primääriraaka-aineita, että metallijätteen kierrätyksestä. Yleisin metallituote on teräs, jota valmistetaan sekoittamalla rautaa ja

muita metalleja. Teräslaatuja on useita tuhansia eri käyttötarkoituksiin.



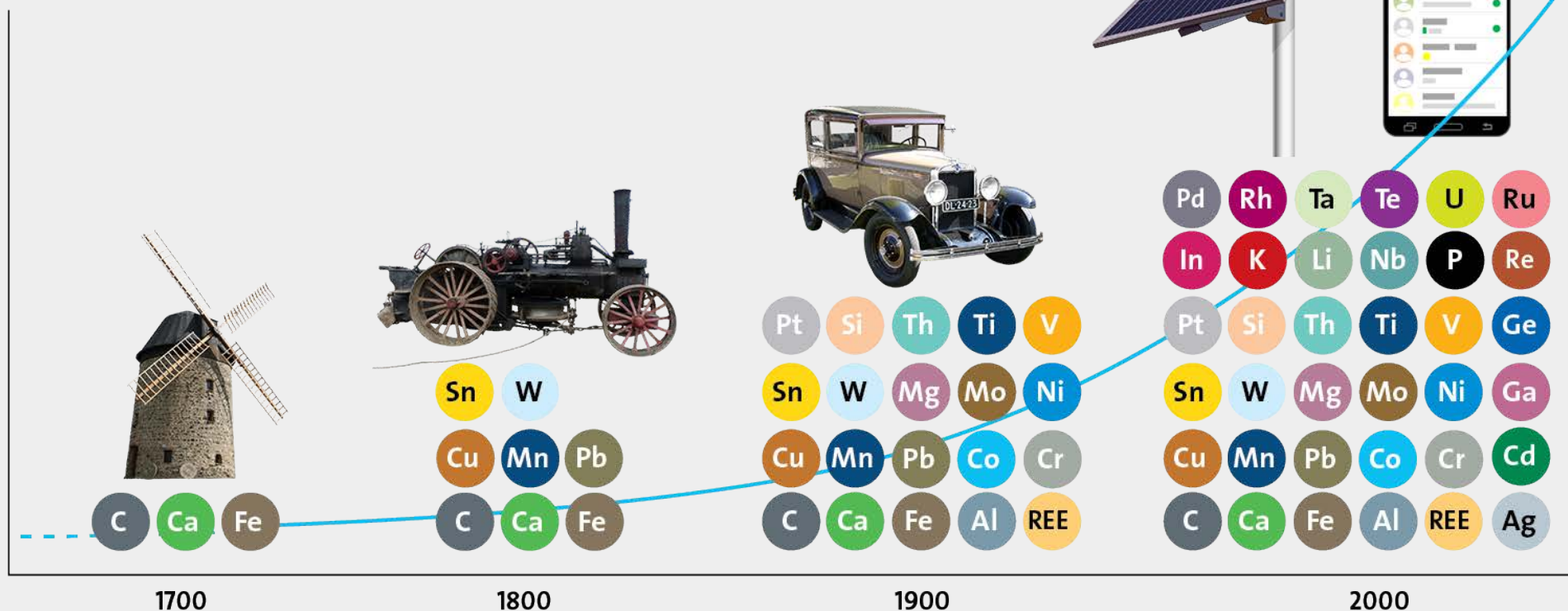
Kuva 1. Sinkkiharkkoja Ruotsista. Sinkkiä käytetään mm. estämään teräksen ruostumista. Kuva: Boliden



FAKTOJA:

Kuinka montaa alkuainetta käytämme päivittäin?

Nykytekniikan sovellukset, kuten kännykät, aurinkopaneelit, sähköautot ja lentokoneet tarvitsevat runsaasti eri alkuaineita, jotta ne toimisivat. Ihmisen käyttämien alkuaineiden määrä on aikojen kuluessa noussut huomattavasti ja sisältää nykyään lähes koko jaksollisen järjestelmän. Alla olevassa kuvassa on lueteltu tärkeimmät, mutta nykyään käytetään huomattavasti useampia aineita pieninä määrinä.



2. Eikö kierrätys riitä?

Moderni yhteiskuntamme tarvitsee metalleja ja mineraaleja, mutta voidaanko nämä tarpeet ratkaista kierrätyksellä? Mitä metalleja voidaan kierrättää ja missä määrin?

ESIMERKKI: METALLIKIERRÄTYS RUOTSISSA

Maailmanlaajuisesti metallien ja mineraalien tarve on suuri ja kasvaa edelleen. Kierrätys ja uusiokäyttö ovat yksi energiatehokkaimmista toimenpiteistä, joilla rajoitetaan kaivos teollisuuden ympäristövaikutuksia. Yhteiskuntamme tuottaa valtavia määriä jätettä. Muun muassa elektronisten laitteiden kehitys viimeisen vuosikymmenen aikana on ollut erittäin nopeaa. Samanaikaisesti yhtä valmistettua tuotetta kohden käytetään pienempiä määriä raaka-aineita. Tämän kehityksen oletetaan jatkuvan, mikä vuorostaan tekee tuotteiden elinkaaresta yhä lyhyemmän. Kierrätyksestä tulee sen vuoksi entistä tärkeämpää ja samalla myös haastavampaa. Matkapuhelin voi tänä päivänä sisältää noin 70 erilaista alkuainetta, joista moni on metallisia ja joiden kierrätys

kiinnostaa.

Ruotsissa metalleja kierrätetään runsaasti. 1950-luvulta lähtien jalometallien sekä rautaa, terästä ja perusmetalleja sisältävän romun kierrätys on lisääntynyt voimakkaasti, teräsromun kierrätys 50 %:sta 92 %:iin vuoteen 2010 mennessä. Harvinaisempien metallien kierrätys on vielä vaatimattomalla tasolla, mutta Ruotsi hoitaa kuitenkin noin puolet koko Euroopan elektronisen jätteen kierrätyksestä.

Ruotsin metalleja tuottava teollisuus, joka on yksi maan tärkeimmistä peruselinkeinoista ja jolla on merkittävä osuus viennistä, ottaa suuren osan raaka-aineistaan ruotsalaisesta kallioperästä. Kierrätettyjä metalleja käytetään myös runsaasti. Oikealla olevassa taulukossa näkyy erilaisten

metallien käyttö ja tuotanto Ruotsissa, sekä niiden kierrätysaste kansainvälisten tilastojen mukaan.

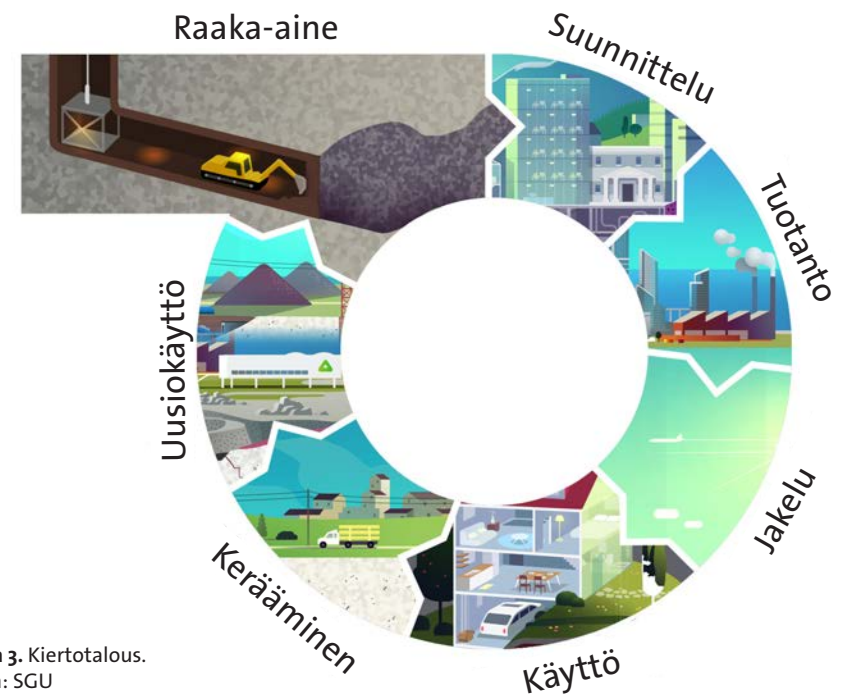
Metalli	Käyttö	Kaivostuotanto	Kierrätys
Rauta	4 326 000	27 285 000	2 032 000
Kupari	121 800	82 760	65 300
Lyijy	17 000	59 466	49 300
Sinkki	23 900	175 711	730
Alumiini	90 500	0	56 500
Nikkeli	25 000	0	14 610
Tina	70	0	0
Kulta	2,6	6	10
Hopea	35	340	27
Kromi	100 000	0	64 000
Magnesium	Tiedot puuttuvat	0	0
Harvinaiset maametallit	500	0	0

Taulukko 1. Metallien käyttö, kaivostuotanto ja kierrätys Ruotsissa tonneina (WBMS huhtikuu 2014, SGU 2014:3, UNCTAD 2013).

KIERTOTALOUS

Kiertotalous käsittää kaiken paremmasta tuotesuunnittelusta ja uusista liiketoimintamalleista teknisiin parannuksiin, parempiin ohjaustoimenpiteisiin ja tiedostamiseen kierrätyksen ja uusiokäytön ohella, jotta voidaan vähentää yhteiskunnan tarvetta käyttää primäärejä raaka-aineita. Kiertotalouteen kuuluu useita tärkeitä periaatteita:

- Jäte nähdään resurssina, nyt tai tulevaisuudessa.
- Tuotteet suunnitellaan älykkäämmin kierrätyksen yksinkertaistamiseksi.
- Mahdollisuuksien mukaan käytetään kierrätettäviä ja myrkyttömiä materiaaleja, joilla varmistetaan resurssitehokas ja myrkyistä vapaa kierto.
- Maksimoidaan tuotteiden käyttöaika korjaamalla, päivittämällä ja vaihtokaupalla jakelijan toimipaikassa.
- Yksinkertaistetaan kiertoa materiaalien alkulajittelun ja keräämisen avulla.



Kuva 3. Kiertotalous.
Kuva: SGU

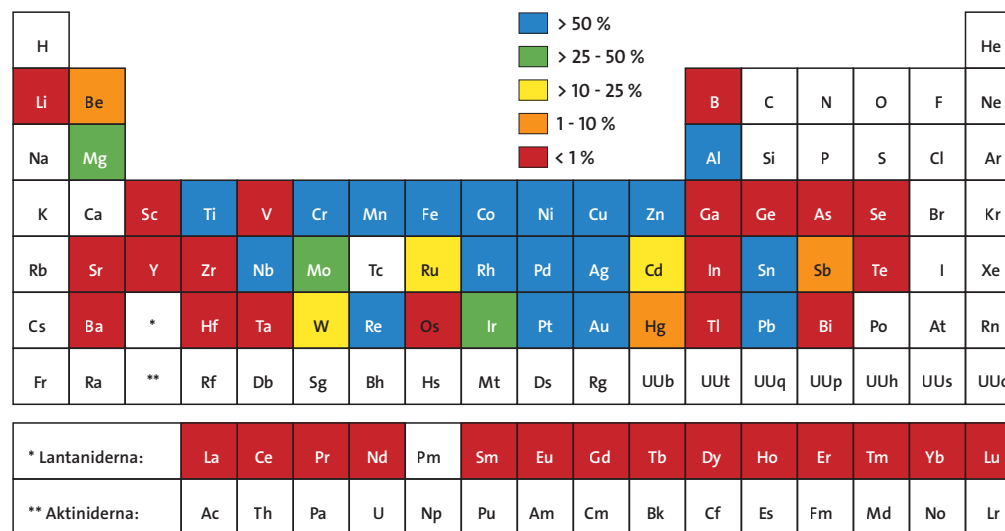
MITKÄ METALLIT OVAT KIERRÄTETTÄVIÄ?

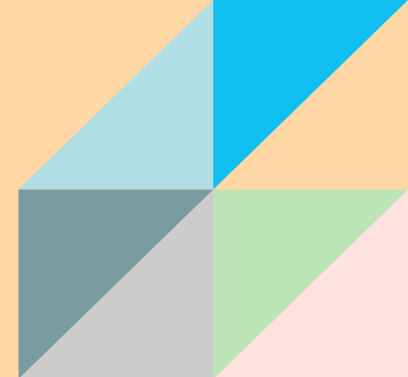
Useita metalleja ja metalliseoksia, kuten kuparia, terästä ja alumiinia, on helppo kierrättää. Kierrätys tapahtuu usein metallin uudelleen sulatuksella ja uusien tuotteiden valmistuksella. Prosessi on sitä yksinkertaisempi mitä enemmän metallia on käytettävissä tai jos metalleja ei tarvitse erottaa toisistaan. Esimerkiksi alumiinitölkki on helppo kierrättää kuin samankokoinen piirilevy, koska alumiinitölkki voidaan sulattaa ja muotoilla uudelleen uusiksi tölkeiksi. Piirilevy sitä vastoin sisältää monia komponentteja ja metalleja, jotka on erotettava toisistaan. Tämä voidaan tehdä murskaamalla piirilevy jauheeksi ja käyttämällä erilaisia menetelmiä, kuten magneettisuutta, ominaispainoa ja kemikaaleja erottamaan metallit, jotka sen jälkeen sulatetaan uudelleen.

Joidenkin metallien, esim. harvinaisten maametallien, indiumin ja berylliumin kierrätys on vaikeaa tai mahdotonta nykyteknologiaa käyttämällä.

Kuva 4. 60 eri metallin kierrätysasteet yhteiskunnassamme. Yli puolesta kierrätetään alle 1 %. Useita näistä metalleista käytetään uudessa teknologiassa ja ne kuuluvat ns. ”kriittisiin materiaaleihin”, joita tarvitaan mm. sähköautoihin, matkapuhelimiin, tuuliturbiineihin ja aurinkokennoihin. Lähde: UNEP 2013 (United Nations Environmental Programme).

Tähän voi olla monta syytä, metallien erottelu voi olla vaikeaa ja tehotonta, uudelleen sulatus poistaa haluttuja ominaisuuksia tai volyymit ovat riittämättömiä, jotta kierrätys kannattaisi.





RIITTÄÄKÖ KIERRÄTYS?

Metallien ja mineraalien tuotanto ei ole koskaan ollut niin valtavaa kuin se on tänä päivänä, ottaen huomioon niin louhinnan kuin kierrätyksenkin. Samanaikaisesti käytämme raaka-aineita enemmän kuin koskaan. Lisääntynyt uuden teknologian, kulkuneuvojen, energian ja ruuan tarpeemme asettavat suuria haasteita raaka-aineiden saannille. Kierrätys on energiatehokas keino tuottaa raaka-aineita, mutta onko se riittävä kattamaan lisääntyneet tarpeemme? Tähän vaikuttavat useat tekijät, ennen kaikkea kierrätettävän jätteen saatavuus ja se, onko käytettävissä oikeanlaista teknologiaa. Toinen tärkeä näkökohta on, onko kierrätys yhteiskuntataloudellisesti ja ympäristön kannalta tehokasta vai ei. Voi esimerkiksi olla parempi käsitellä jäte, sillä kierrätettäessä siitä

voisi vapautua vaarallisia aineita. Kierrätys saattaa myös olla epätaloudellista, jos käytettävä teknologia kuluttaa valtavasti energiaa tai jos kysyntää ei ole.

Kupari on yksi kierrätyskelpoisimmista metalleista: se säilyttää ominaisuutensa uudelleensulatuksen jälkeen ja sitä on usein saatavilla suuria määriä ilman että erottelua tarvitaan, esimerkiksi sähköjohdoissa. Tästä huolimatta kierrätys kattaa vain noin 30 % maailman jokavuotisesta tarpeesta ICSG:n* mukaan. Tämä voi johtua siitä, että kuparia käytetään erittäin pitkiä aikoja, jopa useita kymmeniä vuosia. Lähes kaikki aikojen kuluessa maasta louhittu kupari on käytössä juuri nyt tämän päivän yhteiskunnassa.

Teräs, jota käytetään muun muassa infrastruk-

tuurissa ja ajoneuvoissa, on maailman eniten kierrätetty materiaali. Noin 650 miljoonaa tonnia terästä saatiin kierrätetystä materiaalista vuonna 2016 (Worldsteel**). Teräksen kierrätyksellä voidaan säästää noin 70 % energiaa (Worldsteel) ja vähentää hiilidioksidipäästöjä 58 %:lla (BIR***). Yhteensä noin 40 % maailman teräksestä tehdään kierrätetystä materiaalista joka vuosi (BIR).

Rauta, perus- ja jalometallit ovat helpommin kierrätettäviä kuin monet muista metalleista, joita käytämme yhteiskunnassamme, mutta siitä huolimatta kierrätys ei kata niiden kysyntää. Monien harvinaisempien metallien, esimerkiksi harvinaisten maametallien, koboltin ja litiumin kohdalla, kierrätyksen osuus on alle 1 % kysynnästä. Näitä metalleja tarvitaan muun muassa "vihreään te-

* International Copper Study Group, www.icsg.org.

** World Steel Association, www.worldsteel.org

*** Bureau of International Recycling, www.bir.org.

knologiaan”, kuten sähköautoihin, paristoihin ja tuuliturbiineihin.

Metallien ja mineraalien suuri kysyntä merkitsee sitä, että niiden kierrätys voi parhaimmillaankin vastata kysyntää vain osittain.

Kuva 5. Kuparikaapeleita on helppo kierrättää.



3. Lupaprosessi

Mitkä ovat vaatimukset uuden kaivoksen perustamiselle Suomessa? Mitä lupia tarvitaan? Miten ympäristöä suojellaan? Keihin vaikutus kohdistuu ja konsultoidaanko asianomaisia?

LUPAPROSESSI

Suomessa kaivoslain (621/2011) mukaisena lupa- ja valvontaviranomaisena toimii Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Kaivosasioita hoidetaan Tukesin Helsingin ja Rovaniemen toimipisteissä. Tukes ratkaisee kaivoslain mukaisia oikeuksia ja lupia koskevat hakemukset sekä ylläpitää kaivosrekisteriä. Vuonna 2011 uudistettu kaivoslaki (621/2011) säätelee malminetsintää, kaivostoimintaa ja kullanhuuhdonta harjoittavien oikeuksia ja velvollisuuksia toiminnan aloitusvaiheessa ja sen jatkuessa, sekä toiminnan lopetus- ja jälkitoimenpiteitä. Laki on laadittu vastaamaan kestävän käytön ja kehityksen periaatteita ja se ottaa huomioon niin malminetsinnän ja kaivostoiminnan edellytysten varmistamisen kuin ympäristönäkökohdat, kansalaisten perusoikeu-

det, maanomistajien oikeudet ja kuntien vaikuttamismahdollisuudet.

Suomen kaivoslain mukainen lupaprosessi jakaantuu kolmeen osaan.

Varausilmoitus antaa hakijalle oikeuden varata alue malminetsintäluvhakemuksen valmistelua varten. Ilmoitus tehdään kaivosviranomaiselle. Varaus ei oikeuta malminetsintään, mutta tuottaa etuoikeuden malminetsintäluvhakemuksen jättämiseksi.

Malminetsintälupa antaa oikeuden tutkia geologisten muodostumien rakenteita ja koostumusta lupa-alueella. Myös muita kaivostoimintaa valmistelevia tutkimuksia ja malminetsintää esiintymän paikallistamiseksi sekä sen laadun, laajuuden ja hyödyntämiskelpoisuuden selvittämiseksi voi tehdä lupaehdojen mukaisesti.

Etsintäalueelle saa rakentaa tai siirtää tarpeellisia

väliaikaisia rakennelmia ja laitteita. Malminetsintälupa ei anna oikeutta malmiesiintymän hyödyntämiseen, mutta se antaa luvanhaltijalle etuoikeuden kaivoslupan hakemiseen. Malminetsintälupa ei rajoita alueen omistajan oikeutta käyttää aluettaan tai määrätä siitä.

Kaivoslupa antaa oikeuden kaivoksen perustamiseen ja kaivostoiminnan harjoittamiseen. Se oikeuttaa hyödyntämään kaivosalueella tavatut kaivosmineraalit*, kaivostoiminnassa sivutuotteena syntyvän orgaanisen ja epäorgaanisen pintamateriaalin, ylijäämäkiven ja rikastushiekan sekä muut kaivosalueen kallio- ja maaperään kuuluvat materiaalit. Lisäksi kaivoslupa oikeuttaa malminetsintään kaivosalueella. Kaivostoiminta vaatii myös erillisen kaivosturvallisuuslupan, jonka myöntää Tukes.

* kaivoslain (621/2011) mukaisia kaivosmineraaleja ovat: 1) alkuaineista aktinium, alumiini, antimoni, arseeni, barium, beryllium, boori, cesium, elohopea, fluori, fosfori, gallium, germanium, hafnium, hopea, indium, iridium, kadmium, kalium, kalsium, koboltti, kromi, kulta, kupari, lantanoidit, litium, lyijy, magnesium, mangaani, molybdeeni, natrium, nikkeli, niobi, osmium, palladium, platina, radium, rauta, renium, rikki, rodium, rubidium, rutenium, seleeni, sinkki, skandium, strontium, tallium, tantaali, telluuri, tina, titaani, torium, uraani, vanadiini, vismutti, volframi, yttrium ja zirkonium ja näitä alkuaineita sisältävät mineraalit; 2) mineraaleista andalusiitti, apatiitti, asbestimineraalit, baryytti, bauksiitti, bentoniitti, berylli, dolomiitti, flogopiitti, fluoriitti, grafiitti, granaatti, ilmeniitti, kalsiitti, kaoliini, korundi, kvartsi, kyaniitti, leusiitti, maasälpä, magnesiitti, muskoviitti, nefeliini, oliiviini, pyrofylliitti, rutiili, sillimaniitti, skapoliitti, talkki, timantti, vermikuliitti, wollastiini ja muut jalokivet; 3) kivilajeista marmori ja vuolukivi.



FAKTOJA:

Kaivoslain mukainen lupaprosessi Suomessa lyhyesti

Suomen kaivoslain mukainen lupaprosessi lyhyesti

Varaus

- Ilmoitus kaivosviranomaiselle
- Etuoikeus hakea alueelle malminetsintälupaa
- Ei oikeuta tekemään maastotöitä
- Voimassa enintään 24 kk



Malminetsintälupa

- Lupaa haetaan kaivosviranomaiselta
- Oikeus tehdä tutkimuksia maastossa
- Etuoikeus hakea kaivoslupaa
- Voimassa enintään 5 vuotta, jatkoaikojen kanssa enintään 15 vuotta



Kaivoslupa

- Lupaa haetaan kaivosviranomaiselta
- Oikeus hyödyntää alueen kaivosmineraaleja ja muita materiaaleja
- Voimassa toistaiseksi, mutta tarkistetaan 10 vuoden välein

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETTELÄ (YVA-PROSESSI)

Kaivostoimintaa säätelee kaivoslain lisäksi muu lainsäädäntö. Samaan aikaan malminetsintä- ja kaivoslupien hakemisen kanssa toimijan on käynnistettävä ympäristövaikutusten arviointimenettely, josta on säädetty laissa (252/2017).

YVA-prosessin tarkoituksena on selvittää toiminnan aiheuttamia välittömiä ja välillisiä vaikutuksia ympäristöön, terveyteen, elinoloihin, viihtyvyyteen, yhdyskuntiin ja tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin. tunnistetaan, arvioidaan ja kuvataan tiettyjen hankkeiden todennäköisesti merkittävät ympäristövaikutukset ja kuullaan viranomaisia ja niitä, joiden oloihin tai etuihin hanke saattaa vaikuttaa, sekä yhteisöjä ja säätiöitä,

joiden toimialaa hankkeen vaikutukset saattavat koskea YVA-prosessissa toimijan, valtion ja kuntien viranomaisten sekä maakuntaliiton on oltava keskenään yhteistyössä. Yhteysviranomaisena toimii ELY-keskus.

YVA-menettely käsittää arviointiohjelman ja arviointiselostuksen laatimisen, niistä tiedottamisen ja kuulemisen, yhteysviranomaisen tarkastelun edellä mainituista sekä lausunnon ja perustellun päätelmän hankkeen merkittävistä ympäristövaikutuksista. Nämä tulee sisällyttää lupaan. Jos arviointiselostus on puutteellinen, voi toiminnanharjoittaja täydentää sitä ennen perustellun päätelmän tekemistä.

MAANKÄYTTÖ JA KANSALLINEN MERKITYS

Kaivostoiminta käyttää suuria maa-alueita ja vaikuttaa alueeseen pitkälle tulevaisuuteen. Jälkikäsittely ei koskaan voi palauttaa maata täysin entiselleen. Kaivostoimintaa on harjoitettu pohjoismaissa tuhansia vuosia, ja muuttuneella maisemalla sekä vesistö päästöillä on molemmilla vaikutuksensa moniin paikkoihin. Kun kaivos perustetaan, maa-alueeseen liittyy monia intressejä. Ne voivat olla mitä tahansa tuulivoimasta ja metsänhoidosta poronhoitoon ja turismiin. Esimerkiksi Ruotsissa eri intressitahot voidaan määritellä kansallisesti merkittäviksi. Malmiesiintymät ovat yksi luokka kansallisesti merkittäviä maankäyttökohteita. Suomessa ja Norjassa tällaista kansallista merkitystä ei ole säädetty laissa.



MALMINETSINNÄSTÄ KAIVOKSEKSI

Matka etsintäluvasta avattuun kaivokseen on pitkä. Vuonna 2016 Suomessa oli voimassa olevia malminetsintä lupa-alueita yhteensä 1700 km², mutta aktiivisia metallikaivoksia vain 10. Harva etsintä lupa etenee louhintaluvaksi ja vielä harvempi kaivokseksi. Aikaa, joka kuluu etsintätyöstä mahdollisen kaivoksen avaamiseen, on vaikea arvioida tarkkaan, mutta kyse on poikkeuksesta kymmenistä vuosista.

Ennen kuin kaivoksen perustamisesta voidaan alkaa puhua, tehdään malminetsintää usein monia vuosia. Jos malmia löytyy, seuraavana vuorossa ovat pitkät tutkimukset ympäristövaikutusten arvioinnin, teknisen kuvauksen ja jätehuoltosuunnitelman laatimista varten sekä suunnitelma kaivoksesta, sivukivi- ja rikastushiekka-alueista ja mahdollisesta rikastamosta.

Kaivosviranomaisen tutkinta kaivoslupaa varten kestää useita vuosia, minkä ohella yhtiön on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi ja haettava useita muita lupia. Kiistanalaisissa tapauksissa hakemus voidaan alistaa eri oikeusasteille, mikä tarkoittaa, että päätöksen saamiseen kuluu lisää aikaa. Ympäristöluvan hakeminen vie usein yhtä kauan kuin lkaivoslupa. Myös ympäristöluvan saaminen vie yleensä pitemmän ajan, jos asiasta tehdään valituksia.



Kuva 6. Kallioperän kartoitus ja lohkareiden jäljittäminen ovat yleisiä etsintämenetelmiä, joiden vaikutus luontoon on hyvin vähäinen. Kuva: Boliden.

KEIHIN KAIVOS VAIKUTTAA?

Lupaprosessin aikana yleisöllä, asianosaisilla, organisaatioilla, kunnilla ja viranomaisilla on mahdollisuuksia esittää hakemusta koskevia mielipiteitä. Myös valitusoikeus on olemassa. Kun ympäristöluvan ehdot on julkistettu, on myös muilla toimijoilla tilaisuus antaa lausuntoja. Ehtojen tarkoitus on rajoittaa ympäristövaikutuksia ja lähialueen asukkaille aiheutuvia häiriöitä, joita voivat olla melu, pöly ja tärinä.

Pohjoismaissa käy usein niin, että suunniteltu kaivostoiminta sijaitsee maantieteellisesti porojen laiduntamisalueella ja siten vaikuttaa poronhoitoelinkeinoon. Tällaisissa tapauksissa kyseisellä paliskunnalla on erikoisoikeuksia. Kun etsintää koskeva työsuunnitelma esitetään, yhteydenpito

operatiivisen toimijan ja asianosaisten kesken on pakollista. Tiedonvälitys ja keskustelut, jotka edeltävät kaivoslupahakemusta, on sen jälkeen toteutettava vapaaehtoisen sitoutumisen ja aloitteiden pohjalta. Yhteydenpito on tärkeää, jotta osapuolet ymmärtävät ja hyväksyvät toistensa toiminnan.

Kuvaus vaikutuksesta poronhoitoelinkeinoon on sisällytettävä YVA-selostukseen eli ympäristövaikutusten arviointiin, jonka yhtiö laatii. Miten yksityiskohtaisesti poronhoitoa käsitellään, riippuu siitä, missä laajuudessa suunniteltu toiminta vaikuttaa alueen poroelinkeinoon. Vaikutusten kuvaamisen lisäksi yhtiön on myös ehdotettava vahinkoja rajoittavia toimenpiteitä. Rajallisellakin kaivostoiminnan aiheuttamalla häiriöllä voi olla

suuri merkitys, esimerkiksi jos se vaikuttaa porojen laidunreitteihin tai vasomisalueisiin.

Poroelinkeinoon huomioimisesta YVA-prosessissa on saatavilla Paliskuntain yhdistyksen julkaisema opas.*



* <https://paliskunnat.fi/poroyva/>

Kuva 7. Kuva: Niclas Dahlström.

4. Kuka hyötyy kaivoksesta?

Kaivosteollisuus on yksi pohjoisen alueen tärkeimmistä perusteellisuuden aloista, mutta mihin menevät kaivoksen tuotot? Kuinka moni työllistyy ja miltä työpaikat näyttäisivät? Mitä tapahtuu konkurssissa? Kuka maksaa?

MINERAALIMARKKINAT

Kaivostoimintaa harjoitetaan kaikkialla maailmassa, ja raaka-aineiden hinnasta päättää globaali tarjonta ja kysyntä. Kysyntää ohjaavat suuressa määrin suhdanteet, kuluttajien ostamat tuotteet sekä investoinnit infrastruktuuriin ja teollisuuteen. Ruotsi on eräs EU:n suurimmista kaivosmaista ja myös globaalisti merkittävä sinkin ja lyijyn tuottaja, joka on sijoilla 9 ja 10 maailman suurimpien tuottajien joukossa. Myös Suomi on EU:n mitataavassa merkittävä kaivosteollisuusmaa, jossa on mm. Euroopan ainoa kromikaivos ja suurin kultakaivos. 91 prosenttia EU:n raudantuotannosta tapahtui Ruotsissa vuonna 2016. Vuoden 2017 puolivälissä Ruotsissa malmeja louhi yhteensä kuusi yhtiötä 14 kaivoksesta. Alaa hallitsee Ruotsissa etupäässä kaksi yhtiötä: valtion omistama LKAB, joka tuottaa rautamalmia, ja yksityisomistuksessa oleva Boliden Mineral AB, joka tuottaa perusmetalleja, telluuria, kultaa ja hopeaa Ruotsissa, Suomessa ja Irlannissa. Kaivosklusterin ja sen välillisten vaikutusten osuus oli 128 miljardia kruunua Ruotsin bruttokansantuotteesta vuonna 2013, mikä vastasi noin 3,3 prosenttia*. Kaivosteollisuuden liikevaihto oli noin 37,3 miljardia kruunua vuonna 2012. Osinkojen, varausten ja valtionverojen määrä oli runsaat 10 miljardia kruunua. Ruotsissa on lakimääräinen vaatimus, että malminetsinnän ja kaivostoiminnan on tapahduttava Ruotsissa rekisteröityjen yritysten (AB) kautta.



Kuva 8. Kaivoselinkeinon liikevaihto, verot ja voitot Ruotsissa vuonna 2012. Yhteensä 37,3 miljardia kruunua. Lähde: SGU.

* Kasvuanalyysi. Ruotsi – houkutteleva kaivosmaa? Kansainvälinen vertailu (Raportti 2016:06).

MITÄ KONKURSSIN JÄLKEEN TAPAHTUU?

Yritykset, jotka eivät eri syistä voi jatkaa toimintaansa, voivat hakeutua konkurssiin. Kaivosten kohdalla kysymyksessä voivat olla muun muassa likviditeettiongelmien, toiminnan heikko kannattavuus tai matalat metallien hinnat maailmanmarkkinoiden muuttuessa. Kaivokset ovat erikoisia siinä, että ne ovat ns. ympäristölle vaarallista toimintaa. Kun toiminta loppuu, myös jätteen käsittely lopetetaan, mikä voi pahimmillaan merkitä lisääntyntä terveyst- ja ympäristöriskiä.

Ruotsissa ja Suomessa on voimassa PPP (Polluter Pays Principle) eli ”Saastuttaja maksaa -periaate”, mikä tarkoittaa, että saastuttajat maksavat aina saastuttamisesta. Sen varmistamiseksi, ettei yhteiskunnan, toisin sanoen veronmaksajien, tarvitse

maksaa kaivosten ja jättevarastojen tai muiden ympäristölle vaarallisten toimintojen jälkikäsittelystä, yhtiön on annettava taloudellinen vakuus. Vakuuden suuruus vaihtelee riippuen toiminnan laadusta ja laajuudesta, sitä pidetään luotettavana ja turvallisuutta antavana ajankohdasta riippumatta*. Eräässä Ruotsin valtion tilitarkastustoimiston vuoden 2015 raportissa vakuuksien yhteissumma oli 2,7 miljardia kruunua. Suomessa vakuuden määrittelee kaivosviranomaisen TUKES. Vuonna 2011 voimaan tullee kaivoslain mukaan (108§) kaivosluvan haltijan on asetettava kaivostoiminnan lopetus- ja jälkitoimenpiteitä varten vakuus, jonka on oltava riittävä kaivostoiminnan laatu ja laajuus, toimintaa varten annettavat lupamääräykset ja muun lain nojalla vaaditut vakuudet huomioon ottaen.

Vuosisadan vaihteesta vuoteen 2017 mennessä neljä aloittanutta kaivosta on mennyt konkurssiin Ruotsissa. Näissä tapauksissa taloudellinen vakuus ei ole ollut riittävä eikä lain tarkoitus ole toteutunut. Tämä on johtanut negatiivisiin ympäristövaikutuksiin ja suuriin jälkikäsittelykustannuksiin valtiolle. Tämän vuoksi on ryhdytty useisiin toimenpiteisiin, mm. pyydetty selvitys valtion tilintarkastustoimistolta** ja tehty töitä strategian laatimiseksi kaivosjätteen kestävää käsittelyä varten***.

Ruotsissa on ollut kaivostoimintaa yli tuhat vuotta, mikä on jättänyt jälkeensä kaivoksia ja jätettä, joita kukaan ei hallinnoi tänä päivänä. Myös Suomessa on satojen vuosien aikana ollut kaivostoimintaa, jonka jälkiä näkyy luonnossa. Tapauksissa, joissa historiallisista kaivoksista ei

*Ympäristökoodi (1998:808) 16. luku 3. § **Kaivosjäte – Taloudelliset riskit valtiolle (RiR 2015:20)

***<http://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2016/04/uppdrag-att-ta-fram-strategi-for-hantering-av-gruvavfall-och-gora-en-bedomning-av-kostnader-och-atgarder-for-efterbehandling/>

vastaa kukaan, valtio puuttuu asiaan ja maksaa tarvittaessa jälkikäsittelyn. Tämä on tapahtunut Ruotsissa muun muassa Gladhammarin kaivoksissa Kalmarin läänissä, jossa oli kaivostoimintaa 1800-luvulla, ja alueelle jääneestä kaivosjätteestä vuoti metalleja läheisiin järviin ja vesistöihin. Jälkikäsittely aloitettiin vuonna 2011 ja maksoi noin 63 miljoonaa kruunua.

Vuoden 2016 loppuun mennessä Ruotsin valtiolle aiheutuneet kokonaiskustannukset konkurssiin menneiden ja historiallisten kaivosten jälkikäsittelystä kohosivat noin 710 miljoonaa kruunuun.

Kuva 9. Kaivostoimintaa Pajalassa. Kuva: Niclas Dahlström.



TYÖLLISYYS

Kaivos tarvitsee monia työntekijöitä, muun muassa koneenkäyttäjiä, kuorma-autonkuljettajia, geologeja, kaivosmiehiä, poraajia ja kemistejä, mutta myös ekonomeja, juristeja jne. Yhteensä kaivosteollisuus työllisti Ruotsissa noin 7200 henkeä jaettuna 16 kaivosoperaatioon (mukaan luettuna rikastamot) vuonna 2016*. Suomen Lapissa kaivoksissa työskenteli n. 1400 henkeä vuonna 2016 (suorat kaivostyöpaikat, ei urakoitsijoiden työpaikkoja)**. Naisten osuus on jatkuvasti alhainen, 19 prosenttia, mutta se on nousut tasaisesti vuosisadan vaihteesta lähtien.

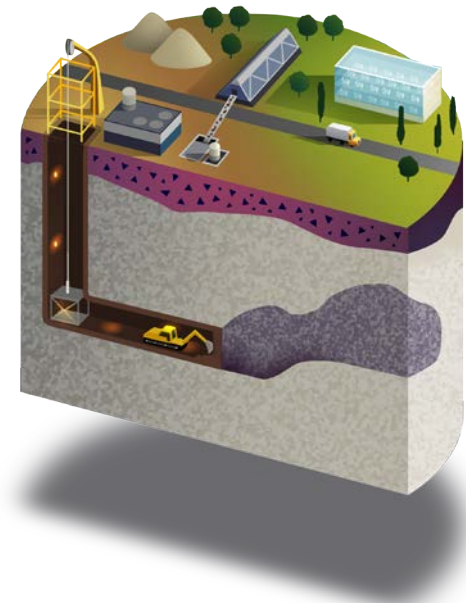
Kaivoksessa työskentelevien lukumäärä vaihtelee melkoisesti kaivoksen koon mukaan. Loviisan kaivoksessa tuotannossa työskentelee vajaat 20 henkeä, kun taas avolouhoksella Aitikissa on noin

700 työntekijää. Keskikokoisessa kaivoksessa on työntekijöitä usein 150–400.

TYÖSKENTELY KAIVOKSESSA

Ruotsin ja Suomen kaivosteollisuus kuuluu edistyneisiin ja huipputeknisimpiin koko maailmassa. Tuotantoa automatisoidaan kovalla vauhdilla ja noin puolet kaivoksen työpaikoista on maanpinnan yläpuolella. Yhdessä kaivoksessa voi olla edustettuna noin 200 erilaista ammattia, geologeista ja ympäristöinsinööreistä HR-spesialisteihin ja trukikuljettajiin.

Pohjoismaissa on korkeat työturvallisuusvaatimukset eikä kaivosteollisuus tee poikkeusta. Alalla tehdään jatkuvasti töitä turvallisuuden parantamiseksi kaivoksissa.



Kuva 10. Kaivos tarvitsee melkoisesti työvoimaa ja pätevyyttä. Kuva SGU:n kouluportaalista Geologia yhteiskunnan ja geologian välisessä vuorovaikutuksessa. www.sgu.se/geologisk

* Lähde: SGU. Bergverksstatistik 2016. **Lähde: Kaivosalan toimialaraportti 2017, TEM <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-250-7>

5. Malminetsintä

Miksi malmia etsitään? Mitä etsitään ja miten?

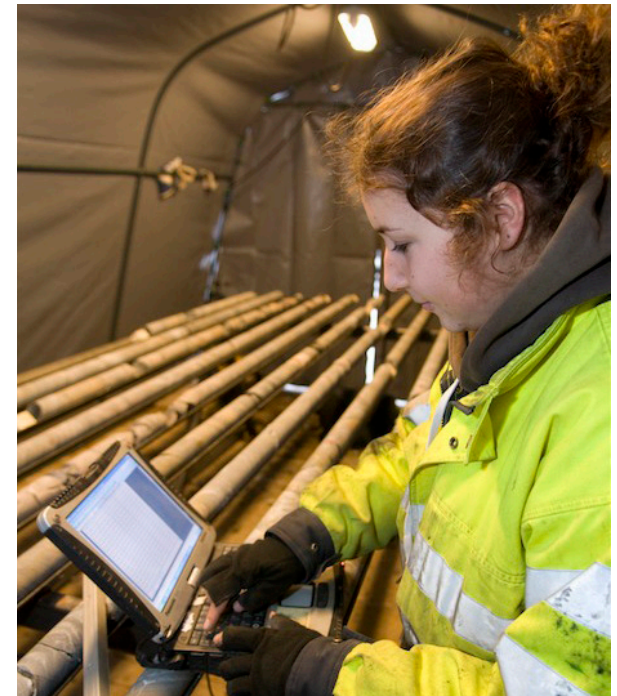
MALMINETSINTÄ

Uusia malmiesiintymiä löytyy malminetsinnän avulla. Geologit etsivät johtolankoja siitä, missä tärkeitä metalleja, kuten kuparia, kultaa ja nikkeliä tai muita mineraaleja, kuten lannoitteissa tarvittavaa apatiittia esiintyy kallioperässä. Esiintymiä on vaikea löytää ja etsintään menee pitkä aika.

Malmi on luonnossa esiintyvä materiaali, josta voidaan rikastaa taloudellisesti arvokkaita metalleja ja mineraaleja kohtuullisella voitolla. Malmiesiintymä voi sisältää useita malmeja ja monia eri metalleja, joita voidaan rikastaa ja joiden määrä esiintymässä on 100–10 000 kertaa suurempi kuin ympäröivässä kallioperässä. Malmi syntyy syvällä maankuoressa erilaisten geologisten prosessien kautta. Malminetsinnän tavoitteena on

paikantaa malmi, jonka voi löytää sen ominaisuuksien perusteella. Monet malmimineraalit ovat painavia, magneettisia tai sähköä johtavia, ja niiden esiintyminen kallioperässä saadaan näkyviin geofyysisillä mittauksilla. Malmiesiintymästä peräisin olevia luonnostaan korkeita metallipitoisuuksia voidaan myös havaita ympäröivässä maassa ja pohjavedessä.

Viimeisimmän jääkauden aikana mannerjäätikö nosti pieniä malmikappaleita irti kalliosta ja kuljetti niitä kauemmas esiintymästä. Geologit paikallistavat malmiesiintymiä myös seuraamalla näiden malmilohkareiden reittejä jäätikön tulo-suuntaan.



Kuva 11. Kairasydänten loggausta eli kartoittamista. Kuva: Niclas Dahlström-



PITKÄ PROSESSI MALMINETSINNÄSTÄ KAIVOKSEKSI

Malminetsintätoimet alkavat tavallisesti toimistossa, missä kaikki saatavilla oleva tieto kallioperästä ja sen kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista tutkitaan, jotta voidaan päätellä onko alue suotuisa tietyn tyyppisille malmiesiintymille. Erityyppisiin kivilajeihin kerääntyy erilaisia metalleja, joten jos yhtiö etsii kultaa, se hakee kivilajeja, jotka ovat suotuisia kultaesiintymille. Jos yhtiön kiinnostuksen kohteena ovat teollisuusmineraalit kuten kalsiitti tai dolomiitti, se hakee muun tyyppisiä kivilajiyksiköitä.

Kenttätutkimukset malminetsintäprojektissa alkavat tavallisesti geologisella kartoituksella ja näytteenotolla, jotta saadaan käsitys alueen kivilajeista

ja niiden koostumuksesta.

Geologit suorittavat tutkimukset maastossa kävellen ja hakaten vasaralla pieniä kivenpalasia kallionpinnasta. Geofysikaaliset mittaukset tehdään joko kulkemalla maastossa mittalaitteiden kanssa, tai ne suoritetaan ilmasta käsin matalalla lentävästä lentokoneesta. Geofysikaalisia mittauksia tarvitaan, jotta voidaan ohjata kartoitus ja näytteenotto kaikkein suotuisimmille alueille. Ensimmäinen kartoitus- ja näytteenottovaihe kestää tavallisesti useita vuosia, joiden aikana kaikki kerätty tieto analysoidaan. Jos mitään kiinnostavaa ei löydy, alue hylätään. Jos löytyy merkkejä siitä, että jotain kiinnostavaa voi olla piilossa kallioperässä, aloitetaan kenttätutkimuksen seuraava vaihe. Kerättyjen tietojen perusteella tutkimus tavallisesti kohdistuu rajallisempaan alueeseen, jossa malmiesiintymän löytymisen

mahdollisuus on todennäköisempi. Raskaammat ja kalliimmat menetelmät, kuten timanttikairaus, otetaan käyttöön, jotta saadaan tietoa syvemmältä kalliosta. Kairaustulosten perusteella etsintätoimet joko pysäytetään tai niitä täsmennetään edelleen sille alueelle, jossa malmiutumisen merkit ovat suotuisimmat.

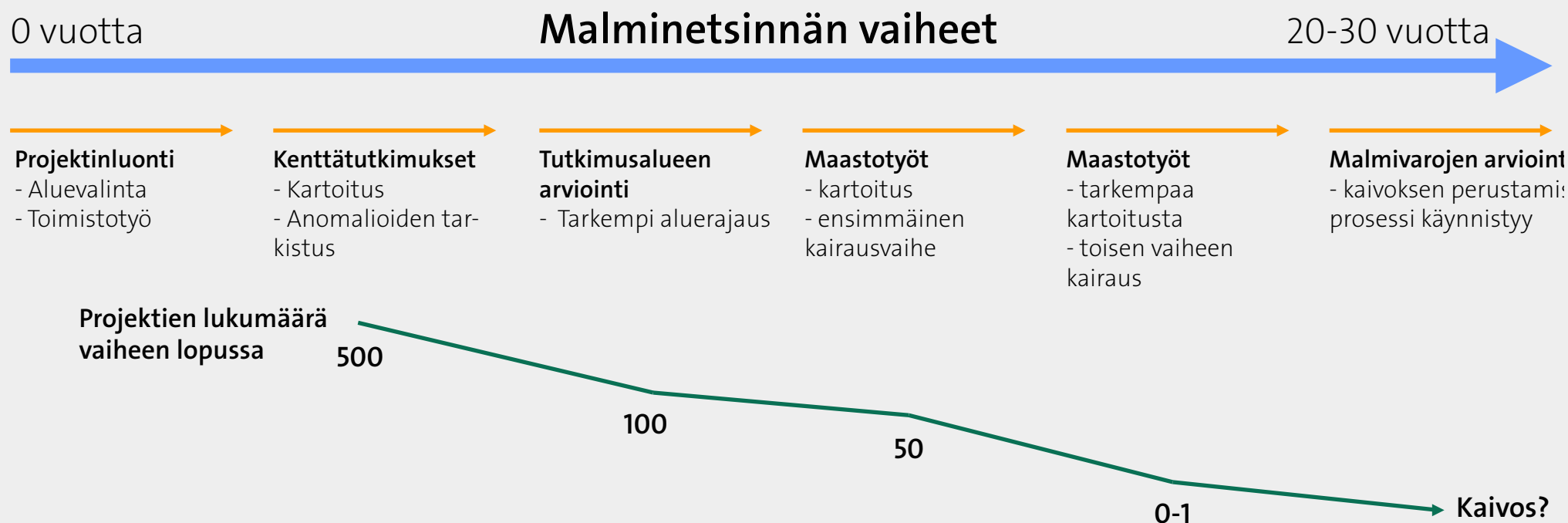
Tuhannesta malminetsintäprojektista vain noin yhdestä saadaan riittäviä merkkejä malmiesiintymästä tutkimusalueella. Koko prosessi ensimmäisestä kenttäkartoitusvaiheesta kaivostoiminnan aloittamiseen kestää tavallisesti useita kymmeniä vuosia silloinkin, kun geologiset viitteet ovat suotuisia malmin esiintymiselle. Useimmat etsintäprojektit epäonnistuvat malmiesiintymän löytämisessä.

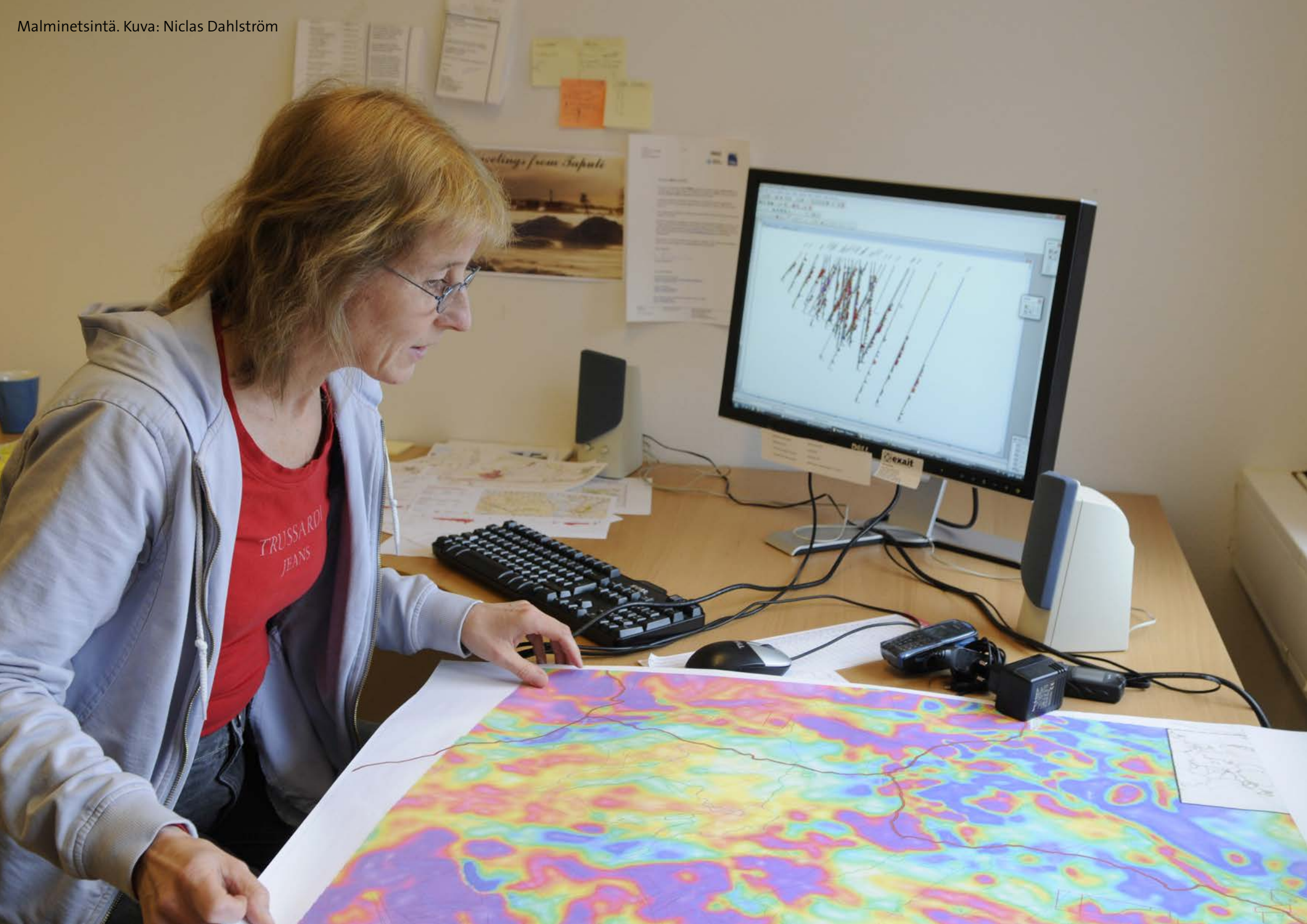


FAKTOJA:

Malminetsintäprosessi

Malminetsintä on pitkäkestoista toimintaa ja harva projekti etenee kaivokseksi asti. Syitä tähän on monia, löydetty malmiutuma voi olla liian pieni tai heikkopitoinen, hinnat voivat olla liian alhaiset tai lupaa kaivostoiminnalle ei saada. Vaikka kaikki sujuisi mahdollisimman hyvin, löytö olisi lupaava ja tarvittavat luvat saataisiin sujuvasti, kestää malmilöydöstä kaivostoiminnan aloittamiseen yleensä 20-30 vuotta. Prosessin pituutta ja vaiheita on kuvattu alla. Osien välillä tarvitaan myös erilaisia lupia, joista löytyy tietoa kappaleesta 3.





6. Geologia ja kaivostoiminta

Geologia on tieteenlaji, joka tutkii maa- ja kallioperän kehitystä. Miltä peruskalliomme näyttää ja mikä on paras tapa louhia metalleja? Miltä kaivos näyttää ja minkä tyyppisiä kaivoksia on olemassa?

MALMIESIINTYMÄ MAHDOLLISTAA KAIVOKSEN

Kallioperämme muodostui miljardeja vuosia sitten. Geologiset prosessit ovat muovanneet kaikki erityyppiset kivilajit. Mineralisaatio, arvokkaiden metallien keskittyminen kallioperässä, muodostuu erilaisten geologisten prosessien avulla. Jos näitä mineralisaatioita pidetään taloudellisesti louhintakelpoisina, niitä kutsutaan malmiesiintymiksi.

Malmiesiintymän taloudellisen tuotannon laskeminen on monimutkainen prosessi, jossa huomioidaan useita tekijöitä. Tärkeitä tekijöitä ovat esiintymän louhintakustannukset, metallipitoisuus ja sijainti. Kuperimalmi, jonka pitoisuus on 0,3 prosenttia, ei oletettavasti ole louhinnan arvoinen, jos se on 1000 metrin syvyydessä, mutta voi olla

kiinnostava, jos se on pinnassa. Tämä johtuu siitä, että louhintakustannukset ovat pienemmät avolouhoksessa (maan pinnalla) kuin maanalaisessa kaivoksessa. Avolouhoksesta voidaan louhia enemmän malmia, jonka metallipitoisuus on alempi, kun taas maanalaisissa kaivoksissa kaivostoiminta on kalliimpaa. Jos pitoisuudeltaan korkeita malmiesiintymiä löydetään hyvin syvältä, voivat maanalaiset kaivokset kuitenkin olla kannattavia. Pohjoismaissa on kaivoksia, jotka ulottuvat yli 1400 metrin syvyyteen.

Esiintymän sijainti kallioperässä ja sen muoto määräävät sen, minkä tyyppinen kaivos voidaan perustaa.

Vuoden aikana louhitun malmin määrä, louhintanopeus, on erilainen erityyppisissä kaivoksissa.

Avolouhoksessa on louhittava enemmän matalapitoista malmia alemmilla louhintakustannuksilla kaivoksen kannattavuuden takaamiseksi. Tämä on tilanne esimerkiksi Aitikin avolouhoksella Ruotsissa, missä louhitaan suuria määriä matalapitoista malmia. Pienessä Loviisan kaivoksessa louhitaan pienempiä määriä pitoisuudeltaan rikkaampaa malmia joka vuosi.

Kaivoksen koko riippuu useista seikoista, muun muassa siitä, miten suuri esiintymä on, miten suuria investointeja vaaditaan, mikä on louhintamenetelmä jne.

KAIVOKSET JA MALMITYYPIT

Yleisesti ottaen malmit voidaan jaotella kolmeen eri päätyyppiin: sulfidimalmit, oksidimalmit ja kultamalmit. Malmityypit eroavat toisistaan muun muassa tuotantotapansa, koostumuksensa ja yleisten ympäristövaikutustensa perusteella.

Sulfidimalmissa on arvomineraaleina sulfidimineraaleja. Sulfidimineraalit ovat rikkiyhdisteitä. Taloudellisesti kiinnostavia ovat muun muassa sinkkivälke, lyijyhohde ja kuparikiisu. Useita perusmetalleja, kuten sinkkiä, lyijyä, kuparia ja nikeliä louhitaan sulfidimalmeista. Myös kultaa ja hopeaa voidaan louhia niistä, usein sivutuotteina. Koska sulfidimalmi sisältää suurempia määriä sulfidimineraaleja, se usein yhdistetään suurempiin ympäristöriskeihin kuin monet muut malmit. Se

johtuu siitä, että sulfidimineraalit rapautuvat nopeasti joutuessaan kosketuksiin hapen kanssa. Lisää faktoja sulfidimineraaleista on seuraavalla sivulla.

Oksidimalmeista tärkein on rautamalmi. Rautamalmista louhitaan usein vain rautaa, mutta siinä voi olla myös muita metalleja ja mineraaleja. Rautamalmimineraaleista tärkeimmät ovat magnetiitti ja hematitiitti. Ruotsissa louhitaan suurin osa kaikesta rautamalmista ns. apatiittirautamalmeista. Ne ovat saaneet nimensä fosforia sisältävästä apatiittimineraalista, jota on malmissa runsaasti. Tällä hetkellä aktiivisten kaivosten apatiittirautamalmit sisältävät noin 70 prosenttia rautaa. Näissä malmeissa on hyvin matala sulfidimineraalipitoisuus ja siten ne ovat yleensä vähem-

män vahingollisia ympäristölle. Ruotsissa on myös karsikivirautamalmeja, jotka eroavat apatiittirautamalmeista siten, että ne voivat sisältää enemmän sulfidimineraaleja. Kemissä louhittava kromimalmi on myös esimerkki oksidimalmista, jossa ei ole juurikaan sulfidimineraaleja.

Kultaa esiintyy usein puhtaana tai muiden metallien, mm. hopean ja platinan seoksena, mutta sitä voi olla myös muissa mineraaleissa, kuten sulfidimineraaleissa. Kittilässä sijaitsevan Euroopan suurimman kultakaivoksen malmissa kultaa on sulfidimineraalien sisällä. Monet tärkeimmistä kultamalmeista ovat kultasuonina kvartsissa tai muussa isäntäkilajissa. Kultaa löytyy myös maakerrostumista, joihin se on kerääntynyt kalliosta irronneina hippuina. Lapin huuhtontakulta löytyy tämän tyyppisistä esiintymistä.

Kultamalmien sisältämien sulfidimineraalien määrä vaihtelee. Björkdalin kaivoksessa Ruotsissa tuotetaan vähärikkistä kaivosjätettä, joka käytetään uudelleen kaivoksen ulkopuolella täytemaana tienrakennuksessa ja muussa infrastruktuurissa. Kultamalmit voivat kuitenkin tuottaa myös vaarallista kaivosjätettä, jota ei voi kierrättää.

Malmin louhinnan ja rikastuksen aikana syntyy kahta erilaista jätettä, sivukiveä eli raakkua ja rikastushiekkaa. Rikastushiekan osuus on suhteessa malmin pitoisuuteen. Korkean pitoisuuden rautamalmit (usein yli 60 % rautaa) tuottavat vähemmän rikastushiekkaa kuin sulfidimalmit, joiden pitoisuus on usein alempi (prosentin osista muutamiin kymmeneen prosentteihin).



Kuva 12. Varhaisvaiheen malminetsintää Suomessa. Kuvassa on maaperänäytteenotossa oleva geologi sekä avustava malmikoirä Reino, joka kantoi geokemialliset näytteet ja juomaveden. Kuva: Hannu Panttila



FAKTOJA:

Sulfidimineraalit ja ympäristö

SULFIDIMINERAALIT

Sulfidimineraalit ovat mineraaliryhmä, joissa sulfidi-ioni S^{2-} on anionina. Tavallisia sulfidimineraaleja ovat mm. rikkikiisu, lyijyhohde ja magneetikiisu. Useat sulfidimineraalit sisältävät arvokkaita ainesosia. Nämä mineraalit muodostuvat pelkistetyissä (happiköyhissä) ympäristöissä, missä rikki ja metallit muodostavat yhdisteitä. Sulfidimineraalit ovat stabiileja niin kauan kun olosuhteet ovat happiköyhiä, mutta muuttuvat epävakaaiksi joutuessaan kosketuksiin hapen tai muiden hapettavien aineiden kanssa. Tästä syystä sulfidimineraaleja sisältävä kaivosjäte peitetään usein tiiviillä maakerroksilla tai vedellä, jolloin estetään hapen pääsy jätteeseen.

Rikkikiisu (FeS_2) on tavallisin sulfidimineraali. Kun rikkikiisu joutuu kosketukseen riittävän happimäärän kanssa, mineraali hajoaa hapettuessaan. Tämä tarkoittaa sitä, että sidosrikin ja raudan välillä rikkoutuu ja rauta päätyy vesipitoiseen happoliuokseen. Reaktio vapauttaa myös vetyioneja, mikä alentaa pH-arvoa ja muuttaa veden happamaksi. Samanlaisia reaktioita tapahtuu useimmissa sulfidimineraaleissa, jolloin niiden sisältämät metallit siirtyvät liuokseen mineraalien hajotessa.

Sulfidimineraalit voivat myös hajota edelleen ollessaan kosketuksissa muihin hapettaviin aineisiin, esimerkkinä rautaioni Fe^{3+} , jota voi muodostua sen jälkeen kun rikkikiisu on jo hajonnut. Tämä merkitsee sitä, että jos pitkälle rapautunut kai-

vosjäte sijoitetaan hapettaviin olosuhteisiin, on vaarana, että rapautumisprosessit kuitenkin jatkuvat. Tämän vuoksi muun muassa rikastushiekka sijoitetaan vedellä täytettyihin altaisiin heti prosessin alussa.

YMPÄRISTÖ

Monet suurimmista kaivosjätteeseen liittyvistä ympäristöriskeistä ovat yhteydessä sulfidimineraalien hajoamiseen eli rapautumiseen. Kaikki mineraalit rapautuvat, mutta sulfidimineraalit rapautuvat hyvin nopeasti moniin muihin mineraaleihin verrattuna. Ne sisältävät myös suuria määriä metalleja, jotka voivat olla vahingollisia terveydellemme ja ympäristölle, esimerkiksi kuparia, kadmiumia ja lyijyä. Kun

sulfidimineraalit rapautuvat, syntyy hapanta, metallipitoista suotovettä (englanniksi Acid Mine Drainage, AMD). Silloin kun veden pH-arvo laskee, monet metallit muuttuvat yleensä liukoisemmiksi ja leviävät helpommin ympäristöön.

Hapan ympäristö usein myös edistää metallien liukenemista. Eräs keino ehkäistä metallien hajoamista ja leviämistä on rikastushiekka-altaan pH-arvon nostaminen. Se tehdään useimmiten lisäämällä kalkkia veteen ja kaatopaikoille. Toisinaan tämä tehdään jo ehkäisytoimissa jätteen peittämisen yhteydessä, jolloin kalkkia lisätään kerroksittain eri vaiheissa. Lisätietoja peittämisestä ja ympäristövaikutuksista on kapaleessa 7.

KAIVOKSEN TALOUS

Ratkaiseva tekijä kaivoksen taloudessa on malmin arvo, joka usein ilmaistaan euroina tai dollareina per tonni. Arvon määrittää ennen kaikkea malmin metallipitoisuus ja metallin arvo, joka tavallisesti on 20–200 EUR/tonni. Vähempiarvoisilla metalleilla kuten raudalla vaadittu malmin metallipitoisuus on sen vuoksi aina korkea (30–65 % Fe), jotta louhinta olisi taloudellisesti kannattavaa. Arvokkaiden metallien kuten kulta- ja platinaesiintymien louhinta voi olla kannattavaa jopa hyvin matalilla pitoisuuksilla (1–10 g metallia/tonni malmia).

Esiintymän luonteesta riippuen malmi louhitaan avolouhoksesta tai maan alla. Jos malmiesiintymä on lähellä maanpintaa, se tavallisesti louhitaan

avolouhoksena suurilla koneilla, jolloin tuottavuus on korkea ja tuotantokustannukset pienemmät. Syvemmällä sijaitsevista malmiesiintymistä malmi louhitaan maanalaisessa kaivoksessa, mikä lisää tuotantokustannuksia ja alentaa tuottavuutta. Maanalaisen kaivoksen perustaminen vie myös pidemmän ajan ja vaatii huomattavasti suuremman investoinnin.

Esiintymän tyyppi ja louhintamenetelmän valinta vaikuttavat myös siihen, miten suuri osuus malmiesiintymän metallisisällöstä saadaan louhittua. Kaikessa malminlouhinnassa tapahtuu tiettyä malmin hävikkiä, mikä merkitsee, että 5–30 % malmista jää louhimatta. Myös sivukiven sekoittuminen murskattuun malmiin alentaa metallipitoisuutta. Menetyksiä aiheutuu myös silloin, jos esimerkiksi osia malmista on jätettävä tukipylväik-

si vakauttamaan louhinta-aluetta, malmin rajat ovat erittäin epäsäännölliset eikä malmia saada räjäyttämällä irtoamaan, tai kun irti räjäytettyä malmia ei saada lastattua pois vietäväksi. Sivukiven sekoittuminen malmin joukkoon johtuu ennen kaikkea malmin epäsäännöllisistä rajoista tai ympäröivän kallion heikkoudesta.

Maanalaisissa kaivoksissa käytetään monia erilaisia louhintamenetelmiä, jotka riippuvat malmin luonteesta ja arvosta. Pienempiin esiintymiin, joiden arvo on korkea, sovelletaan usein täyttölouhintaa, josta aiheutuu pieniä menetyksiä sekä vähemmän sivukiven sekoittumista, mutta korkeampia tuotantokustannuksia. Esiintymät, joiden malmin arvo on alempi, edellyttävät alempia louhintakustannuksia, jolloin käytetään levysoroslouhintaa tai vastaavaa.

Nämä suuremman mittakaavan prosessit soveltuvat vain suurille malmiesiintymille. Niiden seurauksena malmin hävikki on suurempi ja sivukiveä tulee runsaammin malmin mukana.

LOUHINNASTA METALLIKSI RIKASTAMON KAUTTA

Malmin louhinta voidaan suorittaa avolouhoksessa tai maan alla. Malmiesiintymät louhitaan useimmiten avolouhoksista aina 300–400 metrin syvyyteen asti, minkä jälkeen yleensä siirrytään maanalaiseen louhintaan. Pohjoismaissa valtaosa louhinnasta tapahtuu maan alla, mutta suurin osa maailman kaivoksista on avolouhoksia. Maanalainen louhinta on kustannuksiltaan kalliimpaa ja myös monimutkaisempaa, joten ollakseen kannattavaa se edellyttää rikkaampia

esiintymiä. Esimerkiksi kaivoksessa, jossa louhinta tapahtuu syvemmällä tasoilla, malmin kuljetusmatkan pituus maanpinnalle kasvaa vähitellen, jolloin kustannukset ja energiantarve lisääntyvät. Suuret syvyydet merkitsevät lisääntyntä kalliojännitystä, mikä johtaa tiukempiin kallion vahvistusvaatimuksiin ja lisää kustannuksia. Suuret syvyydet lisäävät myös kaivoksen ilmanvaihdon tarvetta, mistä aiheutuu lisäkustannuksia.

Maan alla tapahtuva louhinta

Maanalaisissa kaivoksissa malmiin päästään käsiksi vinotunneleiden tai kuilujen kautta, jotka johtavat alas sille tasolle, missä malmia louhitaan. Monissa maanalaisissa kaivoksissa ei ole vinotunneleita, jolloin ihmiset ja koneet on kuljetettava kuilujen kautta. Louhintatasoille tehdään tuotantoalueita, toisin sanoen väyliä (tunnelit), jotka johtavat

malmialueelle. Valmistelutunneli voi olla jopa 200 m pitkä.. Tarvittaessa tunnelin seiniä ja kattoa vahvistetaan pulteilla, verkoilla ja ruiskubetonilla. Louhintamenetelmän valinta tapahtuu sen jälkeen kun on otettu huomioon useita parametreja, kuten malmiesiintymän sijainti, geologia, geometria, kalliomekaaniset olosuhteet sekä malmin suhde sivukiveen. Etsintätöiden avulla saadaan selville malmiesiintymän muoto, jolla on valtavan suuri merkitys louhintamenetelmän valinnassa. Suuri, tiivis esiintymä voidaan usein louhia halvemmin ja tehokkaammin kuin pieni epäsäännöllinen esiintymä, koska silloin voidaan käyttää suuremman mittakaavan menetelmiä, kuten levysoroslouhintaa. Levysoroslouhinnassa esiintymään tehdään onkalo poraamalla ja räjäyttämällä, minkä jälkeen räjäytetty aines luhistuu itsestään, malmi kuljetetaan pois alakautta ja annetaan esiintymää

Garpenbergin kaivosalue Ruotsissa. Maanalaiset kaivokset tarvitsevat yleensä vähemmän tilaa kuin avolouhokset. Kuva: Boliden



ympäröivien sivukivien jälleen täyttää muodostuva tyhjä tila. Kaikki infrastruktuuri (tiet, kuilut, ilmanvaihto jne.) sijoitetaan kallioon malmiesiintymän viereen.

Pienempiin ja epäsäännöllisempiin malmiesiintymiin käytetään muita louhintamenetelmiä, esimerkiksi täyttölouhintaa. Suuriin ja tasaisiin malmiesiintymiin käytetään esimerkiksi pilari-louhintaa.

Riippumatta menetelmästä louhinta tapahtuu prosessilla, joka käsittää joukon perustoimintoja, ns. panostussyklin.

Panostussykli levysorroslouhintaa varten on seuraavanlainen:

Sen jälkeen kun perä on ajettu, jotta päästään käsiksi kalliossa olevaan malmiin, suoritetaan sorrosporaus, jossa porataan pitkät pystysuorat reiät esiintymän läpi viuhkan muotoiseksi kuvioksi, ns. kranssiksi. Kun koko perä on porattu, ruiskutetaan räjähdysainetta porausreikiin, eli ne ladataan. Sen jälkeen, usein kerran vuorokaudessa yöaikaan, kun kaivos on tyhjä, suoritetaan räjäytys (ammunta). Kun räjäytys on tehty, räjähdyskaasut tuuletetaan pois (ilmanvaihto), ja aamulla aloitetaan lataus. Suurissa kaivoksissa, kuten LKAB:n Kiirunassa ja Malmbergetissä malmi poistetaan peristä lastauskoneilla, joiden kauhakapasiteetti on 17–30 tonnia. Sen jälkeen malmi pudotetaan jyrkkään kaltevaan kuiluun, ns. kivikuiluun. Malmi putoaa kuilun läpi ja se kerätään kalliotaskuihin aivan päätason yläpuolella.

Kalliotaskuista malmi kuljetetaan suurilla trukeilla (Malmberget) tai junalla (Kiiruna) ja tyhjennetään suuriin, murskainten yläpuolella oleviin kalliotaskuihin (kuljetus). Murskaimissa malmi hienonnetaan 10-senttiseksi ja sen jälkeen se kuljetetaan pitkällä hihnakuljettimilla malmihisseihin eli ns. kippoihin, jotka nostavat malmin maanpinnalle. Siellä malmi lastataan automaattisesti kippoihin. Jokainen kippo voi kuljettaa noin 40 tonnia malmiä ja liikkuu 17 metriä sekunnissa.



Avolouhos

Yksi ehto avolouhoslouhinnalle on, että malmiesiintymä ulottuu pintaan asti tai että se ei ole liian paksujen maa- tai kalliokerrosten peitossa. Useimmissa avolouhoksissa malmi louhitaan ns. pengerlouhinnalla. Menetelmä perustuu siihen, että malmi louhitaan peräkkäisinä alaspäin suuntautuvina “pengerminä”. Nämä pengermät antavat avolouhokselle sen luonteenomaisen porrasmaisen ulkonäön.

Louhinta avolouhoksessa suoritetaan useissa tuotantovaiheissa. Ensin malmin päällä oleva maa- ja kalliokerros kuljetetaan pois, minkä jälkeen malmi louhitaan vaakasuorina levyinä, ns. pengerlouhintana. Räjätysreiät porataan alaspäin suuntautuvalla porauksella, ja kun räjäytetty malmi on purettu, tuotanto siirtyy asteittain syvemmälle.

Räjäytetty malmi lastataan kuormaimilla kaivoskuorma-autoihin eli dumppereihin, ja hylkykivi viedään dumppereilla kiviätevarastoon, kun taas malmi kuljetetaan murskaimeen, joka on joko avolouhoksessa tai maanpinnalla. Murskauksen jälkeen malmi kuljetetaan rikastamoon, missä se jauhetaan, vaahdotetaan ja kuivatetaan.



Kuva 13. Kevitsan avolouhos Suomessa. Kuva: Boliden

MATKA RIKASTAMON LÄPI

Kaivoksesta louhittu malmi on käsiteltävä, jotta kivessä olevat arvomineraalit voidaan erottaa vähemmän arvokkaista mineraaleista. Tämä tapahtuu rikastamossa. Se, miten suurella osalla louhitusta malmista on kaupallista arvoa, vaihtelee kaivoksesta toiseen, mutta erimerkkinä voidaan sanoa, että rautamalmeissa on noin 50 % rautaa sisältäviä mineraaleja, kun taas kuparimalmi sisältää ehkä vain 0,5–1,5 % kuparimineraaleja (esim. kuparikiisua). Kultakaivos voi olla kannattava jo silloin, jos yhdessä tonnissa malmia on muutama gramma kultaa. Kaikki se materiaali, millä ei ole arvoa, erotetaan prosessissa ”jätekieksi”.

Rikastusprosessi alkaa normaalisti murskauksella ja jauhatuksella. Tietyissä tapauksissa suoritetaan

esirikastus eli käsinpoiminta, jossa karkeat jätkevikappaleet erotetaan malmivirrasta prosessin varhaisessa vaiheessa. Rautakaivoksissa tämä voidaan tehdä kuivamagneettierottelulla ja muissa tapauksissa käytössä on myös optisia erotteluprosesseja. Käsinpoiminnalla, joka normaalisti tapahtuu murskauksen jälkeen, mutta ennen jauhamista, on sekä taloudellisia että ympäristöllisiä etuja. Laitoksen tuotantokapasiteetti lisääntyy seuraavissa vaiheissa, joten energian, veden ja kemikaalien tarve louhittua malmitonnia kohti pienenee samanaikaisesti. Karkeampi jäte on inertimpää kuin hienojakoinen ja aiheuttaa vähemmän esim. pölyongelmia. Esirikastus ei kuitenkaan ole aina mahdollista, esimerkiksi silloin kun arvomineraali on hyvin hienorakeista. Yleensä esirikastus johtaa jonkinlaiseen hävikkiin arvometallien ollessa kyseessä. Murskauksen ja jauhatuksen tavoitteena

on hienontaa malmipartikkelit sen kokoisiksi, että arvomineraali voidaan erottaa tehokkaasti jätteestä seuraavassa erotusprosessissa. Yleisimmät erotusprosessit perustuvat eri mineraalien tiheyden, magneettisuuden tai pintaominaisuuksien eroihin. Myös sähkönsäilytämiskykyyn tai optisiin ominaisuuksiin perustuvia menetelmiä käytetään rikastamoissa. Rautaa sisältäville mineraaleille valitaan magneettierotusmenetelmä mineraalin tyypistä riippuen joko heikko- tai voimakasmagneettisena. Magnetiittimalmi reagoi voimakkaasti magneetikenttiin ja se voidaan erottaa vähämagneettisilla menetelmillä, kun taas hematitiitti on heikommin magneettinen mineraali ja sen erottamiseksi tarvitaan voimakkaampaa magneettia. Painovoimaan perustuvia menetelmiä voidaan käyttää, kun erotettavien mineraalien tiheysero on suuri. Metalleista esimerkiksi tinaa, kultaa,

lyijyä ja volframia sisältävät mineraalit ovat tavallisesti painavia suhteessa sivukiveen ja ne voidaan erottaa käyttämällä painovoimaa. Perusmetalleille (esim. kupari, sinkki ja lyijy) käytetään usein menetelmiä, jotka perustuvat pintaominaisuuksiin. Tämä tapahtuu adsorboimalla valikoivasti kemikaaleja (kerääjiä) erityisille mineraalipinnoille, jotta niistä tulisi hydrofobisia (vettä hylkiviä). Vaahdotustankeissa mineraalisuspensio sekoitetaan ilmakupliin, jotka kiinnittyvät hydrofobisiin partikkelipintoihin ja nostavat malmipartikkelit ylös vaahtofaasiin, kun taas muut mineraalit painuvat tankin pohjalle. On myös prosesseja, jotka perustuvat ns. käänteiseen vaahdotukseen, jossa jätemineraali vaahdotetaan pois hyötymineraalista. Jätteestä muodostuvat prosessivirrat kulkeutuvat rikastushiekkavarastoon tai ne sekoitetaan sementtiin, jota käytetään maanalaisissa kaivok-

sisä kaivostunnelien täytteenä. Arvomineraalit, jotka rikastetaan erilaisilla erotusprosesseilla, on rikastusprosessin viimeisessä vaiheessa kasteltava. Tämä tapahtuu usein monissa eri vaiheissa, ensin sedimentointiin perustuvilla menetelmillä ja myöhemmin paine- eli vakuumisuodatuksella. Rikastuksen lopputuote kuljetetaan sen jälkeen jauhemuodossa sulattamoihin.

PATOTURVALLISUUS

Kun malmi rikastetaan, eli arvoaineet erotetaan vähemmän arvokkaista, syntyy myös suuria määriä jätaineita. Rikastamossa malmi murskataan ja jauhetaan hienojakoiseksi hiekaksi. Prosessista kertyvää jätettä kutsutaan rikastushiekaksi.

Rikastusprosessin jälkeen rikastushiekkaan se-

koitetaan vettä, jotta saadaan lietettä (slurry). Liette pyritään loppusijoittamaan mahdollisimman lähelle kaivosta tai rikastamoa rikastushiekka-altaaseen. Loppusijoittaminen takaisin kaivokseen on usein käytännössä mahdotonta, sillä avolouhoksessa malmin louhinta jatkuu samalla kun rikastushiekkaa kertyy lisää. Karkeimpia osia rikastushiekasta käytetään joissakin tapauksissa seosaineena sementissä, joka pumpataan täytteeksi maanalaisen kaivoksen tyhjäksi louhittuihin osiin.

Rikastushiekka-allas rajataan patovalleilla ja mahdollisilla luonnollisilla esteillä siten, että rikastamosta tuleva liete voidaan pumpata altaaseen. Kun lietteen kiinteät osat sedimentoituvat altaan pohjalle, pumpataan yli jäävä vesi takaisin rikastusprosessiin suljetussa kierrossa. Suomen olosuhteissa vettä saattaa kuitenkin kertyä liikaa

Rikastushiekka-altaan ruoppausta Svartträskgruv-
anin kaivoksen alueella. Kuva: SGU



sateiden mukana, jolloin ylimääräinen vesi on pumpattava pois. Erityisesti talvisin vettä saattaa myös kertyä liian vähän, jolloin systeemiin on lisättävä vettä.

Rikastushiekka-altaita rajaavat padot toimivat hieman eri tavoin kuin vesivoiman rakentamiseen tarkoitettut padot. Vesivoima-altaissa patojen tulee pitää vesi altaassa, kun taas rikastushiekka-altaissa padot rajaavat hiekan leviämistä. Jos vesivoimaa ei enää tarvita, voidaan pato poistaa, mutta rikastushiekka-altaita rajaavat padot ovat pysyviä rakenteita. Rikastushiekka sisältää metallipitoisia mineraaleja ja mahdollisia rikastusprosessin kemikaalijäämiä eikä se saa levitä ympäristöön. Rikastushiekka voi olla myös rikkipitoista malmin sisältämien sulfidimineraalien vuoksi. Suomessa patoturvallisuudesta vastaavat viranomaiset ovat

Aluehallintovirasto (AVI) ja ELY-keskus, jotka valvovat myös rikastushiekka-altaiden turvallisuutta.

Kaivos- ja rikastustoiminnan alkaessa alkaa myös rikastushiekan kertyminen, joka jatkuu niin kauan kuin rikastamo on toiminnassa. Kaivoksen suunnitteluvaiheessa on huomioitava myös rikastushiekan loppusijoittaminen. Alueen tulee olla padottavissa joko padoilla tai niiden lisäksi korkeammilla maastonmuodoilla. Jos rikastushiekka-allas alkaa täyttyä, on patoja mahdollisesti korotettava toiminnan aikana. Patoja suunniteltaessa on tehtävä huolelliset turvallisuuslaskelmat. Lisäksi patojen kestävyyttä on tarkkailtava toiminnan aikana. Nykyisin sekä rikastushiekka-altaaseen että patoihin sijoitetaan erilaisia mittauslaitteita, jotka mittaavat vuotoja, vedenpainetta, materiaalien liikkumista yms. Mittauksia voidaan tehdä

myös satelliittien avulla.

Rikastushiekka-altaaseen kertyy vettä paitsi rikastushiekan mukana, myös vetenä ja lumena jotka satavat altaan päälle. Jos vettä kertyy liikaa, tulee altaaseen ylivuotovaara. Tämä on patoturvallisuuden kannalta vaaratilanne, jonka välttämiseksi patoon rakennetaan sulkuja, jotka voidaan tarvittaessa avata ja laskea liika vesi pois kontrolloidusti. Erityisesti vesiturvallisuusriskien vähentämiseksi kehitetään myös erilaisia teknologioita, joilla voidaan esim. poistaa liika vesi rikastushiekkalietteestä ennen sen sijoittamista rikastushiekka-altaaseen.

7. Kaivoksen elinkaari ja ympäristövaikutukset

Kaivoksilla voi olla suuri vaikutus ympäristöön, sekä maisemaan että ympäristön geokemiaan. Kuinka kauan kaivos on toimintakelpoinen ja miltä ympäristövaikutukset näyttäivät toiminnan aikana ja sen jälkeen?

KAIVOKSEN ELINKAARI

Kaivoksen toiminta jatkuu yleensä niin kauan kuin louhinta on kannattavaa ja esiintymiä riittää louhittavaksi. Kannattavuutta ohjailevat suurelta osin raaka-aineiden hinnat.

On tavallista, että kaivosyhtiö etsii malmia toiminnassa olevan kaivoksen läheltä. Toiminnan aikana kerätään tietoa alueen geologiasta ja esiintymän ympäristöstä. Ei ole tavatonta, että esiintymästä ja lähialueesta saatujen lisätietojen avulla kaivoksen läheltä löytyy lisää malmia. Kaivoksen toiminta-aika määräytyy malmivarojen perusteella. Malmivarat tarkoittavat tunnettuja malmimääriä, usein miljoonina tonneina ilmaistuna. Malmivarat jaettuna vuosittaisen louhitun malmin määrällä antaa tulokseksi kaivoksen

eliniän arviointihetkellä.

Esimerkiksi jos kaivoksen malmimäärä on 100 miljoonaa tonnia ja louhintanopeus 5 miljoonaa tonnia vuodessa, kaivoksen elinikä on 20 vuotta. Jos malminetsintä kaivoksen lähellä johtaa 50 miljoonan lisätonnin malmilöydökseen, lisääntyy kaivoksen elinikä 10 vuodella, jos tuotantovauhti pysyy samana.

Juuri aloittaneen kaivoksen tapauksessa ilmoitetaan usein, miten kauan se tulee toimimaan, mutta arvion ei välttämättä tarvitse olla oikea, sillä arvio kuvastaa vain yhtiön malmivaroja sillä hetkellä. Useissa paikoissa pohjoismaissa kaivostoiminta on jatkunut pitkiä aikoja alkuperäistä arviota pidempään, vaikka aiemmin oli luultu, ettei malmia enää ole jäljellä. Raaka-aineen hin-

tojen muuttuessa tai tekniikan kehittyessä myös kivi, joka ei aikaisemmin kiinnostanut, muuttuu kiinnostavaksi louhinnan kohteeksi. Useista avolouhoksista on ajan mittaan kehittynyt maanalaisia kaivoksia, kun lisää malmia löytyy syvemmältä.



Kuva 14. Garpenberg on Ruotsin vanhin kaivosalue, jossa kaivostoimintaa on harjoitettu 1300-luvulta asti, luultavasti kauemminkin. Tänä päivänä se on yksi maailman moderneimmista kaivoksista! Kuva: Boliden.

KAIVOKSEN ELINKAARI

Malmi ovat ehtyvä luonnonvara ja suurimmiten esiintymät tulevat vähitellen louhituiksi. Kun uusi kaivos aloittaa toimintansa, kairauksilla ja analyyseilla on määritetty malmio, joka tunnetaan riittävän hyvin, jotta tiedetään sen malmisisältö ja volyyymi. Malmiota käytetään sen jälkeen tuotantosuunnitelman laatimiseen parhaan taloudellisen tuloksen saavuttamiseksi, ja siinä kaivoksen eliniästä tulee kokonaismalmivarojen ja vuotuisen louhintavauhdin funktio.

Useissa tapauksissa malmiesiintymää ei ole kaivostoimintaa aloitettaessa täysin määritelty, mutta on varmistettu tarpeeksi suuri malmimäärä, joka antaa riittävän positiivisen taloudellisen tuloksen ja eliniän kaivostoiminnan aloittamiseksi.

Useimmissa tapauksissa elinikä kasvaa louhinnan edetessä. Syynä on se, että tunnettuja malmivaroja koskevien lisätutkimusten kautta malmia löytyy lisää. Kaivoksen ympäristössä tapahtuvassa malminetsinnässä voi myös löytyä aikaisemmin tuntemattomia, mutta lähellä sijaitsevia tai syvemmällä olevia malmioita, mikä lisää kaivoksen elinikää. Muita tekijöitä voivat olla lisääntynyt tuottavuus, joka alentaa louhintakustannuksia ja tekee aiemmin liian heikkopitoisiksi katsottujen esiintymän osien louhinnan kannattavaksi. Samanlainen vaikutus on myös metallin hintojen nousulla.

Vähemmän tavallista on, että kaivoksen eliniästä tulee suunniteltua lyhyempi. Syynä ovat silloin useimmiten laskevat metallien hinnat, minkä vuoksi malmivarannon heikkopitoisempien osien

louhinta muuttuu kannattamattomaksi, mikä lyhentää kaivoksen ikää. Muita kaivoksen elinikää lyhentäviä negatiivisia tekijöitä ovat virheelliset talouslaskelmat, tarkoitukseen soveltumattomat louhintamenetelmät, jotka aiheuttavat malmin hävikkiä tai lisäävät jätteen sekoittumista mukaan, kallion lujuusongelmat, laatuvaikkeudet, kohonneet käyttökustannukset jne.

KAIVOKSEN SULKEMINEN JA JÄLKIHOITO

Kun kaivos täytyy jostain syystä sulkea, usein koska malmio on käytetty loppuun tai toiminta ei ole enää kannattavaa, se on silloin lain mukaan* palautettava ennalleen ja kunnostettava. Kaivoksen kunnostus tapahtuu niin sanotun kunnostussuunnitelman mukaisesti. Siinä kuvataan, miten erityyppinen jäte sijoitetaan, peitetään tai käsitellään muulla tavalla, jolla varmistetaan ympäristön optimaalinen ennalleen palauttaminen. Siinä myös kuvataan, miten kaivos kunnostetaan.

Jätteen käsittely vaihtelee riippuen sen vaarallisuustasosta. Usein määrävä tekijä on jätteessä oleva sulfidimineraali. Sulfidimineraali hajoa helposti joutuessaan kosketuksiin hapen kanssa, ja sen vuoksi se on peitettävä muulla materiaalilla, jolla

saadaan aikaan hapettomat olosuhteet. Lue lisää sulfidimineraaleista sivulta sivu 25.

Jäte peitetään käyttämällä jompaakumpaa kahdesta pääasiallisesta menetelmästä: kuivapeittäminen tai vedellä peittäminen. Molempien menetelmien tarkoitus on vähentää hapen pääsyä jätteeseen.

Kuivapeittämistä käytetään sekä vähemmän vaaralliselle että vaaralliselle jätteelle. Vähemmän vaaralliselle jätteelle tehdään niin sanottu yksinkertainen kuivapeite, jossa on kerros moreenia. Vaarallisemmille jätteille, muun muassa sellaiselle, jossa on korkeampi sulfidimineraalipitoisuus, vaaditaan hyväksyttävä kuivapeite. Se sisältää erilaisia kerroksia, joilla varmistetaan, että olosuhteet ovat hapettomat. Lähimmäksi jätettä levitetään tiivis kerros savea tai savista moreenia, mutta myös erityyppiset tuhkat, lietesekoitukset ja vuoraustuotteet** ovat

osoittautuneet tehokkaiksi. Tiiviin kerroksen päällä on salaojakerros, joka johtaa veden pois jätteestä. Sen materiaali on usein karkearakeisempaa. Tiiviin kerroksen suojaksi, salaojakerroksen päälle, lisätään vielä suojakerros. Se on suunniteltu siten, että se suojelee roudalta ja mekaanisilta vaikutuksilta, kuten kerroksen sisään tunkeutuvilta juurilta. Suojakerros on usein paksumpi moreenikerros. Lopuksi päälle istutetaan kasveja estämään eroosiota.

Vedellä peittäminen tarkoittaa, että kaivosjätteen päälle rakennetaan tekojärvi. Veden tulee olla seisovaa hapettumisen estämiseksi. Tämä menetelmä on yleinen, kun peitetään rikastushiekkaa tai täytetään avolouhos, johon jäte voidaan sijoittaa. Usein jäte myös peitetään muutamilla kerroksilla moreenia ja muita aineksia ennen veden lisäämistä.

*Kaivoslain (621/2011) 15 luku ** Muun muassa bentoniittimatot tai tiiviistä kumikankaasta valmistettu geomembraani.



FAKTOJA:

Erityyppiset kaivosjätteet

SIVUKIVI

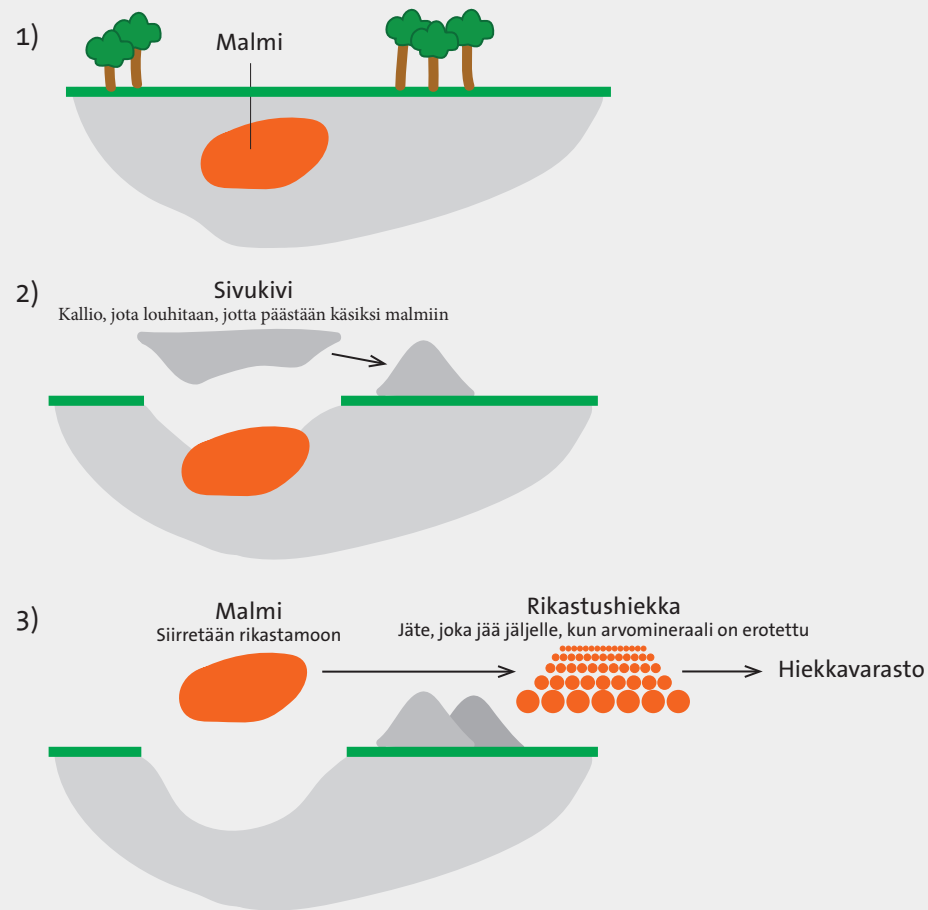
Sivukivi on kalliota, joka louhitaan, jotta päästään käsiksi malmiin. Sivukiveä syntyy sekä avolouhoksissa että maanalaisissa kaivoksissa.

Sivukiven vaarallisuus ympäristölle vaihtelee. Joissakin tapauksissa sivukivi voi sisältää sulfidimineraaleja (lue lisää sivulta 25). Silloin sitä kutsutaan happoa tuottavaksi sivukiveksi ja se on peitettävä rapautumisen estämiseksi. Sivukivi voi myös olla vaaratonta ja sisältää vain pieniä määriä haitallisia aineita. Usein sivukiveä käytetään kaivosalueilla teiden ja patojen rakennusmateriaalina. Tietyissä tapauksissa sivukiveä voidaan myös käyttää kaivosalueen ulkopuolella. Sivukiveä käytetään myös kaivosten ja louhostilojen täyttöön.

RIKASTUSHIEKKA

Rikastushiekkaa syntyy, kun malmi murskataan ja työstetään mineraalirikasteeksi. Jäljelle jää materiaali, joka kutsutaan rikastushiekaksi, joka on mineraalirikasteen tavoin hyvin hienojakoista. Koska kaikkia mineraaleja ja metalleja ei voida erottaa malmista, rikastushiekka voi sisältää pienehköjä määriä arvokkaita mineraaleja. Sulfidimalmeista peräsin oleva rikastushiekka sisältää sulfideja ja on sen vuoksi peitettävä hajoamisen estämiseksi. Tietyissä tapauksissa rikastushiekkaa voidaan käyttää louhostilojen täyttöön. Syntyvän rikastushiekan määrä on suhteessa malmin pitoisuuteen. Korkeampi arvoainepitoisuus malmissa (usein yli 60 % esimerkiksi rautamalmikaivoksissa) tuottaa vähemmän rikastushiekkaa.

Kuva 15. Kaaviokuva tärkeimmistä kaivosjätetyypeistä. Kuva: SGU

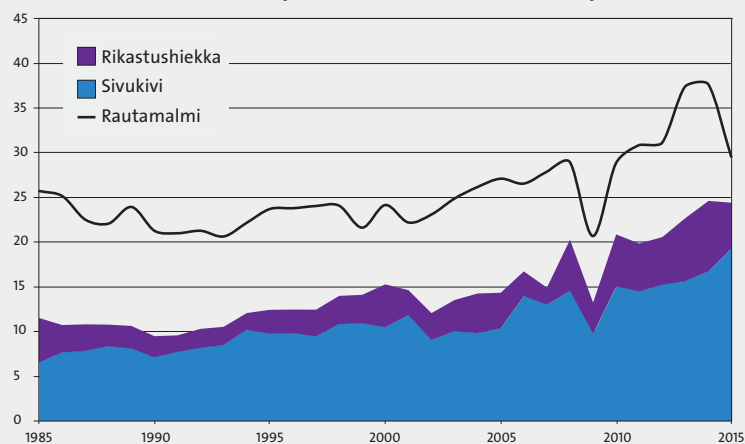




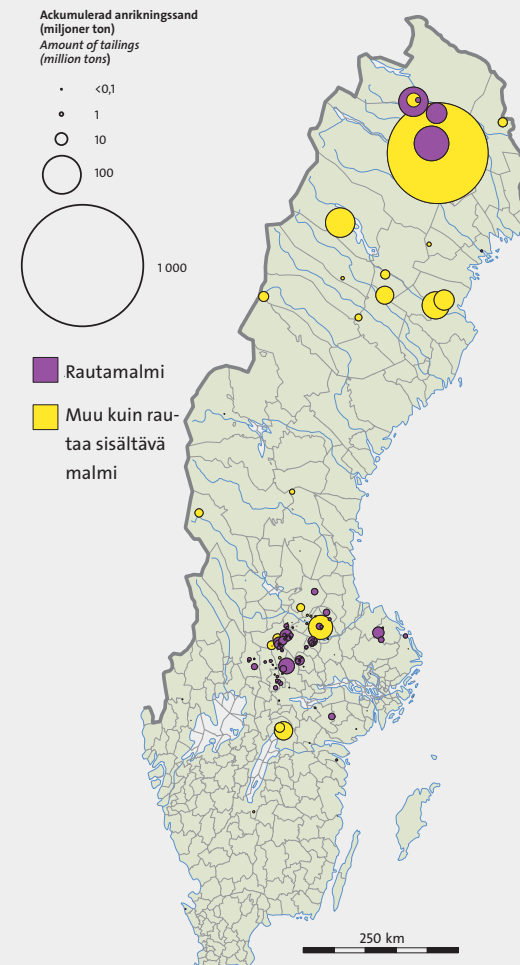
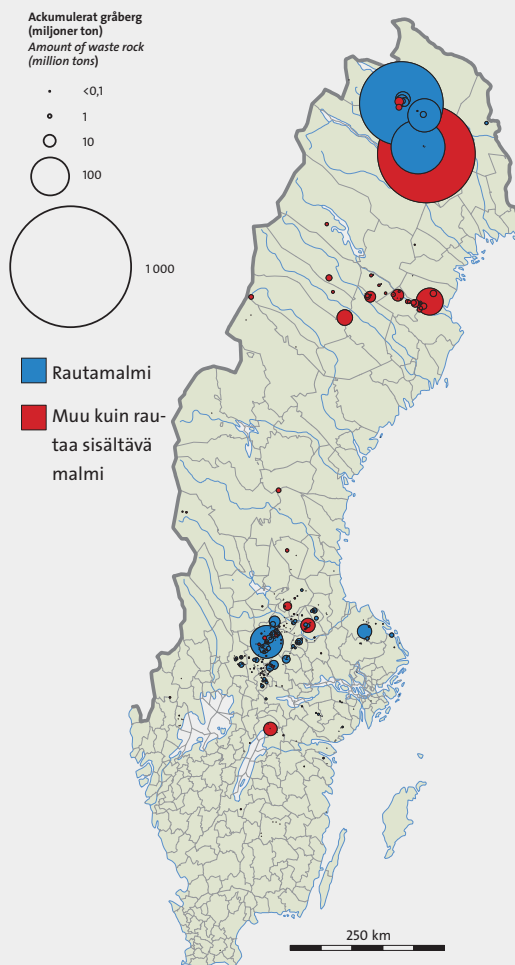
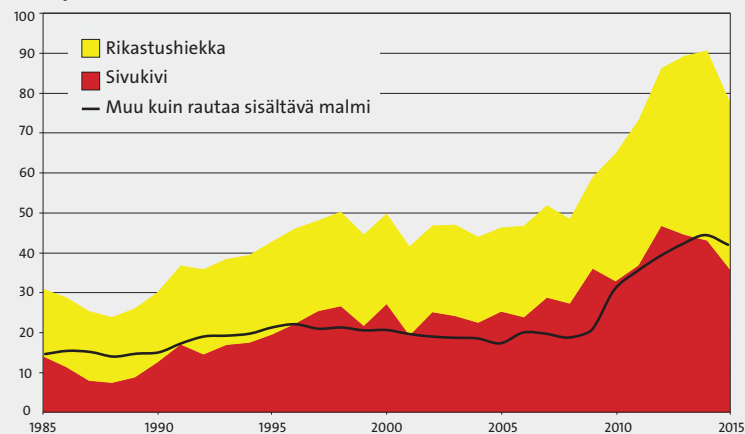
FAKTOJA:

Kaivosjäte Ruotsissa

Tuotetun rautamalmin, sivukiven ja rikastushiekan määrä vuodessa, miljoonaa tonnia



Tuotetun muun kuin rautaa sisältävän malmin, sivukiven ja rikastushiekan määrä vuodessa, miljoonaa tonnia



Kuva 16. Luvut SGU:n vuosittaisesta julkaisusta Bergverksstatistik 2016. Kaavio esittää tuotettua malmia, sivukiveä ja rikastushiekkaa vuositasona. Kartoissa näkyy kertynyt jäte maanlaajuisesti.

KAIVOSTEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN

Kaivokset ovat esim. Ruotsin lain mukaan ympäristölle vaarallista toimintaa. Tämä johtuu siitä, että kaivokset voivat vaikuttaa ympäristöömme ja terveyteemme eri tavoin, ensisijaisesti metallien ja muiden aineiden päästöinä veteen, mutta myös meluna, tärinänä ja pölynä, jotka voivat aiheuttaa haittaa lähellä asuville. Kaivostoiminta valtaa myös maata ja muuttaa maisemakuvaa. Useat tekijät ohjaavat sitä, miten paljon kaivostoiminta vaikuttaa ympäristöön, merkittävimpana niistä jätteenkäsittelytapa. Muita tekijöitä voivat olla topografia, ilmasto, geologia sekä järvien, vesistöjen ja pohjavesialueiden altistuminen vaikutuksille.

Kaivoksen sallitut päästöraajat, melutasot, tärinä ja muut seikat, joita toiminnasta saa tai ei saa aiheu-

tua, säädellään ympäristöluvan ehdoissa (ks. luku 3). Osakeyhtiö ja valvova viranomainen vastaavat siitä, että ehtoja noudatetaan eikä ympäristölle aiheudu vahinkoa.

Merkittävin kaivosten aiheuttama ympäristövaikutus on metalleista ja muista aineista peräisin olevat päästöt, jotka päätyvät veteen ja maahan. Metallien ja muiden aineiden päästöt eroavat toisistaan ainekohtaisesti. Monia aineita tarvitaan esimerkiksi elämän ylläpitämiseen, mutta liian suurina pitoisuuksina ne voivat olla myrkyllisiä lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Akuutit* ja krooniset** vaikutukset vaihtelevat aineesta, pitoisuudesta ja altistumisajasta riippuen.

Metallit ovat alkuaineita eivätkä ne hajoa, vaan pysyvät ympäristössä pitkään. Niiden liikkuvuutta voidaan kuitenkin usein vähentää, muun muassa

kohottamalla pH-arvoa. Korkeilla pH-pitoisuuksilla useimmat metallit sidotaan suhteellisen vaikeasti liukeneviksi yhdisteiksi tai adsorboidaan muihin metalleihin. Juuri redox-potentiaali (pelkistävä vs. hapettava ympäristö) ja pH (vetyionien konsentroituuminen) ohjaavat suurelta osin metallien liukenemista ja ympäristöön leviämistä. Tästä johtuen kaivosjäte käsitellään usein kalkilla, joka nostaa pH-tasoa. Rapautumista voidaan myös ehkäistä luomalla happiköyhiä ympäristöjä hapetumisen estämiseksi. Nykyaikaisissa kaivoksissa jätteen käsittely hoidetaan jo kaivoksen toiminnan aikana. Tällä suojellaan ympäristöä ja myös parannetaan kannattavuutta, sillä rapautuneen materiaalin käsittely on vaikeampaa ja kalliimpaa. Jos toiminta rikkoo ympäristöluvan määräyksiä, on valvova viranomainen velvollinen tekemään valituksen.

* Akuutit vaikutukset tarkoittavat lyhytaikaista altistumista, usein muutamia päiviä, organismista riippuen. Usein on kyse suoranaisestä kuolleisuudesta, mutta myös muita vaikutuksia voi ilmetä.

** Krooniset vaikutukset tarkoittavat pitempiaikaista altistumista. Näissä tapauksissa on usein kysymys vaikutuksesta käyttäytymiseen, kasvuun tai lisääntymiskykyyn.

METALLIT, YMPÄRISTÖ JA TERVEYS

Metallit ovat alkuaineita, joita esiintyy luonnostaan kaikkialla kallioperässä, maassa ja vedessä. Kallioiden rapautumista tapahtuu koko ajan ja metalleja siirtyy jatkuvasti päästöinä järviin ja vesistöihin. Kun kalliota louhitaan ja murskataan, suurempi pinta-ala altistuu ilmalle ja vedelle sekä säälle ja tuulelle. Tästä johtuen rapautumisprosessit tapahtuvat paljon nopeammin ja metallien päästöt siirtyvät helpommin luontoon.

Koska metallit ovat alkuaineita, ne eivät hajoa, vaan voivat säilyä ympäristössämme tai elimistössämme pitkiäkin aikoja. Useimmilla näistä aineista on negatiivinen vaikutus terveytemme, jos pitoisuudet ovat suuria. Ihmiselle vaaralliset pitoisuudet riippuvat aineesta ja usein rajoittavasti

vaikuttavista raja-arvoista.

Altistuminen tietyille metalleille voi aiheuttaa syöpää, vahingoittaa hermostoa tai vaikuttaa munuaisten toimintaan. Voit lukea lisää metalleista ja ympäristöstä esimerkiksi Kaivosteollisuusyhdistyksen verkkosivuilta*.

Metallit vaikuttavat ekosysteemiin ja ympäristöömme luonnollisina päästöinä, sekä ihmisten toiminnasta yleensä ja teollisuudesta peräisin olevina päästöinä. Kaivostoiminta on säänneltyä ja päästöehdot on määritelty ympäristöluvassa. Kaivosjätteen käsittely vaikuttaa lähellä olevaan maaperään ja veteen. Vaikutuksen suuruus ja se, voidaanko sitä pitää vahingollisena, arvioidaan usein ympäristölaatunormien perusteella. Pintavettä koskevat ympäristölaatunormit löytyvät

Ympäristöministeriön verkkosivulta **. Metalleista ja niiden erilaisista vaikutuksista ympäristöömme voit lukea lisää esimerkiksi Ruotsin Luonnonsuojeluviraston (Naturvårdsverket) verkkosivuilta***.



Kuva 17. Vesinäytteenottoa. Kuva: SGU

* http://www.prokaivos.fi/wp-content/uploads/2013/02/16282_EsiteMITF1_Metallityhtym.pdf

** <http://www.ym.fi/fi-fi>

*** <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/>

KUINKA KAIVOKSIA VALVOTAAN?

Kaivosten valvonta tapahtuu osittain omavalvontana ja osittain viranomaisvalvontana.

Ympäristönsuojelulaissa* määritellään yrityksen velvollisuus ympäristön tarkkailusta. Ehdot määritellään ympäristöluvassa. Toiminnanharjoittajan on toimitettava valvontaviranomaiselle säännöllisesti päästöjen tarkkailun tulokset ja muut valvontaa varten tarvittavat tiedot. Myös vesilaki** määrittelee ympäristötarkkailun ehtoja.

Ympäristölupat myöntää Aluehallintovirasto (AVI) tai kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Valvovana viranomaisena toimii ELY-keskus sekä kuntien ympäristönsuojeluviranomainen. Viranomaiset myös neuvovat toiminnanharjoittajaa.

Toimivan omavalvonnan ja viranomaisvalvonnan kautta voidaan kontrolloida toiminnan ympäristövaikutuksia.

Jos ympäristömääräyksiä rikotaan, on valvontaviranomaisen puututtava määräysten vastaiseen menettelyyn. Toiminnan keskeyttäminen on myös mahdollista tässä tapauksessa.



Kuva 18. Pyriitti kaivoksen.

*Ympäristönsuojelulaki 527/2014 62§

** Vesilaki 587/2011, 11 §



MINEFACTS

Haluatko lisätietoa?

MineFacts-tietopaketti sisältää asiantietoa kaivostoiminnasta. Materiaalista löytyy linkkejä, joista löytyy lisätietoa käsitellyistä aiheista. Alla on lisäksi lueteltu muutamia hyödyllisiä linkkejä:

- Geologian tutkimuskeskus GTK gtk.fi
- Suomen ympäristökeskus SYKE syke.fi
- Kaivosvastuu-verkost kaivosvastuu.fi
- Kaivosteollisuus ry prokaivos.fi/kaivosteollisuus-ry/
- WWF wwf.fi



MINEFACTS

EU:n rahoittama projekti

MineFacts-projektin rahoitus saatiin European Institute of Innovation and Technology EIT:ltä. Projektin tarkoituksena on lisätä yhteiskunnallista tietoa kaivannaisteollisuudesta asiatiedon avulla.



RawMaterials

Connecting matters