

Tiina Rissanen & Antti Peronius

Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012



Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012

Tiina Rissanen & Antti Peronius

Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012

Sarja B. Raportit ja selvitykset 3/2013

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu
Kemi 2013

© Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-5897-55-5 (nid.)

ISSN 1799-2834 (painettu)

ISBN 978-952-5897-56-2 (pdf)

ISSN 1799-831X (verkkajulkaisu)

ISSN-L 1799-2834

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun julkaisuja

Sarja B. Raportit ja selvitykset 3/2013

Rahoittajat: Euroopan Unioni Euroopan
aluekehitysrahasto, Vipuvoimaa EU:lta 2007–2013,
Tekes

Kirjoittajat: Tiina Rissanen & Antti Peronius

Kannen kuvat: Antti Peronius

Taitto: Pia Kuha

Uniprint, Oulu 2013

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu

PL 505

94101 Kemi

Puh. 010 353 50

www.tokem.fi/julkaisut

Lapin korkeakoulukonserni



Lapin korkeakoulukonserni LUC on
yliopiston ja kahden ammattikorkea-
koulun strateginen yhteenliittymä.
Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto,
Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu ja
Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

www.luc.fi

Sisällys

Tiina Rissanen

1 JOHDANTO	9
----------------------	---

Tiina Rissanen

2 METALLIMALMIEN JA TEOLLISUUSMINERAALIEN LOUHINTA	11
2.1 Toiminnassa olevat metallimalmikaivokset	12
2.1.1 Elijärvi	12
2.1.2 Pyhäsalmi	14
2.1.3 Talvivaara	16
2.1.4 Orivesi ja Jokisivu	18
2.1.5 Pahtavaara	19
2.1.6 Suurikuusikko	21
2.1.7 Kevitsa	22
2.1.8 Pampalo	22
2.1.9 Laiva	23
2.1.10 Hitura	24
2.1.11 Kylylahti	24
2.2. Teollisuusmineraalien louhinta.	25
2.2.1 Siilinjärvi	25
2.2.2 Limberg-Skräbböle, Ihalainen ja Tytyri.	25
2.2.3 Punasuo ja Pehmytkivi	26
2.3 Merkittävimmät meneillään olevat kaivoshankkeet	27
2.3.1 Sokli	27
2.3.2 Kolari-Pajala	27
2.3.3 Taivaljärvi	28
2.3.4 Suhanko	28
2.3.5 Mustavaara	29

Antti Peronius

3 PIENKAIVOSTOIMINTA JA KULLANKAIVU	31
3.1 Historia	31
3.2 Nykytila	32
3.3 Lainsäädäntö ja ympäristö	33

Tiina Rissanen

4 KAIVOSTOIMINNAN LAINSÄÄDÄNTÖ	35
4.1 Kaivoslaki ja -asetus	36
4.1.1 Malminetsintä ja varaus	37
4.1.2 Kaivoslupa	38
4.1.3 Kaivosturvallisuuslupa	40
4.2 Ympäristönsuojelulainsäädäntö	40
4.2.1 Ympäristölupa	41
4.2.2 Ympäristövaikutusten arviointi YVA	42
4.3 Muuta lainsäädäntöä	43

Tiina Rissanen

5 KAIVOSTOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA PÄÄSTÖJEN EHKÄISY	45
5.1 Etsintä- ja tutkimusvaiheen ympäristövaikutukset	46
5.2 Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset	47
5.3 Tuotannon aikaiset ympäristövaikutukset	48
5.4 Tuotannon jälkeiset ympäristövaikutukset	48
5.5 Päästöjen ehkäisy	49
5.5.1 Ilmaan kohdistuvien pöly- ja kaasupäästöjen ehkäisy	50
5.5.2 Vesiin kohdistuvien päästöjen ehkäisy	51

Tiina Rissanen

6 KAIVOSPROSESSI	53
6.1 Avolouhinta	53
6.1.1 Pengerlouhinta	54
6.1.2 Paikalleenräjäyttäminen	55
6.2 Maanalainen louhinta	56
6.2.1 Avoimet menetelmät	56
6.2.2 Täyttömenetelmät	58
6.2.3 Sorrosmenetelmät	59
6.3 Rikastaminen	59
6.3.1 Murskaus ja seulonta	60
6.3.2 Jauhatus	61

6.3.3 Painovoimaan perustuvia rikastusmenetelmiä	62
6.3.4 Vaahdotus	64
6.3.5 Magneettisuuteen perustuvia rikastusmenetelmiä	64
6.3.6 Liuotusmenetelmä	65
6.4 Varastointi ja kuljetus	66
Tiina Rissanen	
7 TEKNIikka	67
7.1 Sähkö	67
7.2 Automaatio	67
7.3 Rakenteet ja tiet	68
7.4 Kunnossapito	69
7.4.1 Esimerkkejä kaivoksen kunnossapitokohteista	69
7.4.2 Esimerkkejä kylmän ilman aiheuttamista ongelmista	70
Tiina Rissanen	
8 LOGISTIIKKA	71
8.1 Viestintä ja tiedonsiirto	71
8.2 Kalusto ja kiven siirto	72
8.2.1 Avolouhos	72
8.2.2 Maanalainen kaivos	75
9 LÄHDELUETTELO	79

1 Johdanto

Erilaisten metallien valmistus perustuu kallioperästä löydettyjen metallipitoisten kivilajien hyödyntämiseen. Mikäli löydetty mineraaliesiintymä on taloudellisesti hyödynnettävissä, voidaan siitä käyttää termiä malmi. Metalliesiintymien kannattavaan hyödyntämiseen vaikuttavat erilaiset seikat, kuten malmin määrä ja metallisisältö, metallin irrottamisen eli rikastamisen kustannukset, energian hinta, esiintymän sijainti, lupa-asiat sekä metallien maailmanmarkkinahinnat. /1/

Suomi on mahdollisuuksien maa monien eri metallimalmien louhinnalle ja taloudelliselle hyödyntämiselle. Valtio kuuluu geologisesti Fennoskandian kilpialueeseen, joka vastaa malmipotentialtaan muita kaivostoiminnan kannalta merkittäviä maita, kuten Kanadaa ja Afrikkaa. Maan merkittävimmät metallivarannot muodostuvat kulta-, nikkeli-, kupari-, kromi- ja sinkkiesiintymistä, joista potentiaalisimmat esiintymät sijaitsevat Pohjois- ja Itä-Suomessa. Perinteisesti Suomen kaivostoiminta ja malmien etsintä on keskittynyt kotimaisen teollisuuden tarvitsemien raaka-aineiden, kuten nikkeli ja kupari, etsintään. Tämän vuoksi Suomesta voidaan yhä löytää merkittäviä esiintymiä erityisesti kullan, platinametallien, sinkin ja monien muiden teollisuusmineraalien osalta. /2,3/

Vuonna 2012 suomalaisissa metallimalmikaivoksissa tuotettiin kromia, nikkeliä, kultaa, kuparia, sinkkiä, rikkiä, kobolttia sekä platinaa ja palladiumia. Kromin osalta Suomi oli sen ainoa tuottajamaa Euroopan Unionin sisällä. Tällä hetkellä Suomessa on toimivia metallimalmikaivoksia 12 kpl. Lisäksi seuraavien viiden vuoden aikana toimintaa ollaan mahdollisesti aloittamassa viidessä uudessa kaivoksessa. Metallimalmikaivosten lisäksi Suomessa louhitaan myös erilaisia teollisuusmineraaleja. Vuonna 2012 teollisuusmineraalikaivoksissa louhittiin mm. dolomiittia, kalsiittia, apatiittia, wollastoniittia sekä talkkia yhteensä 29 esiintymästä. Teollisuusmineraalien louhintaan liittyy myös Soklin apatiittikaivoshanke. Suomi on Euroopan suurin talkintuottaja sekä ainoa luonnonwollastoniitin tuottaja. /1,4/

Maassamme toimivien kaivosten takana ovat enimmäkseen suuret monikansalliset kaivosyhtiöt. Syitä Suomen suurelle suosiolle ulkomaisten kaivosyhtiöiden investoinneissa on monia, kuten maamme infrastruktuuri, lainsäädäntö, historia sekä ammattitaitoisen työvoiman saatavuus. Suomessa on hyvin kattava tie- ja rautatieverkosto, joita pitkin louhittavia malmeja voidaan kuljettaa mm. satamiin ja niistä eteenpäin ympäri maailmaa. Lisäksi hallitus ja lainsäädäntö tukevat uusien varantojen

kartoittamista ja kaivostoimintaa, jonka vuoksi maata pidetään turvallisena toiminta- ja investointiympäristönä. Suomen pitkän kaivoshistorian aikana maahan on tullut paljon osaamista ja uusia kaivosalan asiantuntijoita koulutetaan jatkuvasti. Lisäksi Suomen maaperää on tutkittu vuosien saatossa paljon ja tietoaaineisto on ulkomaisten malminetsintäyhtiöiden käytettävissä Geologian tutkimuskeskuksen kautta. /3,5/

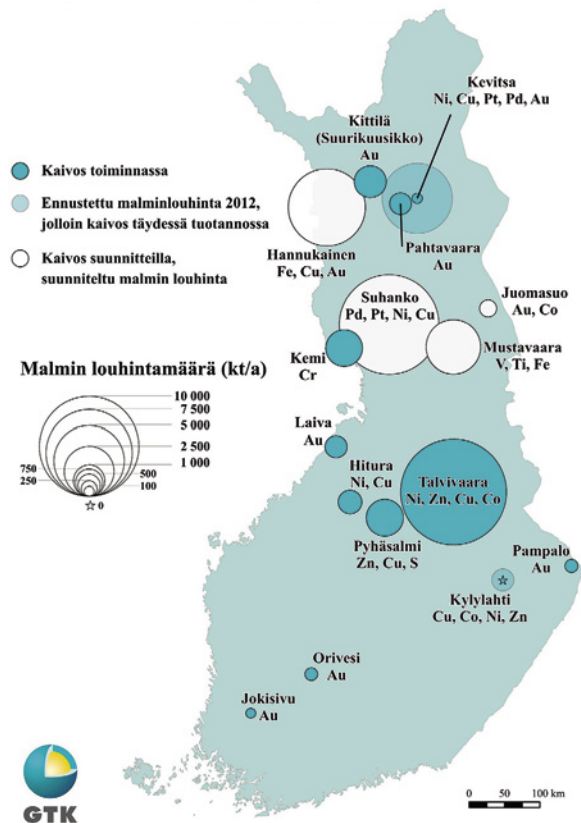
Suomessa tärkeimmät kaivostoimintaa säätelevät lait ovat kaivoslaki sekä ympäristölainsäädäntö. Oikeudet esiintymään valtaamiseen, tutkimiseen sekä varsinaisen kaivostoiminnan aloittamiseksi myöntää Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), jonka lisäksi toimintaan tarvittavan ympäristöluvan myöntää paikallinen aluehallintovirasto (AVI). Suurissa kaivoshankkeissa on käytäntönä lisäksi ns. YVA-menettely eli ympäristövaikutusten arviointi, jossa yhteysviranomaisena toimii paikallinen elinkeino-, ympäristö- ja liikennekeskus (ELY-keskus).

Kaivosala tukitoimineen on laaja kokonaisuus. Tämän raportin tarkoituksena on antaa lukijalle perustietoa Suomen kaivoksista, kaivosprosessista sekä siellä tarvittavasta tekniikasta ja tukitoiminnoista, kuten kunnossapidosta. Raportissa myös luodaan katsaus toimintaa ohjaavaan lainsäädäntöön ja ympäristöasioihin. Lisäksi geologi Antti Peronius on kirjoittanut tähän katsaukseen kappaleen, jossa tarkastellaan Suomessa tapahtuvaa pienkaivostoimintaa ja kullankaivua.

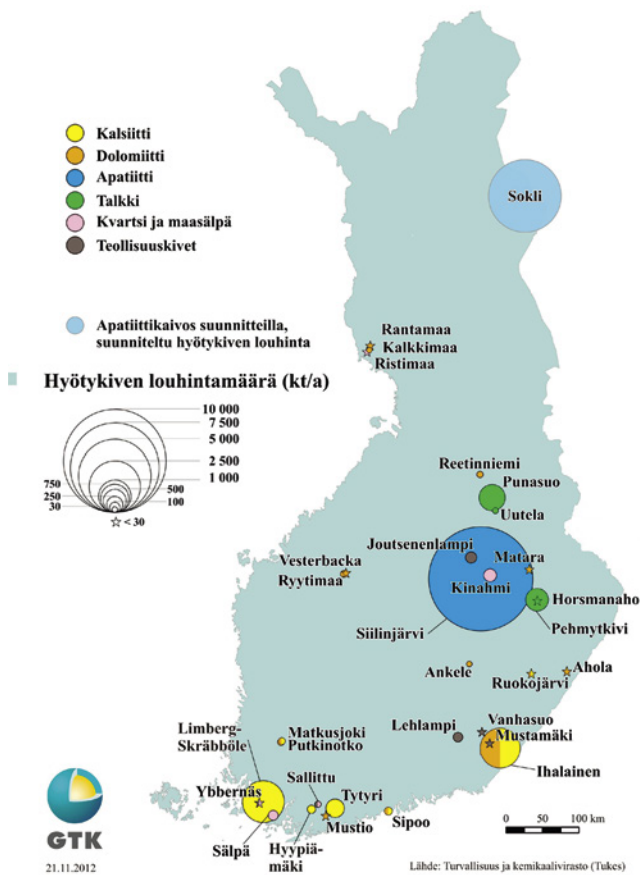
Tämä raportti on päivitetty versio Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2010 -julkaisusta, joka julkaistiin vuonna 2011. Raportti on tehty MineSteel-hankkeen yhteydessä, jossa tutkitaan kaivosten vaikeiden olosuhteiden materiaaleja ja kehitetään niiden elinkaaren hallintaa. Hanketta rahoittamassa ovat olleet mm. EU:n Euroopan aluekehitysrahasto sekä teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus Tekes.

2 Metallimalmien ja teollisuusmineraalien louhinta

Suomessa toimii tällä hetkellä 12 metallimalmikaivosta, joissa louhitaan kultaa, nikkeliä, kromia, kuparia, sinkkiä, hopea, rikkiä, kobolttia sekä platinaryhmän metalleja. Lisäksi toimintaa suunnitellaan aloitettavaksi seuraavien viiden vuoden sisällä 5 metallimalmikaivoksessa. Teollisuusmineraaleja, kalsiittia, dolomiittia, apatiittia, talkkia, kvartssia ja maasälpää sekä teollisuuskiviä, louhittiin yhteensä 29 kaivoksesta. Lisäksi suunnitteilla on Soklin apatiittikaivoksen avaaminen. Maantieteellisesti kaivokset ovat sijoittuneet ympäri Suomen, mutta suurimmat esiintymät sijaitsevat pääasiassa Pohjois- ja Itä-Suomessa (kuvat 1 ja 2).



Kuva 1. Metallimalmikaivokset. /1/



Kuva 2. Teollisuus-
mineraalikaivokset. /1/

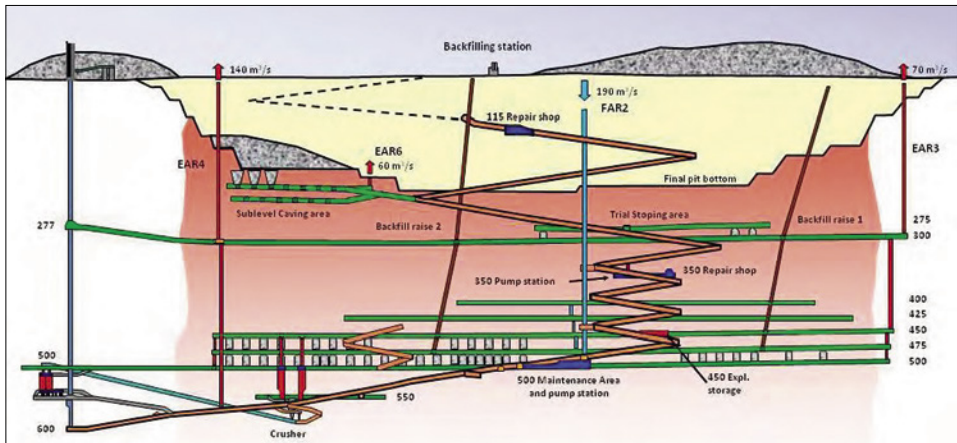
2.1 TOIMINNASSA OLEVAT METALLIMALMIKAIVOKSET

Vuonna 2012 toiminnassa olevia metallimalmikaivoksia oli yhteensä 12 kpl, joista kuudessa louhittiin kultaa. Yhteensä näistä kaivoksista louhittiin lähes 37 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 19,6 Mt. Malminlouhintamääriltään suurimmat kaivokset olivat Talvivaaran, Kevitsan ja Laivan kaivokset, joista yhteensä louhittiin 13,6 Mt malmia. /4/

2.1.1 Elijärvi

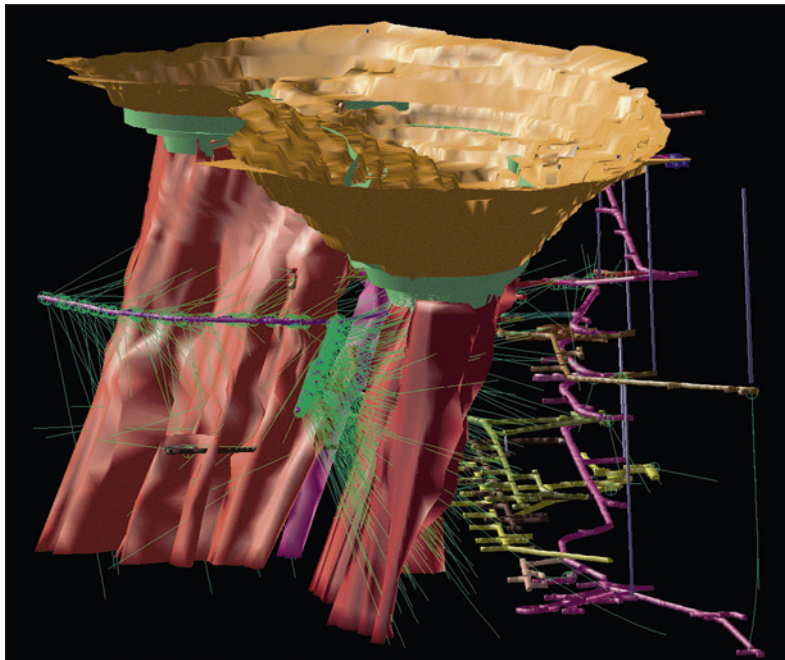
Elijärven kaivos, joka tunnetaan myös nimellä Kemin kaivos, on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiön Outokumpu Chrome Oy:n omistama kaivos. Esiintymän löysi paikallinen harrastesukeltaja vuonna 1959 ja kaivos avattiin lähes kymmenen vuotta myöhemmin vuonna 1968. Kaivos on yksi Suomen suurimmista sekä ainoa kromin tuottaja Euroopan Unionissa. Sen ainoa hyödynnettävä arvomineraali on kromiitti, josta rikastetaan kromimalmia. Kaivos aloitti toimintansa avolouhoksena, mutta joulu-

kuussa 2005 toiminta siirrettiin kokonaan maanalaiseksi. Vuonna 2012 kaivoksesta louhittiin yhteensä 1,9 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 1,25 Mt. /4,6/



Kuva 3. Kemin kaivoksen layout-kuva /7/

Vuoden 2012 loppupuolella kaivoksella valmistui mittava laajennusprojekti, joka liittyi Tornion terästehtaan ferrokromituotannon kaksinkertaistamiseen. Kaivoksen osalta tuotantomäärien kasvu tarkoitti uuden rikastamon sekä varasto- ja sosiaalitilojen rakentamista. Laajennuksen jälkeen kaivoksen vuotuinen louhintamäärä on 2,7 Mt malmin, josta rikastetaan pala- ja hienorikastetta. Rikastamon vuosittaiset tuotantomäärät ovat 40000 t palarikastetta sekä 85000 t hienorikastetta. Rikastusmenetelmänä



Kuva 4. Elijärven malmion 3D-malli. /6/

käytetään ominaispainoerotusta, joka perustuu malmin ja sivukiven painoeroihin sekä niiden erilaisiin vajoamisnopeuksiin väliaineessa. Rikasteet kuljetetaan rekoilla Tornioon Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaalle, jossa siitä valmistetaan ferrokromia ruostumattoman teräksen tuotantoa varten. /6,8/

Kaivoksen oletetut malmivarat ovat tällä hetkellä noin 33 Mt, joiden lisäksi mineraalivarantoja on 105 Mt. Mineraalit ovat kerrostuneet useisiin malmioihin ja esiintymän tiedetään olevan noin 40m leveä ja 3km pitkä, sijaiten noin 70° kulmassa. Alueella suoritettujen seismisten tutkimusten mukaan esiintymän saattaa ulottua jopa 3-4km syvyyteen. /6,9/

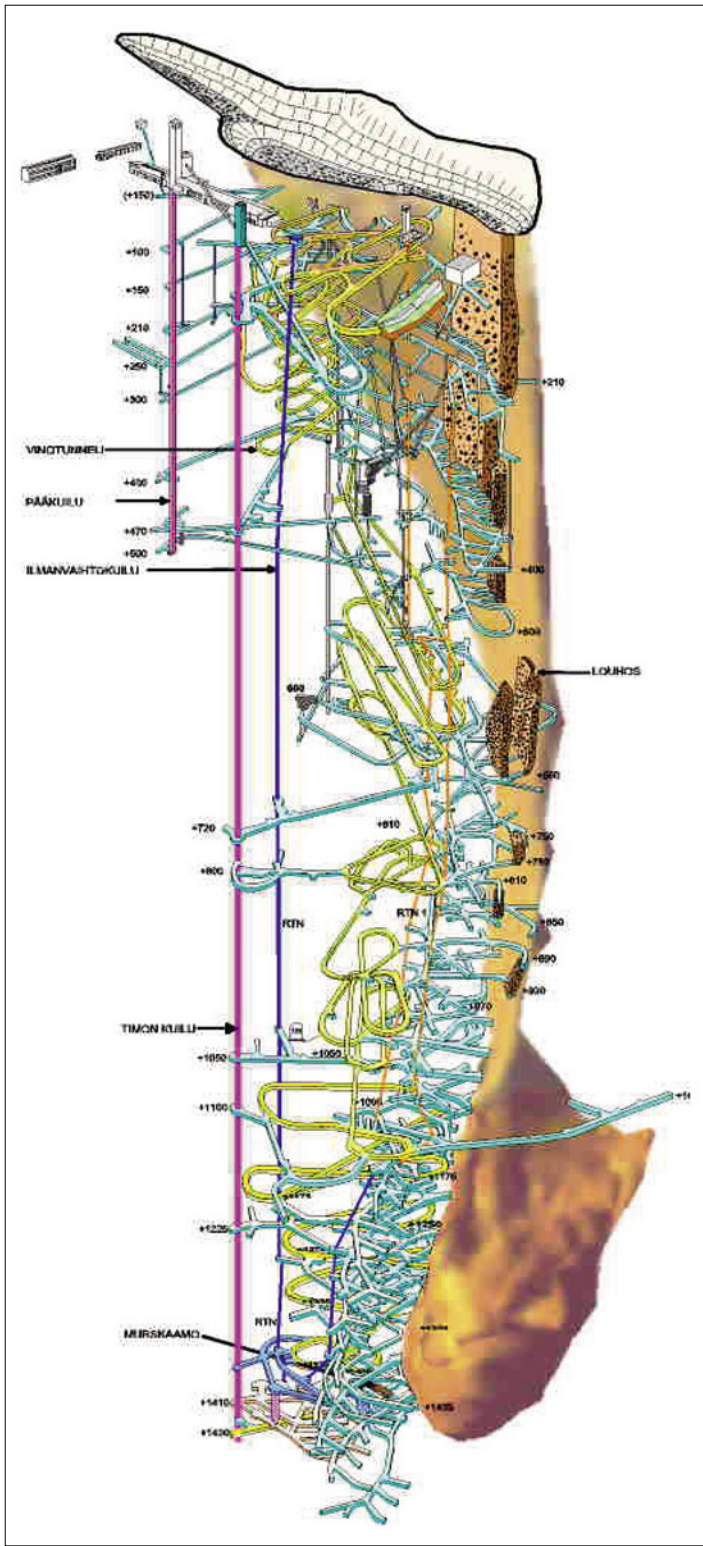
2.1.2 Pyhäsalmi

Pyhäsalmen kaivos on Keski-Suomessa Pyhäjärvellä sijaitseva kaivos, jonka omistus siirtyi maaliskuussa 2013 kanadalaiselle kaivosyhtiölle First Quantum Minerals Ltd:lle, sen ostettua kanadalaisen Inmet Mining Corporationin osakekannan. Suomessa First Quantum Minerals Ltd omistaa myös Kevitsan kaivoksen. Pyhäsalmen kaivoksen hyödyntämä malmiesiintymä löydettiin paikallisen asukkaan tekemien kivilöydöksiä perusteella vuonna 1958 ja kaivos avattiin 1962 Outokumpu Oy:n toimesta. Kaivos aloitti toimintansa alun perin avolouhoksena, mutta maanalaiseen toimintaan siirryttiin kokonaisuudessaan jo vuonna 1975. Kaivosta on vaiheittain syvennetty sitä mukaa kun uusia malmivarantoja on löytynyt. Nykyään se on 1440m syvyyteen ulottuva sekä Suomen syvin kaivos. /10,11,12/

Kaivoksen pääasialliset tuotteet ovat kupari- ja sinkkirikasteet, joiden lisäksi tuotetaan myös pyriittiä eli rikkirikastetta. Kaikki kaivoksen tuottamat kupari- ja sinkkirikasteet kuljetetaan suoraan jatkojalostukseen kotimaisille sulatoille. Kaivosyhtiöllä on niiden hyödyntämisestä pitkäaikaiset sopimukset Boliden Harjavalta Oy:n sekä Boliden Kokkola Oy:n kanssa. Pyriittirikaste myydään sekä ulko- että kotimaan markkinoille, jossa sitä käytetään pääosin rikkihapon valmistukseen. /10,11/



Kuva 5. Pyhäsalmen kaivosaluetta /10/



Kuva 6. Pyhäsalmen kaivoksen layout /10/

Kaivoksella louhittiin vuonna 2012 malmia yhteensä 1,38 Mt ja se työllisti noin 230 omaa sekä 65 alihankkijan työntekijää. Louhittujen malmien pitoisuudet olivat kuparin osalta n. 1 %, sinkin n. 2 % ja rikin n. 42 %. Rikastusmenetelmänä käytetään vaahdotusmenetelmää, jossa erilaisten kemikaalien ja ilmakuplien avulla halutut mineraalit saadaan nousemaan vaahdon mukaan malmilietteestä pintaan. Kaivoksen tuotanto vuonna 2012 oli 12600 t kuparirikastetta, 25600 t sinkkirikastetta sekä 891700 t pyriittiä. Rikastusprosessin aikana rikasteiden pitoisuudet saadaan nostettua sinkin osalta noin 53,5 %:n ja kuparin osalta noin 29 %:n. Pitoisuuksiin vaikuttaa huomattavasti louhittavan malmin sijainti esiintymässä, jonka vuoksi louhittu kiviaines pyritään silloissa homogenisoimaan mahdollisimman hyvin. /10,13/

Tällä hetkellä kaivoksen todetut malmivarannot ovat noin 8,5 Mt, joiden on laskettu riittävän vuoteen 2019 asti. Vaikka uusia esiintymiä kartoitetaan alueella, on suunnitelmia kaivoksen sulkemiseksi jo tehty. Kaivoslain velvoittaman kaivosalueen kunnostamisen ja jälkiseurannan sekä muiden sulkemistoimenpiteiden on arvioitu maksavan noin 42 miljoonaa dollaria. /13/

2.1.3 Talvivaara

Itä-Suomessa, Sotkamossa sijaitsevan Talvivaaran kaivoksen kaupallinen toiminta aloitettiin vuonna 2009. Noin 590 henkilöä työllistävän kaivoksen omistaa suomalainen Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj, jonka liikevaihto vuonna 2012 oli noin 142,9 milj. euroa. Kaivos hyödyntää Kuusilammen ja Kolmisopen esiintymiä, jotka yhdessä muodostavat yhden Euroopan suurimmista sulfidisista nikkeli-varannoista. Nikkelin lisäksi alueella esiintyy sinkkiä, kuparia, kobolttia sekä uraania. Esiintymät on löydetty 1977 Geologian tutkimuskeskuksen toimesta ja vuonna 2004 Talvivaara osti kaivosoikeudet itselleen niiden silloisen omistajan, Outokumpu Oyj:n, luopuessa lähes kokonaan kaivostoiminnasta. /14,15/

Talvivaarassa malmia louhitaan avolouhoksesta, sillä maanpeite on alueella hyvin ohut ja malmi-sivukivi suhde on alhainen. Metallien rikastustekniikkana käytetään yleisemmin kuparin ja kullan erottamiseen käytettävää biokasaliuotusta, jota Talvivaara on onnistuneesti soveltanut myös nikkelin rikastukseen. Siinä metalli irrotetaan sivukivestä luonnollisia bakteereja sisältävän liuoksen avulla, jota vaellellaan alueelle kasattujen malmikasojen päälle jatkuvalla kierrolla. Varsinainen metallien talteenotto tapahtuu liuotusprosessin jälkeen saostuslaitoksessa. /15/

Täydessä toiminnassa ollessaan kaivoksen vuosittaisten tuotantomäärien on oletettu olevan 50000 t nikkeliä, 90000 t sinkkiä, 15000 t kuparia, 1800 t kobolttia. Kaivosyhtiöllä on pitkäaikaiset sopimukset Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n sekä belgialaisen Nyrstar NV:n kanssa nikkeli-, sinkki- ja kobolttituotannostaan. Kuparin osalta ensimmäiset toimitukset toteutettiin vuonna 2012 spot-kauppana. Kaivoksen ylösajovaihetta ovat varjostaneet useat ongelmat, jonka vuoksi malmin tuotannon odotetaan olevan keskeytetty kesäkuuhun 2013 asti ja metallien talteenottolaitoksen toiminta on jouduttu ajoittain keskeyttämään. Täyteen tuotantoon pääsyä ovat hidastaneet mm. ongelmat avolouhoksen vedenkäsittelyssä, biokasaliuotukseen ja metallien talteenotto-



Kuva 7. Talvivaaran kaivosaluetta /16/

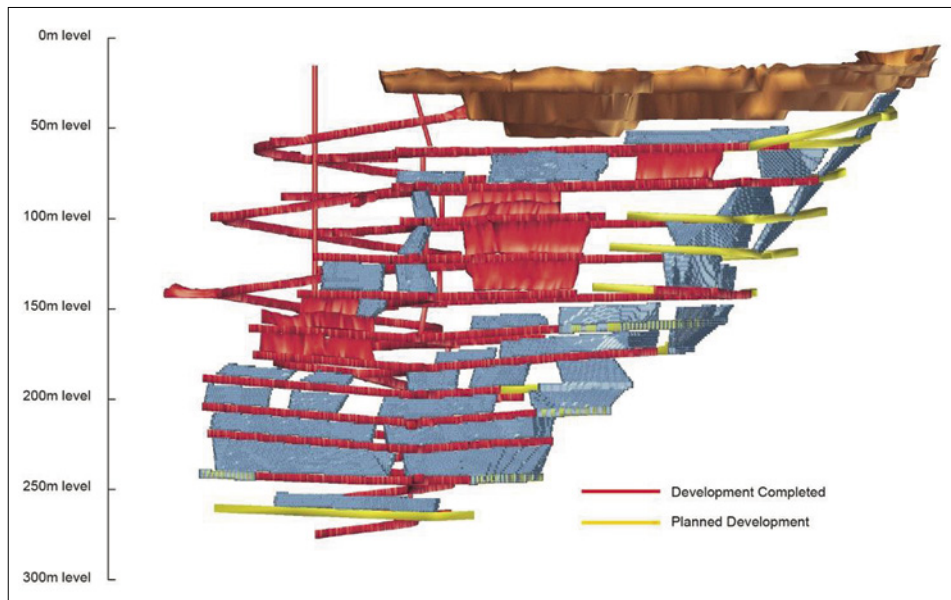
laitokseen liittyvät tekniset ongelmat sekä alueella sattuneet kuolemaan johtanut työpätaturma ja kipsisakka-altaan vuoto ympäristöön marraskuussa 2012. /15,17/

Vuonna 2012 kaivoksesta louhittiin 8,7 Mt malmia, josta tuotettiin 12916 t nikkeli-rikastetta ja 25867 t sinkkirikastetta. Marraskuussa 2012 yhtiö päivitti arvionsa mineraalivarannoistaan, jotka ovat yhteensä 2052,8 Mt, sisältäen 504 Mt todettuja, 800,5 Mt todennäköisiä sekä 748,3 Mt mahdollisia varantoja. Laskelmien mukaan varannot sisältävät 4,5 Mt nikkeliä ja 10,3 Mt sinkkiä, josta tällä hetkellä taloudellisesti hyödynnettävissä olevien malmivarantojen suuruutta selvitetään parhaillaan. Lisäksi yhtiö selvittää vaihtoehtoja nikkeli tuotannon kaksinkertaistamiseksi ja siihen liittyvien lupaprosessien käynnistämiseksi. /15/

Talvivaaran hyödyntämä malmiesiintymä sisältää muiden metallien lisäksi n. 0,002 % uraania, joka rikastusprosessin aikana liukenee päätuotteiden ohella prosessiliuokseen. Pitoisuus on liuoksessa alhainen 25mg/l, mutta riittävä kuitenkin erityisellä ja turvallisella uuttomenetelmällä hyödynnettäväksi. Arvioitu on, että vuosittainen tuotantomäärä voisi olla 350 t ns. välituotetta, joka toimitettaisiin jatkojalostukseen muualle. Vuoden 2012 aikana kaivosyhtiö sai valmiiksi uraanin talteenotto laitoksen rakennustyöt mutta uraanin talteenotto voidaan aloittaa vasta, kun viranomaiset ovat myöntäneet tarvittavat luvat. Lupapäätöksiä odotetaan vuoden 2013 aikana. Tuotetun uraanin myynnistä on jo olemassa pitkäaikainen sopimus kanadalaisen Cameco Corporationin kanssa. /15,18,19/

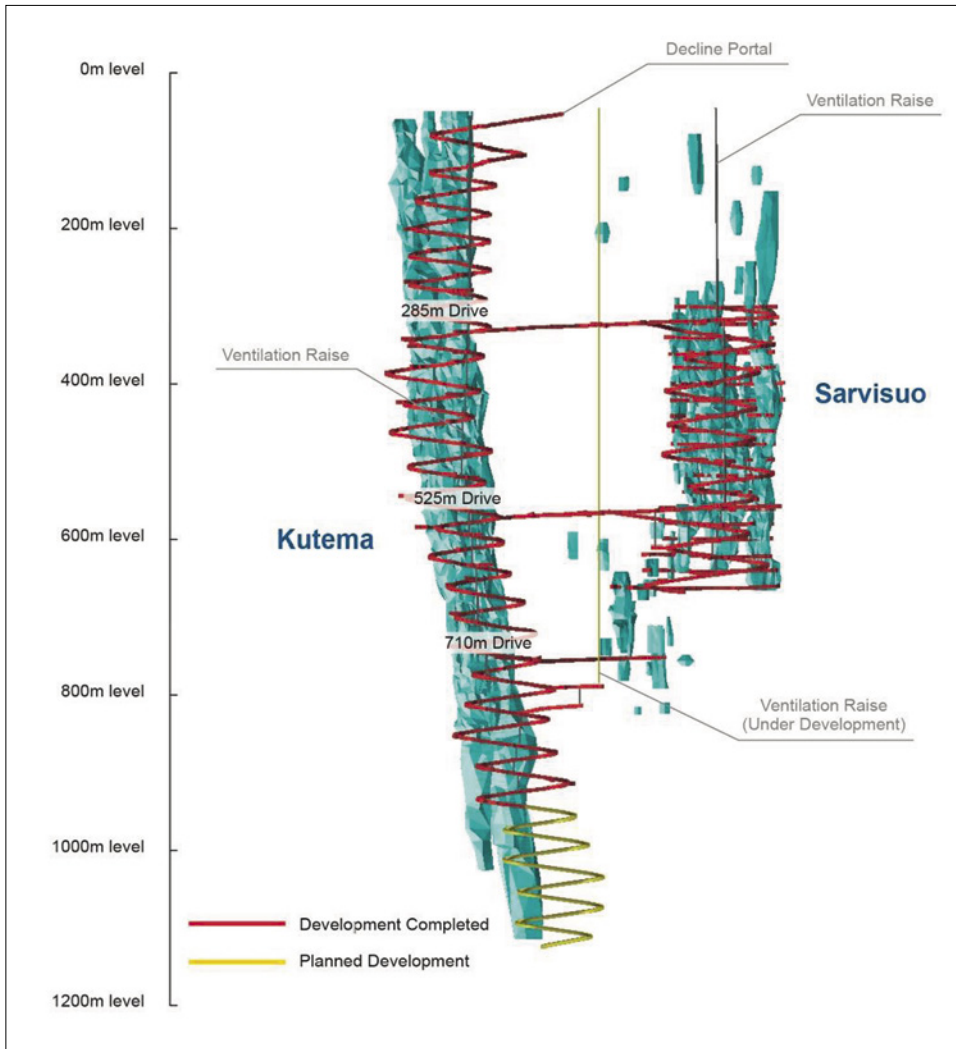
2.1.4 Orivesi ja Jokisivu

Oriveden kunnassa sijaitseva Oriveden kaivos aloitti toimintansa alun perin vuonna 1994 silloisen Outokumpu Oyj:n omistuksessa. Kaivos suljettiin vuonna 2003, kunnes se avattiin uudelleen vuonna 2007. Kaivoksen päätuote on kulta, jota louhitaan Sarvisuon ja Kutemajärven esiintymistä. Oriveden kaivoksen lähetyvillä Huittisissa sijaitsee toinen kultakaivos Jokisivu, joka aloitti toimintansa vuonna 2009 hyödyntäen Kujankallion kultaesiintymää. Myös Jokisivun aiempiin omistajiin on kuulunut mm. Outokumpu Oyj. Molempien kaivosten malmit kuljetetaan läheiselle Sastamalan tuotantolaitokselle rikastettaviksi. Kaivokset omistaa nykyään australialainen kaivosyhtiö Dragon Mining Ltd, joka on keskittynyt kullan tuottamiseen. Vuonna 2012 noin 79 milj. dollarin liikevaihdon tehneellä yhtiöllä on Suomen tuotantolaitosten lisäksi tuotantolaitos myös Ruotsissa Svartlidenin alueella. Lisäksi yhtiöllä on useita tutkimuskohteita, joista merkittävin on Kuusamon seudulla oleva Juomasuon kultaesiintymä ja siihen liittyvä kaivoshanke. /20–22/



Kuva 8. Jokisivun kaivoksen layout /23/

Vuonna 2012 Oriveden kaivoksesta louhittiin 149232 t malmia sisältäen keskimäärin 3,5 g/t kultaa. Jokisivun louhintamäärä oli hieman alhaisempi, 141443 t sisältäen 2,67g/t kultaa. Yhteensä louhituista 290675 t malmia saatiin Sastamalan rikastamolla tuotettua n. 623 kg kultaa. Vuoden 2012 aikana Jokisivun kaivoksella jatkettiin avolouhoksen laajentamista maanalaiseksi kaivokseksi +275 m tasolle. Myös Oriveden maanalaisella kaivoksella on vuoden 2012 aikana jatkettu kaivoksen laajentamista +1080 m tasolle. /22–24/



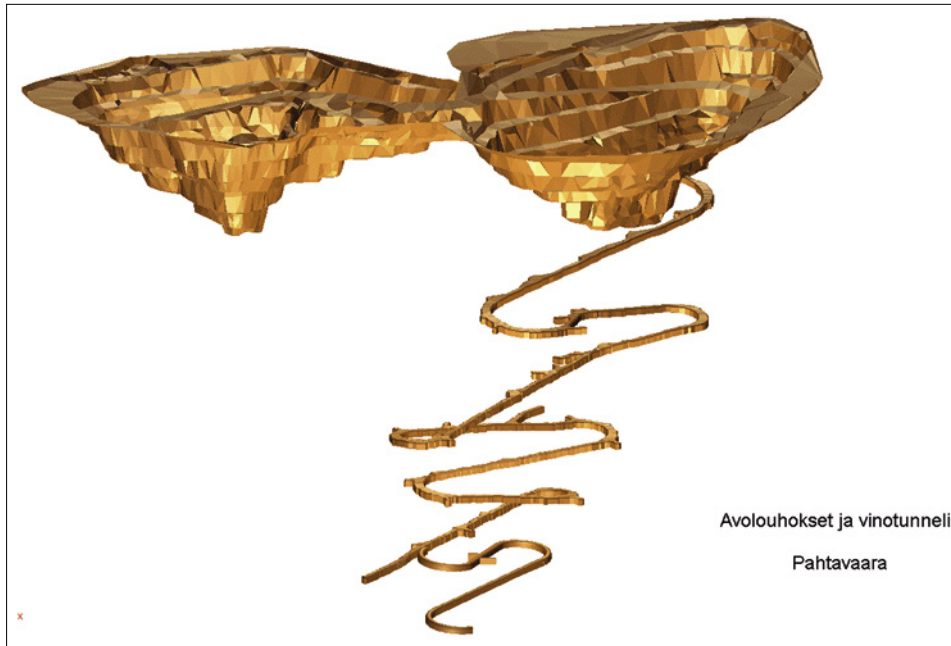
Kuva 9. Oriveden kaivoksen layout /23/

Oriveden kaivoksella on todettuja malmivarantoja 139300 t, sisältäen 3,9 g/t kultaa, sekä todennäköisiä malmivarantoja 225700 t, sisältäen 5,6 g/t kultaa. Jokisivun alueella todennäköiset malmivarannot ovat 369000 t, sisältäen 2,6 g/t kultaa. Malmivarantojen lisäksi molempien kaivosten mineraalivarantojen arvioidaan olevan yhteensä noin 2,5 Mt, sisältäen keskimäärin 5,4 g/t kultaa. /22–24/

2.1.5 Pahtavaara

Pahtavaaran kultakaivos sijaitsee Lapissa Sodankylän kunnassa. Esiintymän löysi Geologian tutkimuskeskus vuonna 1985 ja varsinainen kaivostoiminta aloitettiin vuonna 1996, silloisen Terra Mining Oy:n toimesta. Pahtavaaran kaivos on alun perin

ollut avolouhos, mutta maan alle on siirrytty vaiheittain vuodesta 2004 alkaen. Vuodesta 2008 lähtien kaivos on ollut ruotsalaisen Lappland Goldminers Ab:n omistuksessa. Vuonna 2012 noin 210,8 miljoonan kruunun liikevaihdon tehneellä yhtiöllä on Suomen kaivoksen lisäksi toimintaa myös Ruotsissa. Siellä yhtiön merkittävin hanke on kannattavuusselvitysvaiheessa oleva kultakaivoshanke Fäbolidenin alueella. /25,26/



Kuva 10. Pahtavaaran kaivoksen 3D-malli /27/

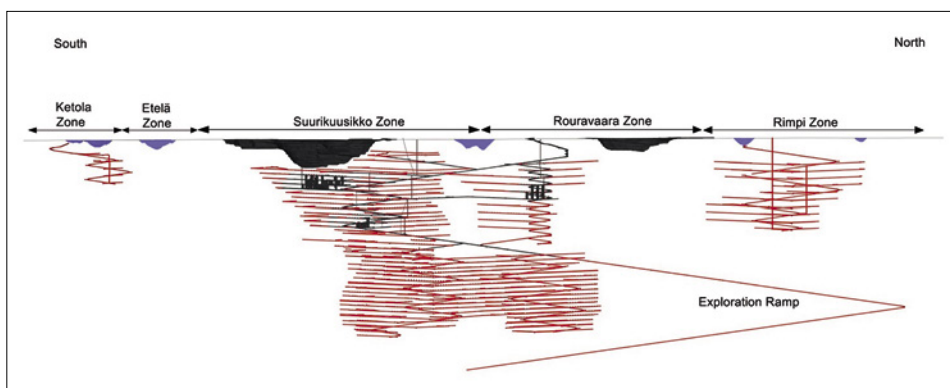
Vuonna 2012 Pahtavaaran kaivoksella louhittiin 529886 t malmia, jonka keskimääräinen kultapitoisuus oli 1,3 g/t. Vuotuinen tuotantomäärä oli 575 kg kultaa. Malmin rikastus tapahtuu sekä painovoimaerotuksella että vaahdottamalla. Vuoden 2012 viimeisellä neljänneksellä louhitun malmin kultapitoisuus heikkeni uudelle tuotantoalueelle tehtyjen peränajojen vuoksi, joka vaikutti negatiivisesti myös tuotantoon. /26/

Kaivoksella suoritettiin vuoden 2012 aikana runsaasti malminetsintäporauksia, joiden tuloksena sen malmi- ja mineraalivarannot kasvoivat. Tällä hetkellä kaivoksen malmivarannot ovat yhteensä lähes 1,4 milj. t sisältäen 676000 t todettuja ja 721000 t todennäköisiä varantoja. Näiden kultapitoisuus on keskimäärin 1,7 g/t, vastaten noin 2372 kg kultaa. Kokonaisuudessaan mineraalivarantoja arvioidaan alueella olevan noin 2,7 milj. t. Kasvaneet malmivarannot vastaavat noin 3 vuoden tuotantomäärää, mutta etsinnät ovat osoittaneet, että kaivoksen välittömässä läheisyydessä on myös uusia lupaavia esiintymiä. /28,29/

2.1.6 Suurikuusikko

Suurikuusikon kultakaivos sijaitsee Lapissa Kittilässä, Pohjois-Euroopan suurimman kultaesiintymän lähellä. Esiintymän on alun perin löytänyt Geologian tutkimuskeskus vuonna 1986, mutta vuodesta 2008 toiminnassa ollut kaivos on nykyään kanadalaisen kaivosyhtiön Agnico-Eagle Mines Ltd:n omistuksessa. Vuonna 2012 noin 1,9 miljardin dollarin liikevaihdon tehneellä yhtiöllä on Suomen lisäksi kaivoksia Kanadassa ja Meksikossa, joissa tuotetaan kultaa, hopeaa, sinkkiä ja kuparia. Lisäksi yhtiö harjoittaa malminetsintää useilla alueilla Euroopassa sekä Pohjois- ja Etelä-Amerikassa. /30,31/

Noin 390 henkilöä työllistävästä kaivoksesta louhittiin vuonna 2012 noin 1,09 Mt malmia, josta saatiin rikastettua noin 4986 kg kultaa. Vuosi 2012 oli tuotannon kannalta ennätysellinen, huolimatta siitä, että samanaikaisesti kaivoksella valmistauduttiin siirtymään pelkästään maanalaiseen louhintaan. Marraskuussa 2012 avolouhoksen louhinta saatettiin loppuun, toiminnan jatkuessa nyt täysin maan alla. Rikastusprosessiin kaivoksella kuuluu vaahdotus, liuotus ja elektrolyyttinen talteenotto, jonka lopputuotteena saadaan kultaharkkoja. /30,32/



Kuva 11. Suurikuusikon kaivoksen layout /30/

Kaivoksen todetut malmivarannot vuoden 2012 lopulla olivat noin 1,4 Mt, jonka lisäksi todennäköisiä varantoja oli noin 31,6 Mt. Varantojen keskimääräinen kultapitoisuus on 4,49 g/t, joka tarkoittaa noin 135600 kg kultaa. Lisäksi arvioiden mukaan alueen mineraalivarannot ovat yhteensä noin 26,8 Mt. Nykyisellä tuotantomäärällä varantojen odotetaan riittävän vuoteen 2044 asti. Suuren malmipotentialin vuoksi kaivosyhtiö on aloittanut laajennushankkeen, jonka tavoitteena on kasvattaa rikastamon kapasiteettia 25 % vuoteen 2015 mennessä. Laajennushankkeen ympäristövaikutusten arviointi päättyi syyskuussa 2012. /30,32,33/

2.1.7 Kevitsa

Kevitsan kaivos sijaitsee Lapissa, Sodankylän kunnassa, erään maailman suurimman sulfittisen nikkeliyesiintymän alueella. Esiintymän on alun perin löytänyt Geologian tutkimuskeskus vuonna 1987, mutta nykyään elokuusta 2012 lähtien kaupallisessa toiminnassa ollut kaivosalue on kanadalaisen kaivosyhtiö First Quantum Minerals Ltd:n omistuksessa. Suomessa kaivosyhtiö omistaa nykyään myös Pyhäsalmen kaivoksen, jonka lisäksi yhtiöllä on kaivokset Afrikassa, Espanjassa, Turkissa ja Australiassa. Lisäksi yhtiöllä on kehitysprojektit Zambiassa, Perussa ja Panamassa. Vuonna 2012 noin 2,95 miljoonan dollarin liikevaihdon tehnyt yhtiö tuottaa nykyään kuparia, nikkeliä, kultaa, sinkkiä sekä platinaryhmän metalleja. /34,35/

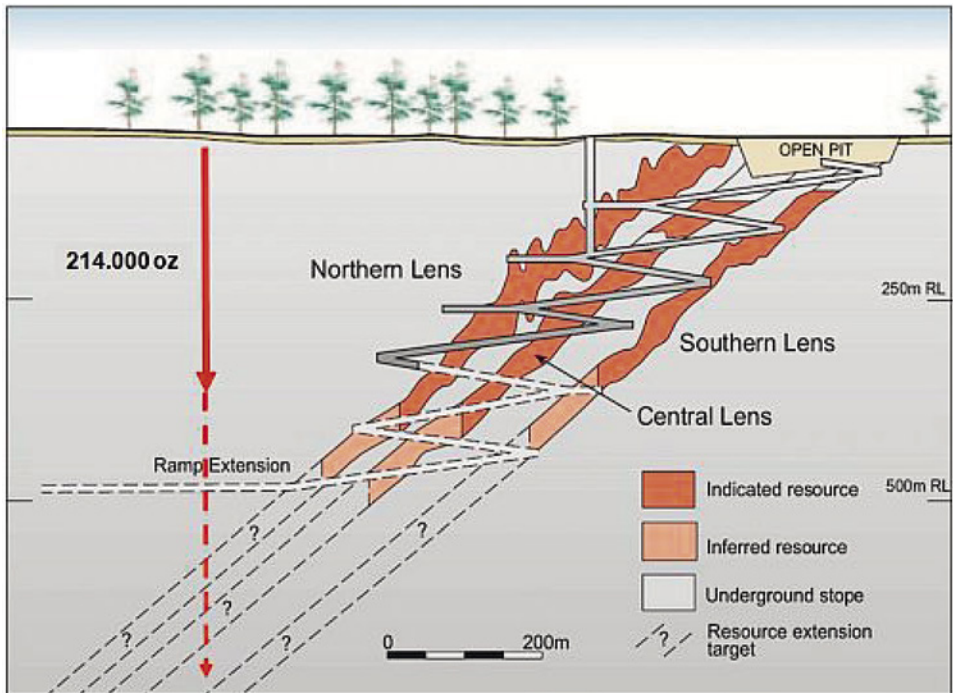
Kaivoksen päätuotteena on nikkeli- ja kuparirikasteet, joiden lisäksi sivutuotteena saadaan myös kultaa ja platinaryhmän PGE-metalleja. Avolouhoksena toimiva kaivos on tällä hetkellä tuotannon ylösajovaiheessa, mutta sen vuotuiseksi louhintamääräksi täydessä tuotannossa on asetettu 5 Mt. Malmin rikastus tapahtuu vaahdotusmenetelmällä. Vuonna 2012 kaivoksella louhittiin noin 3,1 milj. tonnia malmia, josta saatiin tuotettua noin 3875 t nikkeliä, 8094 t kuparia, 152 kg kultaa, 391 kg platinaa ja 345 kg palladiumia. Vuodelle 2013 tuotantotavoitteet ovat 15000–19000 t kuparia, 9000–10000 t nikkeliä ja 340–400 kg kultaa. /35,36/

Noin 280 henkilöä työllistävän kaivoksen eliniäksi on arvioitu 29 vuotta. Kaivosyhtiö käynnisti vuonna 2012 hankkeen louhintamäärän kaksinkertaistamiseksi 10 Mt vuodessa, josta odotetaan viranomaisten ympäristölupapäätöksiä vuoden 2013 aikana. Kaivoksen tämän hetkiset malmivarannot ovat noin 157 Mt sisältäen noin 81 Mt todettuja ja 76 Mt todennäköisiä varantoja. Kaivoksen mineraalivarantojen on arvioitu olevan kokonaisuudessaan noin 272 Mt. /36,37/

2.1.8 Pampalo

Pampalon kaivos sijaitsee Itä-Suomessa Ilomantsissa. Sen on alun perin löytänyt Geologian tutkimuskeskus vuonna 1990 ja sen edeltäviin omistajiin on kuulunut myös Outokumpu Oyj. Nykyään, helmikuussa 2011 toimintansa aloittaneen, kultakaivoksen omistaa ruotsalainen kaivosyhtiö Endominex Ab. Vuonna 2012 noin 235 miljoonan kruunun liikevaihdon tehneen yhtiön kaikki toiminnot ovat keskittyneet Suomeen, jossa sillä on Pampalon kaivoksen lisäksi myös tutkimustoimintaa. /38,39/

Kultaa louhitaan kaivoksella sekä maan alta että avolouhoksesta, maanalaisen kaivoksen ollessa +400 m tasolla. Vuoden 2012 lopulla kaivos työllisti 70 omaa ja 30 alirakoitsijoiden työntekijää. Kaivoksen vuotuinen louhintamäärä oli 250790 t malmia, sisältäen keskimäärin noin 4 g/t kultaa. Rikastusmenetelmänä kaivoksella käytetään sekä vaahdotusta että painovoimaan perustuvaa rikastusta. Vaahdotusrikasteet myydään jatkojalostettavaksi Bolidenin Harjavallan sulatolle ja painovoimarikasteet norjalaiselle K.A. Rasmussen AS:lle. Vuonna 2012 kultaa tuotettiin yhteensä 866,5 kg. Vuoden 2013 tavoitteena on kasvattaa louhintamäärää 380000 tonniin vuodessa ja tuottaa 900–1000 kg kultaa. /39,41/



Kuva 12. Pampalon kaivoksen layout /40/

Pampalo sijaitsee niin kutsutulla Karjalan kultalinjalla, jossa sijaitsee useita hyödynnettävissä olevia kultaesiintymiä. Alueiden yhteenlasketut malmivarannot ovat noin 1,4 Mt, josta Pampalon alueen osuus on 989000 tonnia, sisältäen keskimäärin 3,5 g/t kultaa. Lisäksi koko alueen mineraalivarannot ovat arvioiden mukaan noin 2,4 Mt, josta Pampalon alueella arvioidaan olevan noin 307000 tonnia. Nykyisellään malmivarat riittävät noin 4-5 vuoden toiminnalle. /39, 42/

2.1.9 Laiva

Kesällä 2011 toimintansa aloittanut Laivan kaivos sijaitsee Raahessa, vuonna 1980 löydetyn Laivakankaan kultaesiintymän äärellä. Nykyään kaivosalueen omistaa ruotsalainen kullan tuottamiseen keskittynyt kaivosyhtiö Nordic Mines Ab, mutta sen aiempiin omistajiin on kuulunut mm. Outokumpu Oyj. Vuonna 2012 noin 247,1 miljoonan kruunun liikevaihdon tehneellä kaivosyhtiöllä on Laivan kaivoksen lisäksi tutkimuskohteita sekä Suomessa että Ruotsissa. /43/

Noin 90 henkilöä työllistävässä kaivoksessa malmin louhinta tapahtuu avolouhoksesta. Vuonna 2012 malmia louhittiin noin 1,0 Mt, josta rikastettiin 932 kg kultaa. Kullan tuotantotavoite on noin 3000 kg/vuosi. Rikastaminen tapahtuu liuotusmenetelmällä, jossa kulta erotetaan malmista syanidi-happireaktion avulla. Prosessin edetessä kulta erotetaan liuoksesta elektrolyysillä, jonka jälkeen se valetaan harkoiksi jatkojalostusta varten. /43-45/

Kaivoksen yhteenlasketut malmivarannot ovat noin 16,9 Mt, jakautuen noin 7,3 Mt todettuihin ja 9,6 Mt todennäköisiin varantoihin. Malmivarantojen keskimääräinen kultapitoisuus on 1,6 g/t ja niiden on arvioitu riittävän nykyisellä tuotantotahdilla noin 9 vuodeksi. Lisäksi kaivoksen mineraalivarantojen on arvioitu olevan noin 20 Mt. Kyseessä onkin yksi Pohjoismaiden suurimmista kultaesiintymistä. /43,46/

2.1.10 Hitura

Hituran kaivos sijaitsee Nivalassa Pohjois-Pohjanmaalla. Kaivos aloitti toimintansa alun perin jo 1970 avolouhoksena mutta vuosien 1990–1993 aikana kaivostoimintaa siirrettiin maan alle ja kaivos on nykyään + 630 m syvä. Kaivoksen aiempiin omistajiin on kuulunut mm. Outokumpu Oyj, mutta nykyisin sen omistaa kanadalainen kaivosyhtiö Belvedere Resources Ltd. Yhtiön toiminnot ovat keskittyneet Suomeen, jossa Hituran kaivoksen lisäksi yhtiö harjoittaa malminetsintää, keskittyen nykyään erityisesti kullan etsintään. /47–49/

Kaivos aloitti toimintansa uudelleen vuonna 2010, työllistäen tällä hetkellä noin 100 omaa ja aliurakoitsijan työntekijää. Kaivoksen päätuote on nikkelikaste, joka sisältää myös pieniä määriä kuparia, kobolttia, platinaa ja palladiumia. Vuosittainen louhintamäärä maan alta on noin 55000 t malmia, josta tuotantotavoitteiden mukaan saadaan rikastettua noin 2200 t nikkeliä. Yhtiöllä on nikkelikasteen myynnistä sopimus kiinalaisen Jinchuan Group:n kanssa. /48–50/

Kaivoksen yhteenlasketut malmivarannot ovat noin 1,66 Mt, jakautuen 149000 t todettuihin ja 1,507 Mt todennäköisiin varantoihin. Malmivarantoihin lisättiin hiljattain avolouhoksen varannot, joiden hyödyntäminen on myös mahdollista. Lisäksi kaivoksen mineraalivarantojen on arvioitu olevan yhteensä noin 3 Mt. Nikkelimalmin lisäksi Hituran kaivoksen läheisyydessä on useita kultamineraalivarantoja, joiden hyödyntämisen kannattavuutta ja näin ollen mahdollisesti uuden kaivoksen avaamista kaivosyhtiö parhaillaan selvittää. /51/

2.1.11 Kylylahti

Toukokuussa 2012 toimintansa aloittanut Kylylahden kaivos sijaitsee Outokummun lähellä, Polvijärvellä Itä-Suomessa. Kaivoksen omistaa australialainen kaivosyhtiö Altona Mining Ltd, mutta esiintymän aiempiin omistajiin kuuluu myös Outokumpu Oyj, jonka hallussa alue oli pitkään. Kylylahti on kuparin tuotantoon keskittyneen kaivosyhtiön ensimmäinen kaivos, mutta Suomen toimintojen lisäksi yhtiöllä on kehitysprojekteja Australiassa. /52,53/

Tuotannon ylösajovaiheessa oleva maanalainen kaivos työllistää 91 omaa ja 84 aliurakoitsijoiden työntekijää. Vuoden 2012 aikana malmia louhittiin lähes 270 000 tonnia, josta tuotettiin 17380 t kupari-kultarikastetta, sisältäen 3643 t kuparia sekä noin 107 kg kultaa, ja 1546 t sinkkirikastetta, sisältäen 730 t sinkkiä. Rikastamo sijaitsee kaivoksen läheisyydessä Luikonlahdella ja on modernisoitu vanhasta alueella olleesta rikastamosta. Vaahdotusmenetelmällä tuotettavat rikasteet kuljetetaan Bolidenin

Harjavallan ja Kokkolan sulatoille. Täydessä tuotannossa rikastamon vuosikapasiteetti on 550000 t, josta tuotetaan 30000–35000 t kupari-kultarikastetta sekä 3200 t sinkkirikastetta. /53,54/

Kaivoksen todennäköiset malmivarat ovat tällä hetkellä 4,23 Mt. Mineraalivarojen on arvioitu olevan 8,14 Mt suuruiset, jonka lisäksi rikastamon läheisyydessä on myös muita tutkimuksen kohteena olevia potentiaalisia esiintymiä. Kaivosyhtiö on aloittanut lupaprosessin rikastamon kapasiteetin laajentamiseksi 1 Mt vuodessa, josta odotetaan ympäristölupapäätöksiä vuoden 2013 aikana. /53,55/

2.2. TEOLLISUUSMINERAALIEN LOUHINTA

Teollisuusmineraaleja louhittiin vuonna 2012 yhteensä 29 eri esiintymästä. Näistä esiintymistä 18 louhittiin karbonaattikiviä, käytännössä dolomittia ja/tai kalsiittia. Muita teollisuusmineraaleja, kuten apatiittia, talkkia ja kvartssia, louhittiin yhteensä 11 esiintymästä. Vuonna 2012 teollisuusmineraalien kokonaislouhinta oli lähes 31 Mt, josta malmin osuus oli noin 15,1 Mt. /2,4/

Hyötykiven louhintamääriltään suurimmat kaivokset vuonna 2012 olivat Siilinjärven apatiittikaivos, Limberg-Skräbbölen kalsiittikaivos, Ihalaisen dolomiitti-kalsiittikaivos, Punasuon ja Pehmytkiven talkkikaivokset sekä Tytyrin kalsiittikaivos. Raaka-aineen rikastus- ja jatkojalostuslaitokset sijaitsevat usein esiintymien lähellä, jolloin louheen kuljetuskustannukset saadaan pidettyä mahdollisimman alhaisina. /2,4/

2.2.1 Siilinjärvi

Siilinjärven apatiittiesiintymää hyödyntää Yara Suomi Oy, joka on maailman suurimman kivennäslannoitteiden toimittajan, norjalaisen Yara International ASA:n tytäryhtiö. Yhtiöllä on Suomessa neljä tuotantolaitosta, jotka se hankki Yaran ostaessa Kemira GrowHow'n toiminnot vuonna 2008. Tuotantolaitokset sijaitsevat Uudessa-kaupungissa, Siilinjärvellä, Harjavallassa ja Kokkolassa. /56/

Siilinjärven tuotantolaitoksen yhteydessä on myös Länsi-Euroopan ainoa apatiittikaivos, joka aloitti toimintansa 1980. Vuonna 2012 avolouhoksena toimivasta kaivoksesta louhittiin noin 9,9 Mt apatiittimalmia, kokonaislouhinnan ollessa noin 21,3 Mt. Vaahdottamalla tuotettu rikaste käytetään lähes kokonaan fosforihapon valmistukseen yhtiön omalla tehtaalla. Rikasteen tuotantokapasiteetti on 1 Mt vuodessa. /4,57,58/

2.2.2 Limberg-Skräbböle, Ihalainen ja Tytyri

Paraisilla sijaitsevan Limberg-Skräbbölen, Lappeenrannassa sijaitsevan Ihalaisen ja Lohjalla sijaitsevan Tytyrin kaivokset omistaa Nordkalk Oyj Abp. Yhtiö on Pohjois-Euroopan johtava kalkkikivipohjaisten tuotteiden valmistaja. Vuonna 2012 yhtiö louhi Suomessa yhteensä noin 5,2 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 3,4 Mt. Dolomiittia ja kalsiittia louhittiin em. kaivosten lisäksi Matkusjoen, Putkinotkon ja Silvikkalan kaivoksilla Huittisissa, Ruokojärven kaivoksesta Savonlinnassa, Mustion kaivoksesta

Raaseporissa, Ryytimaan ja Vesterbackan kaivoksista Vimpelissä sekä Siikaisten ja Sipoon kaivoksista. /4,59/

Limberg-Skräbbölen kalsiittikaivos on noin 70 hehtaarin kokoinen avolouhos, joka työllistää noin 45 henkilöä. Tällä hetkellä noin 130 m syvän louhoksen murskaamo sijaitsee 220 m maan alla. Vuonna 2012 kaivoksella louhittiin noin 2,5 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 1,56 Mt. Louhittu kivi rikastetaan sementti- tai valkokiveksi seulomalla, lajittelemalla ja murskaamalla. Nykyisellä tuotantomäärällä avolouhintaa voidaan jatkaa noin 30 vuoden ajan, jonka jälkeen louhintaa on mahdollista jatkaa vielä maan alla. Kaivoksen lisäksi alueella sijaitsee kalkkitehdas ja Parfill-tehdas. /4,59,60/

Ihalaisen kaivoksella louhitaan kalsiitin ja dolomiitin lisäksi myös wollastoniittia. Avolouhoksena toimivan kaivos on pinta-alaltaan noin 40 hehtaarin suuruinen ja noin 150 m syvä. Vuonna 2012 kaivoksella louhittiin noin 2,17 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 1,39 Mt. Malmin rikastaminen tapahtuu alueella sijaitsevilla wollastoniitti-kalsiitti ja kalsiittirikastamoilla vaahdotusmenetelmällä. Kalsiittirikasteen tuotantokapasiteetti on noin 600000 t vuodessa ja wollastoniittirikasteen noin 45000 t vuodessa. Nykyisellä tuotantokapasiteetilla esiintymää voidaan hyödyntää noin 100–200 vuoden ajan. Noin 20 vuoden kuluttua toiminnassa voidaan siirtyä maanalaiseen louhintaan. /59,61/

Tytyrin kalsiittikaivos on noin 25 henkilöä työllistävä maanalainen kaivos, jonka syvyys on 350 m. Vuonna 2012 kaivoksella louhittiin lähes 286000 t kiveä, josta malmin osuus oli noin 277000 t. Louhitusta kalsiitista valmistetaan pääsääntöisesti kalsiumoksidia, polttamalla sitä samaan kaivoskompleksiin kuuluvalla kalkkitehtaalla. Lähes vuosisadan toiminnassa olleessa kaivoksessa toimii nykyään myös museo sekä Kone Oyj:n hissilaboratorio. /59,62,63/

2.2.3 Punasuo ja Pehmytkivi

Sotkamossa sijaitsevan Punasuon ja Polvijärvellä sijaitsevan Pehmytkiven talkkikaivokset omistaa hollantilaisen Mondo Minerals B.V.:n Suomen sivuliike. Vuonna 2012 maailman toiseksi suurin talkintuottaja louhi Suomessa yhteensä noin 3,57 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 1,14 Mt. Edellä mainittujen kaivosten lisäksi yhtiöllä on Suomessa kaivostoimintaa Horsmanahon louhoksella Polvijärvellä sekä Uutelan louhoksella Sotkamossa. /4,64/

Punasuon kaivos on kooltaan noin 23,4 ha ja sen enimmäissyvyys on 210 m maan pinnasta. Avolouhoksesta louhittiin vuonna 2012 lähes 1,15 Mt kiveä, josta malmin osuus oli 366000 t. Malmi rikastetaan vaahdotusmenetelmällä, jossa talkin lisäksi rikastetaan myös malmissa oleva nikkeli. Talkkirikaste jatkojalostetaan louhoksen lähetyvillä sijaitsevalla talkkitehtaalla. /4,65/

Pehmytkiven avolouhoksesta louhittiin vuonna 2012 noin 1,5 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 289000 t. Louhittu malmi kuljetetaan Outokummussa sijaitsevalle Vuonoksen rikastamolle, jossa talkki rikastetaan vaahdotusmenetelmällä. Talkkirikaste jatkojalostetaan rikastamon alueella sijaitsevalla talkkitehtaalla. /4,66/

2.3 MERKITTÄVIMMÄT MENEILLÄÄN OLEVAT KAIVOSHANKKEET

2.3.1 Sokli

Soklin kaivos sijaitsee Savukosken kunnan alueella lähellä Venäjän rajaa. Esiintymä on alun perin löytynyt Rautaruukin malmietsinnöissä vuonna 1967, josta lähtien sitä on tutkittu. Nykyään alueella olevan fosforimalmin hyödyntämistä suunnittelee Yara Suomi Oy, jolla on entuudestaan fosfaattikaivos Siilinjärvellä. Kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi on valmistunut ja hakemus uudesta kaivospiiristä on jätetty kaivosviranomaiselle toukokuussa 2009. Kaivosyhtiö oli alun perin aikeissa kuljettaa Soklin malmin rikastettavaksi Venäjälle Kovdoriin. 2012 kaivosyhtiö ilmoitti Kovdorin vaihtoehdon kaatuneen teknis-taloudellisten selvitysten jälkeen ja se jatkoi selvityksiä malmin rikastamiseksi paikan päällä Soklissa. Kesällä 2012 yhtiö aloitti lisäkairaukset alueella selvittääkseen kaivoksen kannattavuutta. Suotuisassa tilanteessa kaivoksen toiminta käynnistyy vuoden 2016 tienoilla, noin 700milj. euron hankkeen päätyttyä. /67–69/

Soklin päätuotteena on fosfori, jonka lisäksi esiintymä sisältää myös rautaa, mangaania, niobia, tantaalia ja harvinaisia maametalleja. Malmia on tarkoitus louhia noin 300 ha alalta avolouhoksena alkuvaiheessa 4–6 Mt/vuosi sekä tuotannon loppuvaiheessa 6–10 Mt/vuosi. Alkuvaiheen tuotantotavoite on 1,5 Mt rikastetta vuodessa. Alueen arvioidut noin 115 Mt mineraalivarat riittäisivät kyseisillä louhintamäärillä noin 20 vuoden toiminta-ajalle. Hankkeen tuomien työpaikkojen arvioidaan olevan rakennusvaiheessa 600–800 sekä tuotantovaiheessa noin 200 työpaikkaa. /67,68/

2.3.2 Kolari-Pajala

Kolarin kaivoshankkeen takana on kanadalainen kaivosyhtiö Northland Resources Ltd. Hankkeen tarkoituksena on aloittaa kaivostoiminta 3 kohteessa Ruotsissa sekä 1 kohteessa Suomessa, Hannukaisen kylässä Kolarissa. Koko kaivoshankkeen yhteenlaskettu investointimäärä on noin 700milj. euroa, josta Kolarin kaivoksen osuus on noin 300 milj. euroa. Kaivostoiminnan aloittaminen edellyttää merkittäviä parannuksia alueella olevaan infrastruktuuriin, joiden toteuttamista ovat tukeneet osittain myös Ruotsin ja Suomen valtiot. Muun muassa Pajalan kaivokselle on toteutettu uusi ratayhteys rata- ja tiesiltoineen, Kemin meriväylää on parannettu ja Kemi-Kolari-rautatietä on parannettu. Viimeksi mainituilla toimilla on pyritty tukemaan malmin kuljetusta Kemin satamaan ja siitä edelleen maailmalle. /5,70,71/

Tutkimukset alueella on lopetettu ja parhaillaan odotetaan kannattavuustutkimuksen tuloksia siitä onko kaivostoiminta Kolarissa taloudellisesti kannattavaa. Vuoden 2013 alussa kaivosyhtiö ilmoitti kannattavuusselvityksen viivästyneen emoyhtiön talouskriisin vuoksi. Ympäristövaikutusten arviointi ja kaavoitusmenettely kuitenkin etenevät ajallaan. Suotuisassa tilanteessa ensimmäiset rikasteet kuljetettaiisiin alueelta vuoden 2016 tienoilla. Kolarin alueella on todettuja ja todennäköisiä mineraalivarantoja yhteensä noin 110 Mt, jotka riittävät 14 vuoden tuotantoon. Lisä-

varantojen löytyminen on kuitenkin hyvin todennäköistä. Kaivoksen päätuote on rautarikaste mutta sivutuotteena kaivoksesta voidaan saada myös jonkin verran kupari- ja kultarikastetta. Alkuvaiheessa tuotantotavoite rautarikasteelle on 2 milj. t ja kupari-kultarikasteelle 35 000 t vuodessa. /5,71-73/

2.3.3 Taivaljärvi

Taivaljärven hopeakaivoshanketta vie eteenpäin Sotkamo Silver AB. Sen tarkoituksena on tulevaisuudessa hyödyntää, aikaisemmin mm. Outokumpu Oyj:n omistuksessa ollutta, Sotkamossa sijaitsevaa Taivaljärven hopeamalmiesiintymää. Suunnitellun kaivoksen päätuote on hopea, mutta sivutuotteena voidaan hyödyntää myös alueelta saatavat kulta, sinkki ja lyijy. Kaivoshankkeelle on myönnetty kaivoslupa 2011–2012 vaihteessa ja ympäristölupa huhtikuussa 2013. Varsinainen tuotanto alkanee aikaisintaan vuonna 2014. /74-76/

Kaivoksen mineraalivarantoja suunnitellaan hyödynnettävän sekä avolouhoksesta että maan alta. Alueen malmivarat ovat tällä hetkellä 2,97 Mt, jakautuen 1,19 Mt todettuihin ja 1,78 todennäköisiin varoihin. Malmivarojen keskimääräiset pitoisuudet ovat: hopeaa 86,11 g/t, sinkkiä 0,65 %, lyijyä 0,32 % sekä kultaa 0,25 g/t. Malmin vuotuiseksi louhintamääräksi on suunniteltu 350000 t, jolloin nykyisillä malmivarannoilla kaivoksen toiminta-ajaksi tulisi 7-10 vuotta. Malmi rikastetaan vaahdottamalla kolmeksi rikasteeksi: sinkki-, hopea-lyijy-kulta- ja rikkirikaste. Rikastetuotannon määräksi on arvioitu 4000–5000 t vuodessa. Noin 30 miljoona euroa maksavan kaivoshankkeen arvioidaan työllistävän tuotantovaiheessa noin 80 työntekijää. /75-77/

2.3.4 Suhanko

Suhangon platinaryhmän metalleja sekä kuparia ja nikkeliä sisältävä esiintymä sijaitsee Rovaniemen ja Ranuan rajalla. Esiintymää hallitsee nykyään eteläafrikkalaisen Gold Fields Ltd:n tytäryhtiö Gold Fields Arctic Platinum Oy. Alueeseen liittyvä kaivoshanke käynnistettiin alun perin 2000-luvun alussa, jolloin nykyinen kaivospiiri sai lainvoimaisen ympäristöluvan vuonna 2008. Tuotantoa alueella ei tuolloin kuitenkaan käynnistetty metallien alhaisten hintojen sekä rikastusprosessiin liittyvien teknis-taloudellisten seikkojen vuoksi. Vuonna 2011 Gold Fields Ltd löysi hydrometallurgisen Platsol-rikastusmenetelmän, jolla Suhangon malmi voitaisiin rikastaa ja käynnisti alueella uuden kaivoshankkeen. /78,79/

Parhaillaan Gold Fields Arctic Platinum Oy suorittaa hankkeeseen liittyen uutta alustavaa toteutettavuussuunnitelmaa, jonka odotetaan valmistuvan vuoden 2013 aikana. Verrattuna alueella aiemmin toteutettuun selvityshankkeeseen, uudessa hankkeessa kartoitetaan avolouhittavien esiintymien mineraalivarantoja laajemmalla alueella. Tähän mennessä mineraalivarantojen suuruudeksi on arvioitu yhteensä 112,5 Mt, sisältäen kultaa, platinaa, palladiumia, kuparia ja nikkeliä. Aikataulullisesti varsinaisia investointipäätöksiä odotetaan aikaisintaan vuoden 2014 aikana, jonka jälkeen rakentamisvaihe ajoittuisi vuosille 2015–2016 ja tuotannon odotettaisiin alkavan aikaisintaan

vuonna 2017. Toteutuessaan noin 1-1,5 miljardia euroa maksavan kaivoshankkeen on arvioitu työllistävän 400–500 työntekijää. /78,80,81/

2.3.5 Mustavaara

Mustavaaran vanadiini-rauta-titaani -esiintymä sijaitsee Taivalkoskella. Vuosina 1976–1985 alueella sijaitsi Rautaruukki Oy:n avolouhos, joka oli tuolloin merkittävä vanadiinintuottaja. Nykyään alueen omistaa suomalainen Mustavaaran Kaivos Oy, jonka tavoitteena on aloittaa kaivostoiminta uudelleen vuonna 2016 hyödyntäen vanadiinin ja raudan lisäksi myös mahdollisesti titaania. Kaivoshankkeen esiselvitys valmistui vuonna 2012 ja parhaillaan menossa on kannattavuusselvityksen laadinta. Kaivoksen ja rikastamon ympäristölupa-anomus jätettiin viranomaisille joulukuussa 2012 ja kaivosoikeuspäätöstä odotetaan kaivosviranomaiselta vuoden 2013 aikana. /82/

Vuodessa malmia on suunniteltu louhittavan avolouhoksesta 3,25 Mt. Tästä tuotetaan 450000 t rikastetta, joka sisältää 0,9 % vanadiinia ja 62 % rautaa. Rikastaminen tapahtuu magneettierotusmenetelmällä. Rikasteet kuljetetaan kaivosyhtiön omalle sulatolle, jossa niistä valmistetaan vuosittain 350000 t harkkorautaa sekä ferrovanaadiinia, jonka vanadiinisisältö on 4900 t. Esiintymän todennäköiset malmivarat ovat 97 Mt, jotka nykyisillä tuotantosuunnitelmilla riittäisivät yli 30 vuoden kaivostoimintaan. Valmistuttuaan noin 400 miljoonan euron kaivoshanke työllistäisi yhteensä 250 henkilöä. /81,82/

3 Pienkaivostoiminta ja kullankaivu

Suomen kaivosteollisuuden perinne on toisenlainen kuin anglosaksisissa kaivosteollisuuden suurvalloissa. Meillä moderni kaivostoiminta on ollut ruotsalaisen ja venäläisen perinteen tavoin ylhäältä organisoitua toimintaa, jossa valtio eri elintensä kautta on ollut sekä käynnistäjänä että päätoimijana. Tämän perinteen ja siihen pohjautuvan lainsäädännön vuoksi Suomessa ei ole ollut eikä ole edelleenkään merkittävää pienkaivostoimintaa tai kaivosteollisuuden mikroyrittäjyyttä muutamaa positiivista poikkeusta lukuun ottamatta.

Kullankaivu on yllättävän kansainvälistä toimintaa. Suomalaiset kullankaivun ammattilaiset ovat työskennelleet viime vuosina myös Indonesiassa, Venäjällä, Kanadassa, Alaskassa, Australiassa ja useissa Afrikan maissa. Kullankaivun harrastajat ovat osallistuneet kullanhuuhdontakisoihin ja retkeilleet kulta-alueilla mm. Italiassa, Kanadassa, Sveitsissä, Puolassa, Slovakiassa, Etelä-Afrikassa, Japanissa, Kaliforniassa ja Kiinassa.

Suomessa kullankaivun julkista kuvaa leimaa harrastus ja elämäntapa. Kullankaivua ei meillä mielikuvissa rinnasteta kaivostoimintaan. Maailmalla kullanhuuhdonta on kuitenkin merkittävää liiketoimintaa ja sitä pidetään aivan normaalina kaivostoiminnan muotona ja siitä on suora jatkumo laajamittaisempaa kovan kiven kaivostoimintaan.

3.1 HISTORIA

Valtion organisoima retkikunta löysi 1868 Inarin Lapista, Ivalojoelta merkittävän placer-kultaesiintymän (so. irtomaassa oleva irtopartikkeliesiintymä). Retkikuntaa johti rahapajan apulaisjohtaja Johan Conrad Lühr. Etsintäinnon takana oli vastikään Kaliforniasta, Uralilta ja Australiasta tehdyt valtavat kullalöydöt. Löydös laajeni kultaryntäykseksi, jota kontrolloimaan valjastettiin ylimitoitettut viranomaisvoimat ja synnytettiin raskas hallinto. Kultaryntäykseen osallistui n. 500 miestä, eikä se kansainvälisessä mittakaavassa ollut merkittävä. Silloisen Inarin kunnan väkiluvun se kuitenkin kaksinkertaisti. Esiintymään asetettiin paljon toiveita – suunniteltiin jopa Suomen markan painamista oman maankamaran kullasta.

Kun rikkaimmat ja helpoimmin hyödynnettävät esiintymät ehtyivät muutamassa vuodessa, puoliteollinen jopa kymmenien miesten voimin pyöritettävä huuhdonta ei

enää kannattanut ja kruunun tulot vähenivät. Tämän seurauksena hallintoa yksinkertaistettiin ja pienimuotoisempi, paikallinen hyödyntäminen alkoi kehittyä. Lapin kultamaat laajenivat alkuperäisestä löytöpaikasta Ivalojoelta itään nykyisen Saariselän matkailukeskuksen paikkeille saakka. Matkailukeskuksen välittömässä läheisyydessä on useita historiallisesti erittäin rikkaita kultapuroja, kuten Hangasoja ja Laanioja.

Kulta-alueella vuorottelivat välillä vilkkaat vuodet, kun vuosisadan alkuvuosina panostettiin voimakkaasti kalliokullan etsintään ja 1920-luvulla koneelliseen huuhdontaan. Oululaiset, tamperelaiset ja helsinkiläiset yhtiöt panostivat suuria summia tutkimuksiin ja infrastruktuurin rakentamiseen. Alueen tiestö on vuosisadan alun kultayhtiöiden rakentama. Välillä taas toiminta hiipui pettymyksiin ja oli pelkästään pienimuotoisen paikallisen toiminnan varassa. 1930-luvulla kulta-alue laajeni Sodankylän kunnan alueelle, kun Tankavaaran kulta-alue löydettiin. Toisen maailmansodan jälkeen löytyi Lemmenjoen alue, minne kullankaivun pääpaino nopeasti siirtyi. 1940-luvulla kullan hinta oli hyvin korkealla ja uusille alueille saapui runsaasti uutta väkeä kultaa kaivamaan. Tämä uusi ryntäys oli erilainen kuin vanhat. Se ei ollut valtion tai suurten yritysten organisoimaa toimintaa, vaan perustui yksittäisten kaivajien tai pienten porukoiden toimintaan. Lapiokaivun lisäksi alueella kaivettiin kultaa myös kaivinkoneella jo 1951.

1950-luvulla kullan maailmanmarkkinahinta laski voimakkaasti ja kullankaivajien määrä alkoi vähetä. 1960-luvulla ammattimainen kaivu oli muutaman veteraanin varassa. 1970-luvulla kullanhuuhdonta harrastuksena toi uuden nousukauden. 1976 vietiin Lemmenjoelle ensimmäinen nykyaikainen kaivinkone ja kullankaivu elinkeinona alkoi muotoutua. Koneet yleistyivät 1980-luvulla kaikkialla, myös vanhoilla Ivalojoen alueilla. Useat aiemmin loppuun kaivetut alueet olivatkin erittäin kannattavia konekaivupaikkoja. Samoin lapiokaivajat pystyivät keveitä polttomootoripumppuja käyttämällä hyödyntämään jo kerran kaivettuja alueita.

3.2 NYKYTILA

2000-luvun puolella kullankaivu on ammattimaistunut lisää. Käsiteltävät maamäärät ovat kasvaneet, mutta esiintymien heiketessä kultasaaliit ovat pysyneet aiemmalla tasolla. Nouseva kullan maailmanmarkkinahinta on kuitenkin parantanut toiminnan kannattavuutta.

Suomalainen kullanhuuhdonta perustuu kokonaan ränniin. Maailmalla hyvin yleisiä tärypöytiä tai jigejä ei käytetä. Prosessissa maa nostetaan joko lapiolla tai kaivinkoneella ränniin, jossa virtaava vesi kuljettaa kevyen aineksen pois. Kulta ja rautarikaste jäävät rännin pohjalla oleviin rihloihin, josta kulta loppurikastetaan perinteiseen tyylisiin vaskoolilla tai modernimpaan tapaan lautasspiraalierottimella. Kultapöly ja hiekka myydään sellaisenaan eteenpäin sulatettavaksi ja jatkopuhdistettavaksi. Joskus se jatkojalostetaan pieniksi dore-harkoiksi. Kookkaampia hippuja ei sulateta, vaan ne käytetään sellaisenaan korujen raaka-aineena.

Kullankaivu harrastuksena on laajentunut. Lapin Kullankaivajain Liitto ry:n arvion mukaan kullankaivun ammattilaisia on parisenkymmentä, puoliammattilaisia sata-

kunta ja harrastajia kolmisen tuhatta. Kultaa kaivetaan vuosittain 25 – 40 kiloa. Lisätuloa kullankaivajat saavat matkailusta, korukivistä sekä tekemällä kultahippukoruja. Kauniin kultahipun myyntihinta on moninkertainen verrattuna sen sisältämän kullan maailmanmarkkinahintaan.

Lapista koko kultahistorian aikana kaivetun irtokullan määrän on arvioitu kerättyjen tilastojen perusteella olevan 1500 – 2000 kiloa. Kullankaivun tuottaman kullan arvo on n. 1,5 miljoonaa euroa vuodessa. Liitännäiselinkeinot tuottavat siihen n. puolen miljoonan euron lisän. Paikallistasolla taloudellinen vaikutus on ainakin kaksinkertainen, sillä suurin osa kullankaivun harrastajista kuluttaa paikallisiin palveluihin huomattavasti enemmän kuin heidän esiin kaivamansa kullan arvo on.

Kaivu tapahtuu kaivospiireillä, joita on 27 kappaletta ja valtauksilla, joita on runsaat kolmesataa. Hallinnon kustannusten noustua, on koko ajan yleisempää perustaa porukavaltauksia tai hyödyntää muutaman kesälomaviikon ajan kullankaivajain liiton yhteiskäyttöisiä jäsenvaltauksia. Ammattimaisen koneellisen kullankaivun pääpaino on kaivospiireillä ja harrastustoiminnasta suurin osa tapahtuu valtauksilla. Konekaivulupia on n. viisikymmentä, mistä puolet on annettu hyvin pienille parin tonnin ns. moottorilapioille. Ammattikäytössä yleisin kaivinkonekoko on n. 20 tonnia. Tämän lisäksi on käytössä joitakin 30 – 40 tonnin koneita.

Kullanhuuhdonta-alueella on todennäköisesti useita erillisiä kullan lähtöpaikkoja. Todennäköisimmin maaperän irtokulta on rapautunut alueella monin paikoin tavatuista kvartsi-karbonaatti-juonista. Näistä lähteistä kulta on rapautunut ja kulkeutunut nykyisille löytöpaikoilleen monen eri välivaiheen kautta pitkinä geologisina ajanjaksoina. Ainoastaan ns. Laanilan kulta-alueelta on tavattu näitä kullan ns. emäkalioita. Nämä Sodankylän ja Inarin kunnan rajalla olevat kultaminalisaatiot (2 kpl) ovat olleet niin pieniä ja heikkopitoisia, että tutkimukset on lopetettu.

3.3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA YMPÄRISTÖ

Kullankaivu vaatii 1.7.2011 voimaan tulleen kaivoslain mukaisesti kullanhuuhdontaluvan. Koneellinen kullankaivu vaatii tämän lisäksi aina ympäristöluvan ja useimmissa tapauksissa vielä vesitalousluvan. Kullankaivajapiireissä uuden kaivoslain suurimpana ongelmana pidetään sitä, että aiemmin myönnettyt kaivospiirit raukeavat yhdeksän vuoden siirtymäkauden jälkeen, mikä todennäköisesti vähentää kullankaivun ammattimaisuutta.

Uuden lain mukaisten kullanhuuhdontalupien ongelmana on lyhyt 3 vuoden uusi-missykli. Tällä hetkellä vuosia ilman ongelmia toimineiden konekaivosten kullanhuuhdontalupien määräaikaisista tarkastuksista valitetaan säännönmukaisesti hallinto-oikeuteen ja useita konekaivoksia on valitusten käsittelyn ajan kaivukiellossa.

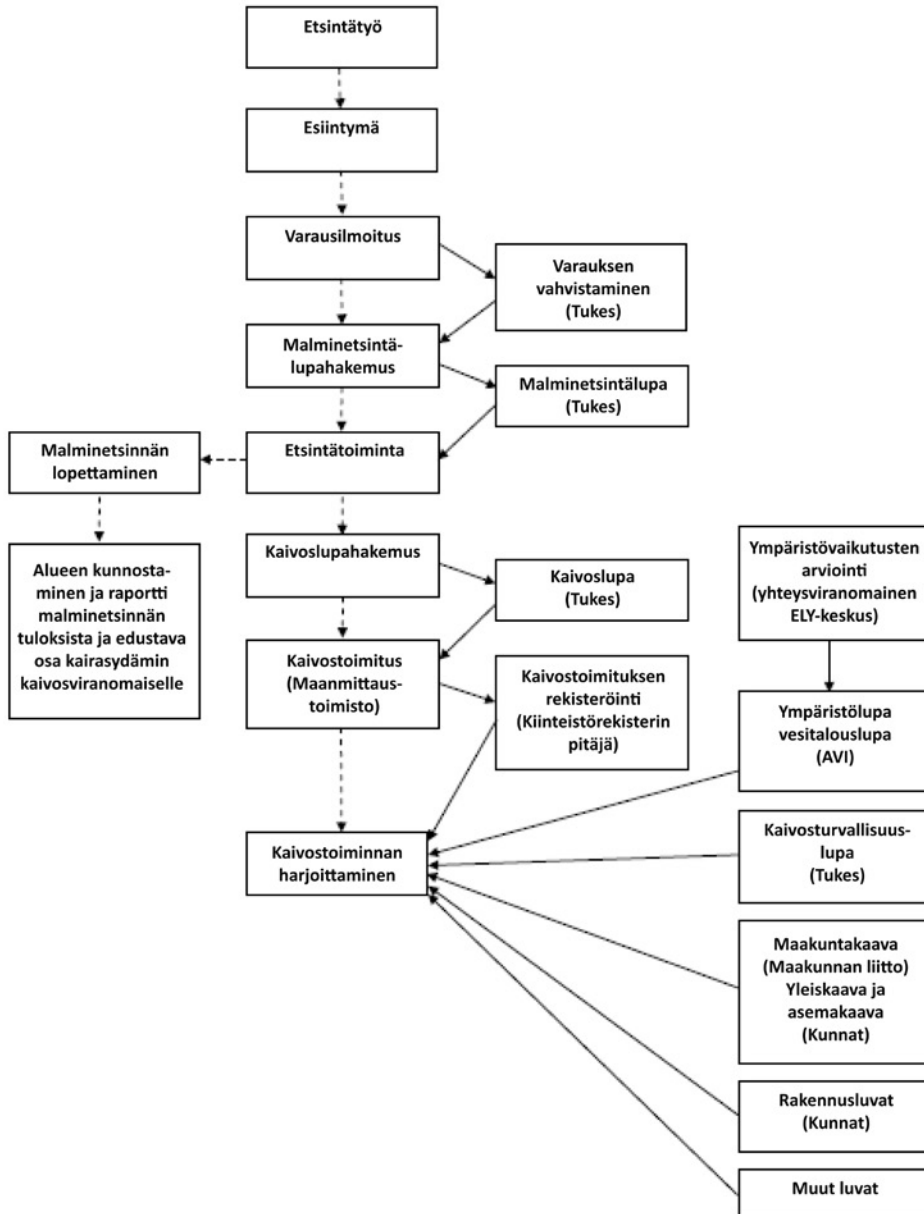
Ympäristöväki kritisoi koneellisen kullankaivun ympäristövaikutuksia. Samaan aikaan kullankaivulla on kuitenkin erittäin myönteinen julkisuuskuva. Varsinkin lapiokaivua ja kullankaivua elämäntapana sympatisoidaan laajasti.

4 Kaivostoiminnan lainsäädäntö

Kaivostoiminta on elinkaarensa eri vaiheissa erittäin tarkkaan säädeltyä ja luvanvaraista toimintaa. Kuvassa 13 on esitetty keskeisimmät kaivoshankkeen eri vaiheissa tarvittavat luvat, joiden lisäksi tarvitaan vielä kymmeniä muita lupia liittyen mm. jätteiden käsittelyyn ja päästöihin. Kiviainesten hyödyntämiseksi kaivoslaissa (621/2011) edellytetään tutkimusvaiheessa malminetsintälupaa ja kaivosvaiheessa kaivoslupaa. Ympäristönsuojelulaki (86/2000) säätelee myös voimakkaasti kaivostoimintaa, jonka nojalla kaivoksella, rikastamolla ja kaivannaisjätealueilla on oltava ympäristölupa. Merkittävässä hankkeissa, jotka täyttävät ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun asetuksen (713/2006) 6§:n tunnusmerkit, suoritetaan myös ympäristövaikutusten arviointilain (486/1994) mukainen menettely, jossa tuotetaan monipuolista tietoa päätöksenteon tueksi. /83–88/

Vesistöihin ja pohjavesiin vaikuttavat toimenpiteet edellyttävät vesilain (587/2011) mukaista vesilupaa, jonka lisäksi rakennusvaiheessa kaivosalueelle tulee hankkia rakennuslupia sekä usein alueelle tulee laatia myös maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisia kaavoja. Toiminnassa käytettävien kemikaalien ja räjähteiden käyttöä sekä varastointia säädelään puolestaan kemikaalilailla (744/1989) ja vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetulla lailla (390/2005). /83, 89–92/

Lupaprosessissa on mukana useita eri viranomaisia, kuten turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES), elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY), aluehallintovirasto (AVI) sekä kunta. Mikäli hanke sijoittuu Natura- tai muulle suojelualueelle, viranomaisista mukaan prosessiin tulevat kohteesta riippuen ympäristöministeriö sekä Metsähallitus. Uraanin ja toriumin tuottamiseen liittyvät asiat käsitellään valtioneuvostossa. Ajallisesti kaivoksen perustamiseen tarvittaviin lupa- ja arviointiprosesseihin kuluu 2-3 vuotta, jonka lisäksi myös kaavoitus vie oman aikansa, riippuen tarvittavista uusista kaavoista. Yksi luvitusprosessin haaste on, että hankkeet ovat kooltaan yleensä niin suuria, jolloin erityisesti YVA-menettely vaatii erityisasiantuntijuutta ja aikaa paneutua aineistoihin. /84/



Kuva 13. Kaivoksen luvitusprosessi /81/

4.1 KAIVOSLAKI JA -ASETUS

Kaivostoimintaa Suomessa säätelevät kaivoslaki (621/2011) ja sitä täydentävä valtioneuvoston asetus (391/2012). Uudistettu kaivoslaki astui voimaan 2011, jolloin se korvasi aiemman, vuonna 1965 säädetyin, lain. Kaivoslailla säädetään kaivosmineraaleja sisältävän esiintymän etsintää ja hyödyntämistä, valtion omistamalla alueella tapahtuvaa

kullanhuuhtontaa sekä niihin liittyvän toiminnan lopettamista sekä kaivostoimitusta. Kaivoslain mukaisena kaivosviranomaisena toimii Turvatekniikan keskus (TUKES), joka ratkaisee kaivoslain mukaisia oikeuksia ja lupia koskevat hakemukset sekä ylläpitää kaivosrekisteriä. /85,93,94/

Uudistuksen lähtökohtana on ollut, että uusi laki turvaisi kaivostoiminnan ja malminetsinnän edellytykset yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestäväällä tavalla. Tavoitteena on ollut huomioida kansalaisten perusoikeudet ja elinolojen turvaaminen, kuntien vaikuttamismahdollisuudet sekä maanomistajien oikeudet, jolloin valitusoikeus lupapäätöksistä olisi useammalla taholla. Uudistetun lupajärjestelmän tarkoituksena on kaivoslain noudattamisen ennakoiva valvonta sekä erilaisten intressien yhteensovittaminen. Tähän liittyen hallintomenettelyjä on tarkennettu ja vaikutuksia huomioitu entistä tarkemmin, jotta haitta kolmansille osapuolille saataisiin minimoitua. /84,95/

4.1.1 Malminetsintä ja varaus

Malminetsintää voidaan tehdä jokamiehenoikeuksia muistuttavana etsintätyönä, jossa kaivosmineraalien löytämiseksi tehdään geologisia mittauksia ja havaintoja. Myös vähäisten näytteiden ottaminen on sallittua, mikäli toiminnasta ei aiheudu vahinkoa tai suurempaa haittaa. Kaivoslaissa on määritelty alueet, joilla edellä mainittu etsintätyö maan pinnalla on lähtökohtaisesti kielletty, ellei viranomaisen tai asianomaisen oikeudenhaltija anna suostumustaan. Tällaisia ovat mm. ehdottomasti hautausmaat, puolustusvoimien alueet, puutarhatalouden käytössä olevat alueet sekä yleisessä käytössä olevat liikenneväylät. Lisäksi etsintätyötä ei saa suorittaa 150 m lähempänä asumiseen tai työntekoon tarkoitettua rakennusta tai yksityistä piha-alueita. Vanhassa kaivoslaissa kyseinen varoetäisyys oli 50 m, joka koskee nykyään vain yleistä rakennusta tai laitosta. /84,85/

Tietyissä tapauksissa malminetsintään tarvitaan lupa, jonka myöntää nykyinen kaivosviranomaisen Tukes, aiemman työ- ja elinkeinoministeriön sijaan. Luvan haltija voi muun muassa tehdä kaivostoimintaa valmistelevia tutkimuksia sekä rakentaa tai siirtää alueelle tutkimustoiminnassa tarvittavia rakennelmia ja laitteita. Malminetsintälupa tarvitaan tilanteissa, joissa etsintää ei voida toteuttaa etsintätyönä, etsintä kohdistuu uraania tai toriumia sisältävään esiintymään tutkimiseen tai jos etsinnästä voi aiheutua haittaa terveydelle, yleiselle turvallisuudelle, elinkeinotoiminnalle ja luonnolle. /83–85/

Saadakseen etuoikeuden malminetsintälupaa varten, hakija voi varata alueen itselleen malminetsintälupahakemuksen valmistelua varten. Varausta haetaan kaivosviranomaiselta ja se on voimassa enintään kaksi vuotta. Vanhan kaivoslain mukaisista varauksen kokorajoituksista on luovuttu, jonka lisäksi päätösten tiedottamista eri sidosryhmille on lisätty runsaasti ja näin ollen vaikuttamismahdollisuuksia lisätty. /85,96/

Malminetsintälupa antaa sen haltijalle etuoikeuden hakea lupaa esiintymän hyödyntämiseen, jolloin se pääosin vastaa vanhan kaivoslain mukaista valtausoikeutta.

Vanhasta kaivoslaista poiketen malminetsintäalueen kokoa ei ole rajoitettu ja luvan voimassaoloaikaa on pidennetty siten, että lupa myönnetään aluksi neljäksi vuodeksi, jonka jälkeen sitä on mahdollista pidentää kolmen vuoden jaksoilla enintään 15 vuoteen asti. Vanhan lain mukaan valtaus oli voimassa enintään 8 vuotta. Luvan haltijan on suoritettava maanomistajille vuosittain malminetsintäkorvausta, joka kasvaa portaittain:

- vuodet 1-4: 20 euroa/ha/vuosi
- 5-7: 30 euroa/ha/vuosi
- 8-10: 40 euroa/ha/vuosi
- 11-15: 50 euroa/ha/vuosi.

Valtiolle suoritettava korvaus on uudesta kaivoslaista poistettu. /85,96/

Malminetsintäluvan haltijan on asetettava vakuus mahdollisen vahingon ja haitan korvaamista sekä jälkihoitotoimenpiteitä varten. Vakuuden lajin ja suuruuden määrää lupaviranomainen. Lisäksi malminetsintätöistä on vuosittain raportoitava kaivosviranomaiselle. Luvan rauettua, mikäli sen haltija ei ole hakenut alueelle kaivoslupaa, etsintäalue on kunnostettava mahdollisimman luonnonmukaiseen tilaan, jonka lisäksi on toimitettava kuuden kuukauden kuluessa kaivosviranomaiselle tutkimus-työselustus, tietoaineisto sekä edustava osa kairasydämistä. /85,96/

4.1.2 Kaivoslupa

Kaivoksen perustamista ja kaivostoiminnan harjoittamista varten tulee olla kaivoslupa. Lupa oikeuttaa hyödyntämään kaivosalueella olevat mineraalit sekä toiminnan sivutuotteena syntyvää materiaalia, kuten rikastushiekkaa ja sivukiveä, jonka lisäksi sen haltija saa suorittaa kaivosalueella myös malminetsintää. Kaivosluvan haltija on velvollinen huolehtimaan, ettei toiminnasta aiheudu haittaa ihmisten terveydelle tai vaaraa yleiselle turvallisuudelle eikä huomattavaa haittaa yleiselle tai yksityiselle edulle. Lisäksi on huolehdittava, että toiminnan aikana ei tapahdu kaivosmineraalien ilmeistä tuhlausta ja että kaivoksen tai esiintymän mahdollista tulevaa käyttöä ei vaaranneta tai vaikeuteta. /85/

Kaivosluvassa määriteltävän kaivosalueen tulee olla yhtenäinen alue, joka on suuruudeltaan ja muodoltaan sellainen, että turvallisuutta, kaivostoiminnan sijoittamista ja kaivostekniikkaa koskevat vaatimukset täyttyvät. Alue ei saa olla suurempi kuin mitä kaivostoiminta, esiintymän koko huomioon ottaen, välttämättä edellyttää. Varsinaisen kaivosalueen lisäksi voidaan määrätä myös apualue, joka sijaitsee kaivosalueen vieressä ja on tarpeen esimerkiksi teitä, voima- tai vesijohtoja sekä vesien käsittelyä varten. /85/

Kaivostoiminnan harjoittaja voi hankkia kaivostoimintaa varten tarvittavan alueen omistus- tai käyttöoikeuden joko sopimusteitse tai hakea valtioneuvostolta kaivosaluelunastuslupaa. Kaivosaluelunastuslupa voidaan myöntää, jos kaivoshanke on yleisen tarpeen vaatima. Tätä arvioidaan erityisesti kaivoshankkeen paikallis- ja

aluetaloudellisten sekä työllisyysvaikutusten ja yhteiskunnan raaka-ainehuollon tarpeen perusteella. Alueiden käyttöoikeuksien sekä muiden erityisten oikeuksien lunastaminen tapahtuu alueella toimivan maanmittaustoimiston suorittamassa kaivos-toimituksessa. Vanhassa kaivoslaissa kaivosoikeuden haltija sai suoraan lain perusteella käyttöoikeuden kaivospiirin alueeseen. Uudistetun kaivoslain mukaisessa kaivosluvassa voidaan myöntää rajoitettu käyttö- tai muu oikeus kaivoksen apualueeseen, siltä osin kuin alueelle suunniteltujen toimintojen sijoittaminen järjestykseltään tyydyttävästi ja kustannuksiltaan kohtuullisesti edellyttää. /85,96/

Kaivoslupan myöntämisen edellytyksenä on, että esiintymä on kooltaan, pitoisuuksiltaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan hyödyntämiskelpoinen. Esiintymän kooko ja pitoisuutta voidaan pitää riittävänä, jos sen louhinnasta saatavat tulot kattavat käyttökustannukset ja takaavat vaadittavan tuoton sijoitetulle pääomalle. Teknisistä ominaisuuksista tärkeimmät ovat louhintatekniset ja rikastustekniset ominaisuudet. Kaivoslupaa ei saa myöntää, jos on painavia perusteita epäillä, ettei hakijalla ole edellytyksiä tai aikomusta aloittaa alueella kaivostoimintaa tai jos hakija on aiemmin oleellisesti laiminlyönyt kaivoslakiin perustuvia velvoitteitaan. Lupaa ei myöskään saa myöntää jos toiminta aiheuttaa yleistä vaaraa turvallisuudelle, terveydelle ja ympäristölle, eikä niitä voida erilaisin lupamääräyksin poistaa. /85/

Kaivoslupa on voimassa toistaiseksi, mutta sen määräyksiä tarkistetaan kaivosviranomaisen toimesta vähintään 10 vuoden välein. Lupa voidaan myös myöntää määräajaksi perustellusta syystä, jolloin lupa on voimassa enintään 10 vuotta päätöksen lainvoimaiseksi tulosta. Määräaikaiselle luvalla voidaan myöntää jatkoaikaa toistaiseksi tai enintään kymmeneksi vuodeksi kerrallaan, sen mukaan mitä esiintymän hyödyntäminen edellyttää. /85/

Kaivoslupan voimassaolo raukeaa määräajan päättyessä. Lupaviranomaisen on päätettävä, että kaivoslupa raukeaa jos luvan haltija ei ole luvassa annettussa määräajassa aloittanut kaivostoimintaa tai ryhtynyt sellaiseen työhön, joka osoittaa luvan haltijan pyrkivän vakavasti toiminnan aloittamiseen. Lupa raukeaa myös, jos kaivostoiminta on ollut luvan haltijasta riippuvasta syystä keskeytyneenä yhtäjaksoisesti vähintään 5 vuoden ajan tai toiminta on loppunut. Lupaviranomainen voi kuitenkin enintään kahdesti lykätä luvan raukeamista ja antaa uuden määräajan toiminnan aloittamiseksi tai jatkamiseksi. Lykkäämistä voidaan tehdä enintään 10 vuoden ajan. /85/

Kaivoslupan haltija on velvollinen maksamaan kaivosalueeseen kuuluvien kiinteistöjen omistajille louhintakorvausta, jonka suuruus on 50 euroa/ha tai 100 euroa/ha, mikäli kaivostoimintaan ryhtymistä lykätään. Tämän lisäksi metallimalmikaivokset maksavat louhintakorvauksena 0,15 % vuoden aikana louhitun ja hyödynnetyn metallimalmin kaivosmineraalien lasketusta arvosta. Muiden kaivosmineraalien kohdalla maksetaan kohtuullinen korvaus louhitusta ja hyödynnetyistä mineraalista. Vanhassa kaivoslaissa maanomistaja sai vuosittain kaivospiirimaksua 20 euroa/ha ja louhimismaksu oli sopimusperustainen. /85,96/

Kaivostoiminnan lopetus- ja jälkitoimenpiteitä varten kaivoslupan haltijan on asetettava vakuus, jonka lajin ja suuruuden määrää lupaviranomainen. Luvan haltija on lisäksi velvollinen toimittamaan vuosittain selvityksen kaivosviranomaiselle esiinty-

män hyödyntämisen laajuudesta ja tuloksista sekä ilmoittamaan, jos tiedot mineraalivarannoista oleellisesti muuttuvat. Toiminnan loputtua kaivosalue on saatettava kahden vuoden kuluessa yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon, kunnostettava, siistittävä sekä maisemoitava, jonka lisäksi on toimitettava kaivosviranomaiselle aluetta koskeva yleinen ja geologinen tietoaineisto. /85,96/

4.1.3 Kaivosturvallisuuslupa

Kaivostoiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan kaivosturvallisuudesta, johon liittyvät kaivoksen rakenteellinen ja tekninen turvallisuus sekä kaivoksessa tapahtuvien vaaratilanteiden ja onnettomuuksien ehkäiseminen ja niiden seurauksien rajoittaminen. Kaivoksen rakentamiseen ja tuotannolliseen toimintaan tarvitaankin siis kaivosturvallisuuslupa, jonka myöntää kaivosviranomainen sen jälkeen kun kaivoslupa on tullut lainvoimaiseksi. /85/

Luvassa määrätään kaivosturvallisuuden edellyttämistä toimenpiteistä, kaivoksen sisäisestä pelastussuunnitelmasta, kaivosturvallisuuden kannalta keskeisen henkilöstön kouluttamisesta, opastuksesta ja ohjauksesta, kaivoskartasta, kaivostoiminnan lopettamisen huomioon ottamisesta sekä muista välttämättömistä ja lupaan liittyvistä seikoista. Kaivosturvallisuuslupa on voimassa toistaiseksi voimassaoleva, mutta kuitenkin enintään yhtä kauan aikaa kuin varsinainen kaivoslupa. Luvan määräyksiä tarkastetaan kaivosviranomaisen määräämin väliajoin, kuitenkin vähintään kymmenen vuoden välein. /85/

4.2 YMPÄRISTÖNSUOJELULAINSÄÄDÄNTÖ

Ympäristösuojelulakia (86/2000) ja sitä täydentävää ympäristönsuojeluasetusta (169/2000) sovelletaan toimintoille, jotka aiheuttavat vaaraa ympäristön pilaantumiselle. Lisäksi sitä sovelletaan toimintoihin, jossa syntyy jätettä sekä jätteen hyödyntämiseen tai käsittelyyn. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi metsä-, metalli- ja kemianteollisuus, energian tuotanto sekä malmien tai mineraalien kaivaminen ja maaperän aineiden otto. Ympäristölain tavoitteena on muun muassa ehkäistä ympäristön pilaantumista, turvata terveellinen ympäristö ja ehkäistä jätteiden syntyä sekä edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä. Näitä tavoitteita pyritään toteuttamaan asettamalla erilaisia määräyksiä ja raja-arvoja muun muassa toiminnan laajuudelle ja siitä syntyville päästöille. Laki edellyttää, että pilaantumisen vaaraa aiheuttavalla toiminnalla, kuten kaivostoiminnalla, on haettava ympäristölupa, jonka myöntää paikallinen aluehallintovirasto. /86,97,98/

Ympäristösuojelulain mukaan toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista, -riskeistä ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Jos toiminnasta aiheutuu tai uhkaa aiheutua ympäristön pilaantumista, toiminnanharjoittajan on ryhdyttävä toimenpiteisiin pilaantumisen ehkäisemiseksi tai sen rajoittamiseksi mahdollisimman vähäiseksi. Nämä velvoitteet koskevat muun muassa malminetsintää ja kaivostoimintaa. /83,86/

Jo malminetsintävaiheessa saattaa ympäristöön kohdistua vaikutuksia, jotka voivat tietyissä tapauksissa olla erittäinkin haitallisia. Vaikutukset ovat kuitenkin yleensä vältettävissä, mikäli kohdealueesta tehdään riittävät selvitykset, jotka huomioidaan toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Hyvän käytännön mukaista on tehdä etsintätoimenpiteistä ilmoitus valvontaviranomaiselle, joka tarvittaessa voi pyytää lisätietoja sekä ohjeistaa toiminnanharjoittajaa. Kaivostoiminnan aloittamista harkitessa malmille tehdään pääsääntöisesti koerikastusta, joka edellyttää malmin louhintaa suunnitellulla kaivosalueella. Rikastusta varten tehtävästä koelouhinnasta aiheutuu ympäristöön päästöjä ja se muokkaa maisemaa sekä voi vaikuttaa alueen vesitalouteen, jonka vuoksi koerikastus- ja louhinta on katsottu ympäristösuojelulain mukaiseksi koetoiminnaksi, josta tulee tehdä ilmoitus toimivaltaiselle ympäristöviranomaiselle. Koelouhinnan ollessa pitkäkestoista, voidaan toiminnalta edellyttää jo tässä vaiheessa ympäristölupaa. /83/

4.2.1 Ympäristölupa

Ympäristönsuojelulaissa mainittuun toimintaan tarvitaan ympäristölupa, jota haetaan viranomaiselta. Kun kyseessä on kaivostoiminta ja malmin tai mineraalien rikastamo, viranomaisena toimii aluehallintovirasto. Ympäristöluvassa annetaan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi lupamääräyksiä muun muassa päästöistä, jätteistä ja niiden synnyn ja haitallisuuden vähentämisestä. Näiden lisäksi luvassa määrätään toiminnan lopettamisen jälkeisistä toimista, kuten alueen kunnostamisesta ja päästöjen ehkäisemisestä. /84,97/

Lupahakemuksesta on käytävä ilmi, mihin aineistoon ja laskenta-, tutkimus tai arviointimenetelmään siinä annetut tiedot perustuvat. Lupahakemuksen tarkemmasta sisällöstä ja siihen liitettävistä tiedoista sekä suunnitelmista on kerrottu ympäristönsuojeluasetuksessa. Lupahakemuksen toimittamisen jälkeen, kun asia on riittävän yksityiskohtaisesti selvitetty, lupaviranomainen tekee siitä julkisen kuulutuksen. Kuulutuksen tarkoituksena on saattaa lupa-asia tiedoksi muille ja tarjota asianosaisille mahdollisuus ilmaista mielipiteensä muistutuksen muodossa. Tämän lisäksi aluehallintoviraston on pyydettävä lausunto kunnilta sekä niiltä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksilta, joiden alueita toiminta koskee. /86/

Ympäristölupa myönnetään lupaharkinnan jälkeen, mikäli toiminta täyttää ympäristönsuojelulain sekä muita sitä koskevien lakien, kuten jätelain (646/2011) ja luonnonsuojelulain (1096/1996) sekä vesilain (587/2011) asettamat vaatimukset. Lupaa harkitessa viranomaisen tulee ottaa huomioon asiassa annetut lausunnot ja tehdyt muistutukset. Kaivostoimintaa koskevassa ympäristöluvassa on huomioitava lisäksi toiminnasta syntyvät kaivannaisjätteet ja niiden jätehuoltosuunnitelma sekä mahdolliset vesistöihin kohdistuvat muutokset. Myönnettävässä luvassa on annettava määräykset toiminnan käyttötarkkailusta, päästöjen, jätteiden ja jätehuollon, toiminnan vaikutusten sekä toiminnan lopettamisen jälkeisen ympäristön tilan tarkkailusta. Päästöraja-arvoja sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamäärä-

ysten on perustuttava parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT). /86,89,97,99,100/

Valvontaviranomaisen tulee tarkastaa luvan saaneen toimintaa tietyin väliajoin. Näin varmistetaan, että luvan saaja varmasti toimii säännösten mukaisesti ja noudattaa annettuja vaatimuksia. Valvonnassa voidaan hyödyntää asiantuntijaviranomaisia ja -laitoksia. Luvan haltija on lisäksi velvollinen informoimaan valvontaviranomaista toiminnan kannalta olennaisista muutoksista. Ympäristönsuojelulaki velvoittaa ympäristöluvan mukaista toimintaa harjoittaneen pitämään huolta, ettei ympäristö pi-laannu toiminnan loputtuakaan. /86,97/

4.2.2 Ympäristövaikutusten arviointi YVA

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA) sovelletaan hankkeisiin, joista saat-
taa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Tällaisia hankkeita ovat
muun muassa metallimalmien tai muiden kaivoskivennäisten louhinta, rikastami-
nen ja käsittely yli 550000 tonnia vuodessa. Arviointimenettelyssä selvitetään ja arvi-
oidaan hankkeiden ympäristövaikutukset, etsitään haitallisten vaikutusten ehkäisy-
keinoja sekä suunnitellaan hankkeen ympäristövaikutusten seuranta. Samalla myös
kuullaan viranomaisia sekä niitä joihin hanke saattaa vaikuttaa, tarjoten mahdolli-
suus osallistua hankkeen valmisteluun. YVA-menettelyssä ei siis tehdä hanketta kos-
kevia päätöksiä vaan tuotetaan monipuolista tietoa päätöksenteon pohjaksi, jota hyö-
dynnetään laajasti esimerkiksi hankkeen ympäristölupakäsittelyssä. /83,88/

YVA-menettelystä säädetään laissa (468/1994) sekä valtioneuvoston asetuksessa
(713/2006). Lainsäädännön tarkoituksena on edistää ympäristövaikutusten arvioin-
nin huomioonottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa sekä lisätä yleisön tiedon-
saantia ja osallistumismahdollisuuksia hankkeen aikana. Menettelyn osapuolina
toimivat hankkeen valmistelusta ja toteuttamisesta vastuussa oleva toiminnanhar-
joittaja eli hankkeesta vastaava, alueellinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
eli yhteysviranomainen sekä muut osallistujat eli muut viranomaiset, yksityishenkilöt
ja yhteisöt. Hyvin suunniteltu ja toteutettu eri tahojen osallistumisen mahdollistami-
nen edesauttaa merkittävästi myös sosiaalisten vaikutusten arviointia, joka on keskei-
nen osa YVA-menettelyä. /83,87,88/

Ympäristövaikutusten arviointimenettely on kaksivaiheinen ja se koostuu ympä-
ristövaikutusten arviointiohjelmasta sekä arviointiselostuksesta ja niihin liittyvistä
kuulemis- ja lausuntokierroksista. YVA-menettely alkaa, kun hankkeesta vastaava
toimittaa yhteysviranomaiselle laatimansa arviointiohjelman. Ohjelmassa seloste-
taan millaisia hankkeen toteuttamisvaihtoehtoja ja seurauksia arvioinnissa tullaan
selvittämään, mitä lupia ja suunnitelmia hanke edellyttää sekä miten arviointimenet-
tely aiotaan toteuttaa. Ohjelman ja siitä annettujen lausuntojen sekä mielipiteiden
perusteella kaivosyhtiö tekee tarvittavat selvitykset ja arvioinnit hankkeen vaikutuk-
sesta, jotka selostetaan YVA-selostuksessa. Siinä mm. esitetään vaikuttavuusarvioin-
tien ja vaihtoehtotarkastelujen tulokset, haitallisten ympäristövaikutusten vähentä-
mismahdollisuudet ja hankkeen vaikutusten alustava seurantaohjelma sekä hank-

keen ympäristöriskejä. Yhteysviranomaisen velvollisuus on tiedottaa arviointiohjelmasta ja -selostuksesta kuuluttamalla niistä hankkeen todennäköisellä vaikutusalueella sekä kerätä niistä annetut mielipiteet ja lausunnot. YVA-selostuksen ja oman asiantuntemuksensa perusteella yhteysviranomaisen antaa oman lausuntonsa YVA-menettelystä, jonka jälkeen se päättyy. /83,88/

4.3 MUUTA LAINSÄÄDÄNTÖÄ

Kaivostoimintaan oleellisesti liittyvää lainsäädäntöä ovat myös luonnonsuojelulaki (1096/1996), jätelaki (646/2011) sekä vesilaki (587/2011). Niiden lisäksi on olemassa vielä Euroopan Unionin direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta. Luonnonsuojelulaki tavoittelee luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä. Sitä toteutetaan nimensä mukaan luonnon suojelemiseen ja sen hoitamiseen. Lain korkein valvoja on ympäristöministeriö ja toimeksipanimina toimivat alueelliset elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset sekä kunnat. Lailla kielletään mm. kaivostoiminta kansallis- ja luonnonpuistoissa, mutta kuitenkin kaivospiirin osana voi kyseinen alue olla. Poikkeuksen kaivostoiminnan osalta muodostavat luvanvaraiset geologiset tutkimukset sekä malminetsintä. /89,99–102/

Jätelain tarkoituksena on minimoida jätteen aiheuttamat haitat ympäristölle ja terveydelle. Laki antaa mm. puitteet jätehuollon järjestämiselle eri alueilla. Kaivostoimintaa jätelaki sivuaa siten, että jätteiksi sen mukaan luokitellaan myös kaivostoiminnan jäännöstuotteet kuten rikastus- ja saostushiekka. Vesilaki puolestaan rajoittaa vesirakentamista ja vesistön järjestelyä sekä pohjaveden käyttöä ja ottoa. Kaivostoiminnassa tarvittavat vedet usein otetaan läheisestä vesistöstä, johon ne johdetaan takaisin perusteellisen puhdistuksen jälkeen. Kaivosten vedenottolupa onkin yhdistetty ympäristölupaan ja se voidaan ottaa olosuhteiden muuttuessa pois tai muuttaa yleensä tiukempaan suuntaan. Vedenottoluvassa annetaan mm. erilaisia määräyksiä ja rajoituksia vedessä esiintyvien mineraalien ja käytettävien vesimäärien suhteen, joita on ehdottomasti noudatettava. /89,99,102/

EU:n direktiivi koskee malmin etsinnässä, rikastuksessa, louhinnassa ja varastoinnissa syntyviä jätteitä. Se painottaa kaivosteollisuutta laatimaan jätelaissakin veloitettun jätehuoltosuunnitelman, jonka tarkoituksena on estää ja vähentää jätteiden muodostumista. Direktiivi rajoittaa louhostäyttöön käytettävän kaivosjätteen sijoittamista, sillä se ei saa pilata pohja- ja pintavesiä tai saastuttaa maaperää. Omia rajoituksia annetaan myös rikastehiekka-altaille, joiden sijainnissa mm. on huomioitava kaikki maaperään liittyvät tekijät. Lisäksi altaiden rakenteiden on oltava vakaat ja kestävät sekä on varmistettava, ettei ympäröivän veden laatu huonone altaista tihkuvasta suotovedestä. Kaivostoiminnan aikana ja sen loputtua altaiden kuntoa on seurattava, sillä ne jäävät paikoilleen kaivostoiminnan loputtuakin ja näin ollen muodostavat tietyn riskin maaperän pilaantumiselle vielä vuosienkin päästä. /101,102/

5 Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset ja päästöjen ehkäisy

Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan yleisesti muutosta luontoon, rakennuksiin ja yhdyskuntarakenteeseen sekä ihmisten elinoloihin ja terveyteen. Muutokset voivat vaikuttaa edellä mainittuihin kohteisiin suorasti tai epäsuorasti ja ne voivat olla positiivisia sekä negatiivisia. Kaivostoiminta tuottaa aina muutoksia ympäristöön oli toiminnan volyymi minkä kokoinen tahansa. Vaikutukset ovat erilaiset hankkeen eri vaiheissa ja ne voivat jatkua myös toiminnan päätyttyä vielä pitkäänkin. Lisäksi niiden laatu ja laajuus riippuvat voimakkaasti louhittavan malmin mineralogisista ja kemiallisista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat mm. toiminnan laajuuteen sekä käytettyyn tekniikkaan. Suurimmillaan vaikutukset ovat kaivosten avausvaiheessa ja toiminnan ylösajovaiheessa. /83,84,102/

Kaivostoiminnassa merkittävimmät ympäristön päästölähteet liittyvät rikastusjätteeseen, kuten prosessissa käytettyyn veteen, sekä louhinnasta syntyviin melu- ja pölypäästöihin. Metallimalmikaivostoiminnan osalta yksi keskeisimpiä ympäristöhuolia on ihmisille ja ympäristölle haitallisten alkuaineiden ja yhdisteiden vapautuminen vesistöihin sekä maaperään. Runsaasti metalleja sisältävillä alueilla on jo luonnostaan keskimääräistä korkeammat metallipitoisuudet pohja- ja pintavesissä sekä maaperässä, jolloin ekosysteemi on pitkän ajan kuluessa sopeutunut niihin. Tämän vuoksi kaivostoiminnan vaikutuksia arvioitaessa ei voida käyttää valtakunnallisia keskiarvoja vaan ympäristön metallipitoisuuksia verrataan alueen luontaisiin taustarvoihin. /84,102/

Hyvällä suunnittelulla, haitallisiin muutoksiin osataan varautua ja parhaimmillaan ne voidaan osittain jopa poistaa kokonaan. Ympäristövaikutuksiin pyritään varautumaan ennalta laissa määrättyllä ympäristövaikutustenarviointimenettelyllä (YVA-menettely), jossa kerätään tietoa mm. ympäristölupaprosessin päätöksentekoa varten. Ympäristöluvassa kaivostoiminnalle asetetaan muun muassa rajat toiminnan volyyminille sekä niistä aiheutuville päästöille. Päästöjen tarkkailu perustuu ympäristösuojelulaissa määrättyyn toiminnanharjoittajan selvilläolovelvollisuuteen, jonka mukaan sen on oltava riittävästi selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Lisäksi viranomaiset suorittavat yksittäis- ja määräaikaistarkastuksia, joiden tarkoituksena on selvittää onko toiminta ollut lupapäätösten mukaista. Hyvään suunnitteluun liittyy olennaisesti myös alueen jälkihoidon suunnittelu etukäteen, sillä hoitamattomilla alueilla voi

olla vaikutuksia ympäristöönsä jopa kymmeniä vuosia. Jälkihoitovaiheessa keskeisin ja pitkäkestoisin seurattava asia on ympäristöön suotautuvien ja kulkeutuvien vesien hallinta ja käsittely. Ympäristönsuojelulaki edellyttää kielteisten ympäristövaikutusten ennaltaehkäisemiseksi parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT, Best Available Techniques) soveltamista kaivostoimintaan koko sen elinkaaren ajan. /83,84,102,103/

Ympäristövaikutusten lisäksi kaivostoiminnalla on myös sosiaalisia vaikutuksia. Kaivosteollisuus on aluepoliittisesti merkittävä eri alueiden tasapuolisen kehityksen edistäjä, sillä yhden kaivostyöpaikan sanotaan tuovan mukanaan 2-3 seurannaistyöpaikkaa. Lisäksi kaivosteollisuus edistää syrjäseutujen asuttamista ja kehittymistä, kun kaivosten tuoma väestölisäys vaikuttaa paikalliseen elämäntapaan sekä parantaa kunta- ja kaupallisten palvelujen tarjontaa sekä saatavuutta. Esimerkiksi Pohjois- ja Itä-Suomessa lähes kaikki kaivoshankkeet sijaitsevat alueilla, joissa työllisyystilanne on aiemmin ollut heikko ja palvelujen saatavuus rajallista. Kaivosten taloudellinen merkitys on myös suuri, sillä yhteen kaivosinvestointiin kohdistuvien kustannusten sanotaan olevan noin 200 miljoonaa euroa. Rakennusaikaisten tulojen lisäksi kaivoksesta saadaan merkittävät verotulot niin yhteisöverotuksen kuin uusien asukkaiden aiheuttaman kulutuksen kautta. Tämän lisäksi investointeja tehdään usein myös kansallisella tasolla tarvittavaan infrastruktuuriin eli parannetaan mm. liikenneväyliä itse kaivosalueelle sekä sille logistisesti tärkeille alueille. /81,84,104/

5.1 ETSINTÄ- JA TUTKIMUSVAIHEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Nykyisin malmipotentialiset alueet ja kivilajit ovat suuntaa-antavasti tiedossa, jolloin malminetsintä voidaan suunnata suoraan tietylle alueelle. Todellisuudessa erittäin harva malminetsintäkohde johtaa koelouhintaan tai kaivospiirihakemukseen, sillä useimmiten viitteet malmivarannoista ovat riittämättömät. Yleisesti ottaen tutkimustyön aikaiset vaikutukset ovat hyvin pieniä verrattuna varsinaiseen kaivostoimintaan, jonka lisäksi kaivoslaki velvoittaa korvaamaan etsintävaiheessa syntyvät aineelliset vahingot ja tutkitut alueet tulee palauttaa mahdollisimman alkuperäiseen muotoonsa. Etsinnän alkuvaiheessa syntyvät ympäristövaikutukset liittyvät lähinnä melusaasteeseen sekä kallioperän paljastamisesta ja näytteenotosta johtuviin kasvilisuus- ja maisemavaurioihin. /83,102,105/

Varsinaisia maaperään kohdistuvia vaikutuksia aiheuttavat maastotutkimukset sekä syväkairaukset, jotka vahingoittavat maata ja kasvustoa. Useimmiten nämä tutkimukset ovat laajuudeltaan niin suuria, että ne edellyttävät malminetsintäluvan hankkimista. Tutkimustyöt voivat rumentaa maisemaa, sillä jopa kilometrien pituisten tutkimuslinjojen edestä joudutaan usein poistamaan puita, oksia ja muuta kasvilisuutta. Paksumpien maanpeitteiden alueella tutkimukset suoritetaan kaivinkoneella tehdyistä tutkimuskaivannoista, jotka ovat muutamien metrien levyisiä mutta jopa satoja metrejä pitkiä, jolloin liikuteltavaa maa-ainesta syntyy runsaasti. Kun tutkimusalueeksi on saatu rajattua kiinnostava, malmipotentialia osoittava alue, siirrytään tutkimuksissa syväkairaukseen. Syväkairaus suoritetaan raskasta kalustoa käyttäen, joka sekin osaltaan vahingoittaa maata ja sen kasvustoa. /83,102,105/

Vaikutuksia kohdistuu tutkimusten ja kairauksien aikana maaperän lisäksi usein myös veteen. Tutkimuskaivannot voivat olla jopa satojen metrien pituisia, jolloin ne saattavat helposti vaikuttaa pohjaveden luonnolliseen virtaukseen. Kaivettavat maainekset voivat myös kulkeutua pintavesiin heikentäen niiden laatua. Kairaukseen tarvittava vesi otetaan useimmiten joko alueella olevista puroista, aiemmista kairarei'istä tai tuodaan paikalle. Ongelmia koituu, mikäli paineellinen pohjavesi purkautuu kairausrei'istä maan pinnalle ja näin ollen vesittää ympäristöä. Kairausreikien kautta kulkeutuvien aineiden vuoksi veden laatu voi myös huonontua, jonka vuoksi reiät useimmiten tukitaan tutkimusten loputtua. /83,105 /

Esiintymän hyödynnettävyyden tai kannattavuuden selvittämiseksi sekä rikastusmenetelmän testaamiseksi ja kehittämiseksi tehtävät koelouhinnat ja rikastuskokeet vaikuttavat myös ympäristöön. Koelouhintaa tehdään samoilla menetelmillä kuin varsinaisella kaivoksella, jolloin se muuttaa kohdealueen elinympäristöjä ja maisemaa ja vaikutukset ovat suuremmat kuin varsinaisen malminetsinnän aikana. Louhintaräjähdyksistä aiheutuu ympäristöön melua ja päästöjä sekä ilmaan että vesiin. Vesiin kohdistuvat päästöt syntyvät louhoksen kuivanapitovesien kiintoaine- ja metallipäästöistä sekä räjähdysaineista peräisin olevista typen päästöistä. Lisäksi pitkäaikainen louhoksen kuivanapitopumppaus voi alentaa pohjaveden pintaa. Koelouhinnassa muodostuu myös maa- ja kiviainesjätteitä sekä muita jätteitä. /83/

5.2 RAKENTAMISEN AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tuotannon aikaiset vaikutukset ovat huomattavasti suuremmat kuin tutkimustyön aikaiset. Näkyvimvät vaikutukset syntyvät jo heti toiminnan alkuvaiheissa, kun maisema muuttuu rakennusten, teiden, sähköverkoston ja vesien ohjaujärjestelyiden rakentamisen vuoksi. Eräitä näkyvimpiä muutoksia ovat rakennusvaiheessa hyödynnettävissä olevien sivukivien sekä maanpoistomassojen läjittämisestä syntyvät maa-ainekasat ja avolouhos. Lisäksi, jos malmi rikastetaan louhoksen yhteydessä, muuttavat jopa useiden kymmenien hehtaarien kokoiset rikastehiekan läjitysalueet sekä patorakennelmat maisemaa. /83/

Maisemamuutosten ohella yleistä viihtyvyyttä saattaa haitata louhinnan, murskauksen, rikastuksen, kuljetuksen ja räjäytyksen synnyttämät melu, värinä ja pöly. Pöly, joka yleensä syntyy louhinnasta ja rikasteen varastoinnista, likaa paikallisesti ympäröivää maaperää sekä voi myös vaikuttaa ihmisten terveydentilaan kulkeutuessaan keuhkoihin ilmanlaadun heiketessä. Metall- ja sulfidimineraalipitoisen pölyn leviäminen voi lisätä esim. alueella olevien sienten ja marjojen metallipitoisuuksia. Kaivosalueella käytettävien kemikaalien johdosta maaperä voi myös pilaantua, jolloin öljyn ja muun käsiteltävän ongelmajätteen varastointiin ja jälkikäsittelyyn tulee kiinnittää erityistä huomiota. Edellä mainituilla tekijöillä ja alueella tehtävällä maan poistolla sekä muilla maansiirtotöillä on ihmisten lisäksi vaikutuksia myös alueen luonnon monimuotoisuuteen, eläimistön ja kasvillisuuden elin- ja lisääntymisolosuhteisiin sekä lajistomäärään. /83,102/

Maan poisto, rakentaminen sekä vesiohjausjärjestelyt vaikuttavat myös alueen hydrologiaan muuttaen mm. vesien imeytymistä ja virtaussuuntia sekä valumavesien määriä. Kun kasvillisuus ei enää peitä maata, lisääntyvät eroosio ja pintavalunta, jolloin kiintoainetta pääsee helpommin kulkeutumaan vesistöön sameuttaen sitä ja vaikuttaen näen ollen vesieliöstön elinolosuhteisiin. Veden käyttö ja vesialueiden tukkiminen kaivoksilla muuttaa pohjaveden luonnollista kiertoa, jolloin pohjaveden pinta laskee vaikuttaen samalla alueen talousvesikaivojen pintoihin. Veden laatu saattaa paikallisesti myös huonontua, sillä kaivosalueelta tuleva vesi sisältää usein myös mm. kiintoaine-, metalli- ja typpijäämiä. Laadun huonontumisella on vaikutusta mm. kalakannan kasvuun ja vesistön käyttömahdollisuuksiin. /83,102/

5.3 TUOTANNON AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tuotantovaiheessa merkittävimmät vaikutukset ympäristöön aiheutuvat pölyämisestä ja alueen vesiin kohdistuvista muutoksista. Louhinnan seurauksena myös kaivosalueelle varastoidut sivukivikasat kasvavat ja rikastuksen alkaessa rikastushiekka-alueet alkavat täyttyä. Aivan kuten rakentamisvaiheessakin, pölylaskeumat vaikuttavat maaperän ja vesien laatuun sekä kasvillisuuteen. Mikäli pölyt sisältävät haitallisia metalleja tai sulfidimineraaleja voi seurauksena olla maaperän happamoitumista heikentäen eliöstön elinolosuhteita sekä pinta- ja pohjavesien laatua mm. sameuttamalla tai liettämällä niitä. Useimmat haitalliset metallit ovat happamissa olosuhteissa lisäksi entistä toksisempia eliöstölle. /83/

Määrällistä muutosta kaivosalueen vesistöön voivat aiheuttaa mm. louhosten kuivanapitopumppaus sekä itse malminlouhinta. Veden pintaa voi laskea myös etenkin rikastusprosessissa tarvittavan raakaveden otto, jonka tarvetta pyritään pienentämään kierrättämällä vesiä kaivoksessa mahdollisimman tehokkaasti. Laadullisia muutoksia voivat aiheuttaa etenkin kaivannaisjätteiden varastointialueelta purkautuvat vedet, jätevedet, rikastamoalueen pintakuivatus vedet sekä louhoksen kuivanapitovedet. Näiden aiheuttamien muutosten laatu riippuu ensisijaisesti malmin tyypistä, malmin rikastusmenetelmästä sekä vesien käsittelystä. /83/

Sulfidimetallimalmituotannossa, jollaista on suurin osa Suomen metallimalmituotannosta, happamien metalli- ja sulfaattipitoisten vesien muodostuminen on tyyppillistä. Louhosvesien mukana kulkeutuu vesistöön myös räjähdaineissa käytettyjä nitraatteja ja ammoniumia, joilla on rehevöittävä vaikutus. Lisäksi rikastushiekka-aldaiden vedet ja rikastusprosessin jätevedet voivat myös sisältää jäämiä rikastusmikaaaleista, jotka voivat aiheuttaa ravinnekuormitusta. Toisaalta laadun heikentymistä voi aiheutua myös alueella varastoitavien kemikaalien käsittelystä sekä laitteista ja koneista tapahtuvien öljyvuotojen seurauksena. /83/

5.4 TUOTANNON JÄLKEISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Kaivostoiminnan loputtua alueelta poistetaan kaikki ympäristölle haittaa aiheuttavat ja tarpeettomat rakenteet sekä laitteet ja alue kunnostetaan turvallisiksi. Suljetulle

kaivosalueelle jäävät yleensä vain maisemoidut ja kunnostetut kaivannaisjätealueet sekä vähitellen vedellä täyttyvät louhokset ja niihin liittyvät vesienkäsittelyjärjestelmät. Tuotannon jälkeiset mahdolliset ympäristövaikutukset syntyvätkin pääasiallisesti sivukivien läjitysalueilta, rikastehiekka-altaista sekä louhoksista mahdollisesti purkautuvista vesistä. /83,106/

Sulfidimalmialueilla hapan kaivosvaluma voi jatkua vuosikausia toiminnan loputtua, jos sulfidien hapettumisreaktioita ei saada läjitysalueilla ja louhoksessa hallintaan. Varastointialueilta metallipitoinen vesi voi suotautua esimerkiksi padon alitse/lävitse tai varastointialueen pohjan kautta ympäröiviin vesiin. Vesikuormituksen hallinta edellyttää usein vesien käsittelyä ja niiden laadun seurantaan vielä pitkään kaivosalueen sulkemisen jälkeenkin. Vesien lisäksi muita mahdollisia ympäristöön kohdistuvia riskejä ovat esimerkiksi maanvajoamat tai sortumat louhoksilla ja jätekasioilla. Vaikkei kaivosaluetta yleensä voidakaan palauttaa täysin toimintaa edeltäneeseen tilaan, niin maisemoinnilla ja kasvillistamisella edesautetaan alueen soveltamista ympäristöön, alueen luonnon monimuotoistumista sekä estetään pölyvaikutuksia. /83/

5.5 PÄÄSTÖJEN EHKÄISY

Päästöjen laadun ja määrän selvittäminen ennen toiminnan alkua on yksi keskeisimpiä asioita ympäristövaikutusten arvioinnissa ja vaikutusten vähentämistekniikoiden suunnittelussa. Kaivostoiminnan päästöistä ympäristöön ja vesiin ei saisi aiheutua sellaisia haitta-ainepitoisuuksien kasvua tai veden happamuuden tai muiden ominaisuuksien muutoksia, jotka heikentävät merkittävästi vesistön tilaa purkupisteen alapuolella. Kaivannaisjätteiden osalta laaditaan ennen kaivostoiminnan aloittamista jätehuoltosuunnitelma, johon liitetään myös jätealueiden tarkkailu- ja jälkihoitosuunnitelma. /83/

Suomessa on valtioneuvoston asetuksella (1022/2006) ja sen muutoksella (868/2010) asetettu ympäristölaatunormit, joihin todellisia aiheutuvia pitoisuuksia voidaan verrata. Esimerkiksi nikkelille kyseinen laatu normi on 21 µg/l, kadmiumille 0,1 µg/l ja lyijylle 7,3–7,7 µg/l, riippuen vesistön laadusta. Talousveden laatu normeissa (STM 461/2000) on puolestaan esitetty enimmäispitoisuusrajat mm. antimonille (5,0 µg/l), arseenille (10 µg/l), kromille (50 µg/l), kuparille (2,0 mg/l), lyijylle (10 µg/l) ja nikkelille (20 µg/l). Tosin ne eivät sinänsä kuvaa suoraan vesistössä hyväksyttäviä pitoisuuksia, sillä esimerkiksi kuparille annettu pitoisuusraja aiheuttaa jo monille vesieliöille haitallisia vaikutuksia. Ympäristöluvanhakijan tulisi selvittää kaikkien toiminnasta vesiin johdettavien haitta-aineiden turvalliset pitoisuustasot. Kaivostoiminnassa tällaisia selvitettäviä haitta-aineita ovat mm. metallit, puolimetallit, sulfaatti, tiosulfaatit, ravinteet, pH, rikastuskemikaalit ja niiden jäämät sekä kiintoaine. /83,107–109/

Päästöjen pienentäminen ja ennaltaehkäisy ovat tehokkaimmat keinot päästöistä aiheutuvien ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Varsinaiset ympäristöön kohdistuvat toimenpiteet ovat sellaisia, joilla ei välttämättä saavuteta pysyviä vaikutuksia. Hyvänä esimerkkinä tästä voidaan mainita sulfidimalmien käsittelystä aiheutuneen hap-pamoituneen maaperän ja vesistöjen paikallinen kalkitseminen. Joissain tapauksissa

ympäristöluvuissa on veloitettu myös vaikutusten kompensointiin esim. kalaistutusten muodossa. Tällainen velvoite on esimerkiksi Elijärven kaivoksen ympäristöluvassa, joka velvoittaa luvanhaltijan istuttamaan kuhan poikasia kalastolle ja kalastukselle aiheutuvien vahinkojen ehkäisemiseksi. Tärkeitä päästöjen ennaltaehkäisemiskeinoja ovat myös riskiarviointiin perustuvat varautumissuunnitelmat ja -järjestelmät esimerkiksi ympäristön asukkaiden varoittamiseksi kaasupäästöjen varalta. Vastaavasti myös mahdollisten vesipäästöjen varalta on kaivoksilla oltava varautumisjärjestelmät, joilla turvataan ympäristövahinkojen minimointi. /8,83/

5.5.1 Ilmaan kohdistuvien pöly- ja kaasupäästöjen ehkäisy

Pölypäästöjen hallitsemiseksi on tarjolla erilaisia teknisiä ratkaisuja, kuten suodattimia ja pölynkeräyslaitteita. Niiden lisäksi pölyämistä torjutaan mm. pitämällä pölyävät materiaalit riittävän kosteina sekä kattamalla tai peittämällä pölyn lähteet. Kaasumaisten päästöjen vähentäminen perustuu laiteteknisiin valintoihin ja erilaisten puhdistustekniikoiden käyttöön. Koneista ja laitteista aiheutuvia kaasumaisia päästöjä voidaan vähentää mm. vähärikkisen polttoaineen käytöllä, valitsemalla pienipäästöisiä koneita ja kuljetuskaluston säännöllisellä huollolla. /83/

Taulukkoon 1 on koottu esimerkkejä Suomen metallimalmikaivoksilla käytössä olevista keinoista ilmaan kohdistuvien päästöjen ja niiden aiheuttamien ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. Taulukosta havaitaan, että hyvin yleisiä käytössä olevia keinoja ovat rikasteiden varastointi halleissa sekä pölyämisen ehkäisy kastelulla.

Taulukko 1. Esimerkkejä käytössä olevista keinoista ilmaan kohdistuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. /8,83,110,111/

Kaivos/tuotantolaitos	Ilmaan kohdistuvien päästöjen torjunta/ympäristövaikutusten vähentämiskeino
Kemin kaivos	Kaivoksessa ja rikastamolla on käytössä pölynpoistojärjestelmät.
	Ajoteillä ja läjitysalueilla pölyämistä ehkäistään kastelulla ja pölynsidonta-aineilla.
	Rikasteet varastoidaan sisätiloissa. Lastausalueet on asfaltoitu ja ne pestään kesäaikaan säännöllisesti. Ulos varastoitua rikastetta kastellaan kesäaikaan sadetuslaitteilla.
	Rikastushiekka-alueiden peittäminen ja maisemointi heti alueen tultua täyteen. Varautumisjärjestelmä ympäristövahinkojen varalta olemassa.
Kittilän kaivos	Pölyämistä ajoteillä ja läjitysalueilla ehkäistään kastelulla ja pölynsidonta-aineilla.
	Murskaus suoritetaan osittain suljetussa tilassa. Poistoilma suodatetaan kangassuotimella, josta kiintoaine menee murskehihnalle.
	Painehapetusprosessin poistokaasu pestään kaasunpesurilla.
Pyhäsalmen kaivos	Rikasteiden kuivausrummut on korvattu painesuotimilla.
	Cu- ja Zn -rikasteet varastoidaan varastohallissa.
	Avoin varasto- ja lastausalue on asfaltoitu. Alue pestään säännöllisesti.
	Jätealue käsitellään kalkkimaidolla tarvittaessa pölyämisen ehkäisemiseksi. Varautumisjärjestelmä ympäristövahinkojen varalta olemassa.
Sastamalan rikastamo	Murskaamalla käytetään kastelua tarvittaessa, mikäli jäätymisvaaraa ei ole.
	Rikasteet varastoidaan ja lastataan hallissa ja kuljetetaan peitettyinä.
	Pölyämistä rikastushiekka-alueella torjutaan kastelemalla ja savipeitolla.

5.5.2 Vesiin kohdistuvien päästöjen ehkäisy

Vesien hallintajärjestelmän toimivuuden perusteena on kartoittaa kaikki kohteet, joissa muodostuu ympäristöä potentiaalisesti pilaavia vesiä ja ohjata nämä vedet hallitusti puhdistettaviksi ennen vesien kierrätystä takaisin malmin rikastukseen ja/tai juokсутusta luonnon vesistöön. Vesipäästöjä voidaan yleisesti vähentää lisäämällä veden sisäistä kierrätystä ja minimoimalla veden käyttöä malmin prosessoinnissa. Ympäristövaikutusten vähentämisessä ja ennaltaehkäisyssä lähtökohtana on toimiva vesien keräysjärjestelmä sekä puhdistusmenetelmä. Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivoksella on kiinnitetty viime vuosina paljon huomiota käyttöveden laatuun sekä sen kulluttamiseen, sillä kaivosvedet otetaan ja johdetaan Pyhäjärveen, joka on osittain Natura-alueita. Vuodesta 2009 lähtien kaivos on vähentänyt vuotuista vedenkäyttöään noin 1 miljoonaa kuutiota lisäämällä veden kierrätystä kaivosalueella. Lisäksi kaivos on kehittänyt neutralointimenetelmäänsä parantaakseen jätevesiensä metallipitoisuuksia sekä pH:ta. /13,83/

Taulukkoon 2 on koottu joitain esimerkkejä Suomen metallimalmikaivoksilla käytössä olevista keinoista veteen kohdistuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. Kuten taulukosta huomataan, on kaivosvesien sisäinen kierrätys yleisin keino päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi kaivosyhtiöt on ympäristöluvuissaan velvoitettu joko istuttamaan kalastoa tai tukemaan sitä rahallisesti.

Taulukko 2. Esimerkkejä käytössä olevista keinoista veteen kohdistuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. /8,83,110/

Kaivos/tuotantolaitos	Vesi- ja jätevesipäästöjen torjunta/ympäristövaikutusten vähentämiskeino
Kemin kaivos	Lähes kaikki rikastusprosessissa tarvittava vesi otetaan kiertovetenä jätealueen selkeytysaltaalta.
	Kaikki kaivosalueen pintavedet ohjataan selkeytysaltaalle.
	Suoritetaan kalojen istutuksia.
	Varautumissuunnitelma ympäristövahinkojen osalta on olemassa.
Kittilän kaivos	Kaivoksen kuivanapitovedet ohjataan ennen ulosjuokсутusta pintavalutuskentälle, johon kiintoaine, arseeni ja metallit pidättyvät.
	Malmin välivaraston pohja on vesitiivis. Suoto- ja valumavedet kerätään ja johdetaan prosessivesikiertoon.
	Suoritetaan kalojen istutuksia.
	Syanidi hajotetaan prosessivedestä tehtaalla ennen juokсутusta.
	Prosessivesien kierrätys pyritään maksimoimaan.
Pyhäsalmen kaivos	Kaivoksen kuivanapitovedestä saostetaan metallit kalkilla jätealtaalla.
	Jäteveden takaisinkierrätystä toteutetaan siinä määrin kuin se on mahdollista ilman kipsin saostumisongelmia.
	Kaikki kaivosalueen pintavedet kerätään ojituksiin talteen ja ohjataan jätealueelle neutraloitaviksi.
	Kalojen istutuksia tuetaan rahallisesti.
	Varautumissuunnitelma ympäristövahinkojen osalta on olemassa.

6 Kaivosprosessi

Kaivosprosessi alkaa louhinnasta, jonka aikana kalliota porataan, räjäytetään ja lastataan kuljetettavaksi. Louhittu kallio murskataan sopivan kokoisiksi kappaleiksi, jonka jälkeen se rikastetaan erilaisia menetelmiä käyttäen, riippuen siitä minkälainen malmi on kyseessä. Louhinta- ja erityisesti maanalaisia menetelmiä on monia erilaisia. Se, mitä menetelmää käytetään, riippuu mm. louhittavan kallion laadusta. Seuraavassa eri louhintamenetelmät on esitelty yleisellä tasolla.

6.1 AVOLOUHINTA

Avolouhintaa pidetään periaatteessa edullisempänä kuin maanalaista louhintaa, sillä nimensä mukaisestikin toimintaa suoritetaan taivasalla, eikä sitä varten tarvitse rakentaa erillisiä kaivostunneleita ja muita tarvittavia tiloja maan alle. Edullista se onkin, varsinkin silloin kun malmiesiintymä sijaitsee lähellä pehmeää maan pintaa, kuten Talvivaarassa, mutta avolouhinnan haittana on sivukiven määrän lisääntyminen sitä mukaa mitä syvemmälle louhinta etenee. Esimerkiksi Outokummun Kemin kaivoksella päädyttiin siirtymään maanlaiseen louhintaan mm. juuri runsaan sivukivimäärän vuoksi, jota pahimmillaan louhittiin jopa 6-kertainen määrä malmiin nähden. Avolouhinnan lisääntyessä myös läjitysalueiden riittävyys sekä niiden aiheuttamat ympäristövaikutukset tulee huomioida, joka osaltaan vaikuttaa kustannuksiin. Läjitysalueiden hoito kun jatkuu vielä kaivoksen sulkemisen jälkeenkin. /6,112/

Yleensä kaivoksen toiminta alkaa avolouhoksena, josta vähitellen siirrytään maanalaiseen louhintaan. Tällä tavalla tuotantoa saadaan tehtyä yhtä aikaa niinä vuosina, kun maanalaista kaivosta rakennetaan. Avolouhoksen suunnittelussa huomioidaan mm. tasot ja niitä yhdistävät rampit sekä louhoksen seinämien kaltevuuskulmat, jotka ovat hyvin oleellisia louhoksen turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta. Ennen varsinaisen louhinnan aloittamista kallion pinta paljastetaan poistamalla maanaines riittävältä etäisyydeltä myös louhittavan alueen ympäriltä. Varsinaisia louhintamenetelmiä on yleisesti käytössä kahta tyyppiä: pengelouhinta ja paikalleenräjäyttäminen. /112/

6.1.1 Pengerlouhinta

Pohjoismaissa yleisin avolouhinnan menetelmä on pengerlouhinta, joka suoritetaan räjäyttämällä. Sen työvaiheita ovat irrotus eli poraus ja räjäytys, rikotus sekä louheen lastaus ja kuljetus. Louhinta aloitetaan kallionpaljastamisen jälkeen louhimalla kallioon luiska, jota laajennetaan pohjatason saavuttamisen jälkeen varsinaisen louhinnan aloittamiseksi. Pengerlouhinta etenee yleensä ylhäältä alaspäin tasapaksuin tasoin, jotka yhdistetään toisiinsa ajoteilla. Teitä pitkin, irrotettu kiviaines kuljetetaan kaivosajoneuvoilla pois joko murskaamoon tai läjitysalueelle sitä mukaa kun kiveä irrotetaan. /112/



Kuva 14. Pengerlouhittu avolouhos /113/

6.1.2 Paikalleenräjäyttäminen

Paikalleenräjäyttämisessä nimensä mukaisesti räjäytetään malmi paikoilleen. Hyvin paljon pengerialouhinnan kaltainen menetelmä erottuu siitä, että irrotuksen ja lastauksen ei tarvitse seurata toisiaan, jolloin irrotettua kiveä ei useinkaan lastata ennen seuraavaa räjäytystä. Pengerialouhinnasta poiketen louhintareitit ovat pystysuoria, jolloin kentän horisontaalinen liike saadaan pidettyä mahdollisimman vähäisenä. Paikalleenräjäyttäminen sopii erinomaisesti loivakaateisille eli maan alla loivassa kullmassa esiintyvillä malmeilla, jossa malmikerrosten välissä on raakku- eli sivukivikerros sekä kapeiden malmijuonteiden louhintaan. Myös massiivisten malmien suurimittakaavaiseen louhintaan se sopii tuotantotehonsa ja taloudellisuutensa vuoksi. Kyseistä menetelmää käytetään Ruotsissa Aitikissa, Pohjoismaiden suurimmalla avolouhoksella sekä Suomessa Suurikuusikon kultakaivoksella Kittilässä. Menetelmä on ollut myös aikoinaan käytössä Pahtavaaran kaivoksella Sodankylässä. /112/



Kuva 15. Paikalleenräjäyttämistä hyödyntävä Aitik:n kaivos Ruotsissa /114/

Menetelmän etuna on lastausvaiheessa tapahtuva selektiivinen erottelu, jolloin malmi ja sivukivi sekoittuvat mahdollisimman vähän keskenään. Teknisesti lastaus on tosin vaikeampaa, sillä se vaatii lastauskuljetusvälineen kuljettajalta huolellista seuranta ja ohjausta, kun pitää seurata esim. geologin ennalta merkitsemää rajaa. Myöskään lastauskalustoa ei tarvitse siirtää niin useasti suojaan räjäytyksiltä, kun voidaan irrottaa suuri määrä kiveä kerralla. Paikalleenräjäytyksen haittapuolena tai oikeastaan vaikeutena on normaalia suurempi ominaispanostus sekä hieman alentunut lastausteho. Jotta menetelmän käyttö onnistuisi, tulee irrotettavan kiven olla helposti räjäytettävää. Suomessa yleisesti esiintyvää sitkeää kiveä ei pidetä tällaisena, jonka vuoksi perusteelliset koelouhinnat ovat paikallaan ennen varsinaisen louhinnan aloittamista. /112/

6.2 MAANALAINEN LOUHINTA

Avolouhinnan sijaan kaivoksella voidaan tehdä maanalaista louhintaa, joka tiettyyn syvyyteen mentäessä voi tulla jopa avolouhintaa edullisemmaksi. Esimerkiksi kapeilla malmiesiintymillä maanalainen louhinta voi olla edullisempaa jo 10m syvyydessä kun taas leveissä ja pitkissä esiintymissä pitää mennä reilusti yli 200m syvyyteen edullisuuden saavuttamiseksi. Yksi maanalaisen louhinnan eduista on, että sivukiven määrää saadaan pienennettyä huomattavasti, jolloin myös ympäristövaikutukset vähenevät. Maan alle siirryttäessä turvallisuusnäkökulmat korostuvat entuudestaan, sillä kivimassat voivat olla hyvin arvaamattomia ilman asiantuntevaa suunnittelua. Louhintamenetelmänä käytetään yleensä sellaista, jossa ei työskennellä varsinaisen louhoksen sisällä vaan tunneleista käsin. Louhintamenetelmän valinnassa huomioidaan yleensä malmigeometria, kuten malmin asento ja muoto, kalliolaatu ja jännitys-tila sekä malmin arvo ja kustannukset, unohtamatta ympäristövaikutuksia ja tarvittavaa kalustoa. /112/

Maanalaiset louhintamenetelmät voidaan luokitella monella eri tavalla. Yleisin poraus-räjäytysmenetelmien jaottelu tehdään tukemistarpeen mukaan. Tällöin puhutaan avoimista, täyttö- ja sorrosmenetelmistä. Näistä Suomessa suosituimpia ovat avoimet menetelmät, joihin kuuluu mm. välitaso- ja pengelrouhinta. Käytännössä kaivoksilla kuitenkin käytetään useita menetelmiä tai niiden yhdistelmiä, riippuen louhitavasta malmista ja siitä miten se voitaisiin hyödyntää kustannustehokkaimmin. /112/

6.2.1 Avoimet menetelmät

Avoimiin menetelmiin kuuluvat pilari-, välitaso- ja pengelrouhinta. Niille on tyyppilistä, että louhos pidetään avoimena suunnitellusti jätettyjen malmitukipilareiden ja holvimuotoisen louhoskaton avulla. Näiden menetelmien edellytys on, että louhoksen katto ja seinät pysyvät koossa louhinnan ajan ilman merkittäviä toimenpiteitä, jonka vuoksi ne soveltuvat parhaiten vakaisiin kalliomekaanisiin olosuhteisiin. Useimmiten suuret jännevälit kuitenkin varmistetaan katto- tai vaijeripultituksella ja louhinnan jälkeen tyhjät louhokset täytetään kovettumattomalla tai kovetetulla täyte-

aineksella. Tyypillisesti täyteaines on esim. louhittua sivukiveä, johon on sekoitettu kovettuvaa ainesta. /112/

PILARILOUHINTA

Pilarilouhintaa sovelletaan laattamaisiin esiintymiin, jotka ovat sijoittuneet loivaan, alle 30° kulmaan. Siinä työskentely tapahtuu louhosten sisällä etenemällä ylhäältä alaspäin vastaten tavallista peränajoa. Louhinta suoritetaan siten, että kattoa tukemaan jätetään pilariverkosto. Ennen työstöä, louhosten katot pultitetaan, verkotetaan sekä ruiskubetonoidaan malmipilaritappioiden minimoimiseksi sekä työturvallisuuden parantamiseksi. Pilarilouhinta on tehokkainta 5-15m tasapaksuissa malmeissa, sillä näin varmistetaan mahdollisimman suuri talteenotto. Yksi menetelmän suurista ongelmista Suomessa onkin malmioiden repaleisuus ja paksuusvaihtelut, jolloin sivukivilaimennus saattaa paikoitellen olla varsin merkittävä. /112/

VÄLITASOLOUHINTA

Välitasolouhinta, joka perustuu pitkäreikäporaukseen, on ylivoimaisesti Suomessa eniten käytetty louhintamenetelmä, sillä sen käyttökustannukset ovat alhaiset ja vuosikapasiteetti korkea. Menetelmä ei ole riippuvainen malmiesiintymän paksuudesta, sillä louhinnassa voidaan käyttää joko pitkittäistä tai poikittaista louhintatapaa. Tällöin louhokset, joiden koko tyypillisesti vaihtelee 10 000- 300 000 välillä, louhitaan tietyssä järjestyksessä, jossa ensimmäisessä vaiheessa tyhjennetyt louhokset täytetään kovettuvalla täytteellä, jonka jälkeen toisessa vaiheessa louhitaan niiden väliin jääneet louhokset. /112/

Yleensä louhinta tapahtuu edeten alhaalta ylöspäin, 15-40m tasoväleihin, joita voi olla päällekkäin useita samanaikaisesti. Räjäytystä varten, louhos jaetaan viuhkoihin, joihin porataan 30-40m pitkiä reikiä. Räjäytys tapahtuu yleensä 1-2 viuhkaa kerrallaan, jonka jälkeen malmi lastataan lastausasemalla olevista suppilomaisista lastausaukoista siihen tarkoitettulla kalustolla. Tarvittaessa lastaus voidaan kokonaan automatisoida, jolloin ohjaus tapahtuu etävalvomosta käsin videokameroita ja langatonta WLAN-tekniikkaa hyväksikäyttäen. /112/

PENGERLOUHINTA

Pengerlouhinta on välitasolouhinnan sovellus, jossa louhinta etenee yksi pengeri eli tasoväli kerrallaan. Eteneminen voi tapahtua joko ylhäältä alaspäin tai päinvastoin ja siinä voidaan käyttää apuna louhostäyttöä tai pilareita. Parhaiten pengerlouhinta soveltuu massiivisille tai jyrkkäkaateisille ohuille juonimalmeille ja se voidaan jakaa poikittaiseen sekä pitkittäiseen pengerlouhintaan. Poikittaista pengerlouhintaa kutsutaan myös jälkitäyttölouhinnaksi. Siinä eteneminen tapahtuu samalla tavalla kuin välitasolouhinnassakin, ensimmäisen ja toiseen vaiheen louhosten välillä. Työturvallisuuden vuoksi ja etenkin epävakaisissa kallio-olosuhteissa, louhokset lujitetaan pultituksilla, ruiskubetonoinnilla sekä verkotuksella. Ylhäältä alaspäin irrotetun malmin lastaus tapahtuu louhoksen alaosaan, joko käsin- tai kauko-ohjatulla laitteistolla, jolloin erillisiä malmisuppiloita ei tarvita. /112/

Ohuille juonimalmeille sovelletaan erityisesti pitkittäistä pengerialouhintaa, joka on tehokas menetelmä silloin kun malmirajat ovat suoraviivaiset. Menetelmässä esiintymä jaetaan tasoihin 12-25m välein ja etenemä tapahtuu ylhäältä alaspäin. Irrotettu malmi kuljetetaan malmiperästä eli louhokselle kulkevaa käytävää pitkin kaatonousuihin tai dumpperiin. Menetelmä on tehokas, hyvin mekanisoitavissa sekä muunneltavissa mutta se voi vaatia runsaita etukäteiskairauksia tarkkojen malmirajojen selvittämiseksi. /112/

6.2.2 Täyttömenetelmät

Tähän menetelmäryhmään kuuluvat makasiini-, lyhytreikätyttö- sekä pengertäyttö-louhinta. Täyttömenetelmille on tyypillistä, että louhostila tuetaan keinotekoisesti louhostäytön avulla jo louhinnan yhteydessä, seinien ja katon paikallaan pysymisen varmistamiseksi. Käytettävä täyteaine voi olla sivukivilouhe, rikastehiekka tai kovettuva pasta. Täyttömenetelmä soveltuu parhaiten rikkaisiin malmiesiintymiin sekä vaikeisiin kallio-olosuhteisiin, sillä se mahdollistaa malmin korkean talteensaannin. /112

MAKASIINILOUHINTA

Makasiinilouhinta on avoimien ja täyttömenetelmien välimuoto, jossa väliaikaisesti käytetään täytteenä malmilouhetta tukemaan louhoksen seiniä. Täytön tavoitteena on estää seinämien lohkeilu eli raakkulaimennuksen syntyminen. Menetelmää soveltuukin näin ollen erinomaisesti jyrkkäkaateisille malmeille, jotka itsessään ovat lujia mutta niiden sivukivet ovat heikkoja. Lastausjärjestelyt ovat samankaltaiset kuin välitasolouhinnassa, mutta varsinainen louhinta tapahtuu vaakasuorina kerroksina edeten vaiheittain ylöspäin. Louhinnan aikana louhoksesta lastataan vain noin 40 % malmista pois, ja loput kun koko louhos on irrotettu. Makasiinilouhinnan etuina on menetelmän tehokkuus sekä mekanisoitavuus. Haittapuolena ovat menetelmän herkkyys porausvirheille sekä tarkkuutta ja valvontaa vaativa lastaus siten, että malmia jätetään tarpeeksi sivutuiksi. /112/

LYHYTREIKÄTÄYTTÖLOUHINTA

Lyhytreikätyttömenetelmä soveltuu parhaiten ohuisiin, rikkaisiin esiintymiin, joissa kallio-olosuhteet ovat hyvin heikot. Siinä malmi louhitaan vaakasuorina kerroksina, alhaalta ylöspäin edeten. Louhitut tunnelit täytetään sivukivellä tai rikastamon jättehiekalla, jolloin täytettyä tunnelia voidaan käyttää seuraavan yläpuolen kerroksen työskentelyalustana. Yleensä lyhytreikätyttölouhinta yhdistetään pengerialouhintaan, sillä se on yksistään melko tehoton menetelmä. Etuina ovat kuitenkin vähäiset malmitappiot sekä malmirajojen vähäinen etukäteistuntemuksen tarve. /112/

PENGERTÄYTTÖLOUHINTA

Pengertäyttölouhinta on menetelmänä tehokkaampi kuin lyhytreikätyttömenetelmä ja soveltuu hyvin kapeisiin jyrkkäkaateisiin malmeihin, joiden lujuus on alhainen. Louhinta etenee välitasomaisesti alhaalta ylöspäin, vetäytyen malmin pituisesti sen

pituussuunnassa. Tyhjat louhokset täytetään välittömästi etenemän mukaan. Työturvallisuus on hyvä, sillä työskentely voidaan tehdä etävalvomosta käsin ja tarvittaessa louhosten väliin voidaan jättää kalliopilareita. /112/

6.2.3 Sorrosmenetelmät

Sorrosmenetelmiin kuuluvat levy- ja lohkosorroslohinta, joissa louhosten katto sorrutetaan tarkoituksellisesti sen tyhjennyttyä. Ne soveltuvat parhaiten hyvin kookkaille malmeille, sillä menetelmien haittana on suhteellisen alhainen malmin talteen-saanti ja suuri sivukivilaimennus, joka syntyy kun sivukiveä ajautuu suunnittelematomasti rikastukseen menevän malmilouheen joukkoon. Etuna menetelmällä puolestaan ovat työskentelyvaiheiden systemaattisuus, korkea vuosikapasiteetti sekä alhainen tonnikustannus. Vaikka menetelmä kuulostaa vaaralliselta ja sortuma etenee usein maan pinnalle saakka, työturvallisuus voidaan säilyttää työskentelemällä pelkästään tunneleista käsin. /112/

LEVYSORROSLOUHINTA

Levyorroslohinta soveltuu parhaiten syvälle ulottuvien ja kookkaiden esiintymien louhintaan. Menetelmässä malmi rikotetaan räjäyttämällä, jolloin katon sivukivet sortuvat malmin päälle estäen tyhjän tilan syntymisen. Louhinta etenee järjestelmällisesti ylhäältä alaspäin sorruttaen malmi mahdollisimman tasaisena patjana. Louhinnan onnistumisen yksi edellytys on perien ajon tarkkuus, sillä ne sijoitetaan päällekkäisillä tasoilla toisiinsa nähden limittäin. Lastaus suoritetaan koko louhoksen leveydeltä vuorottelemalla lastauskohteiden välillä, jolloin estetään alaspäin etenevien sivukivipiikkien syntyminen. /112/

LOHKOSORROSLOUHINTA

Lohkosorroslohinta soveltuu parhaiten massiivisille, hyvän lohkaroitumiskyvyn ja sopivan rakoilun omaaville esiintymille. Siinä malmi lohkaroituu itsestään painovoiman ja kalliojännitysten avulla avausräjäytyksen jälkeen. Menetelmän etuna ovat alhaiset käyttökustannukset mutta toisaalta investointikustannukset ovat suuret. Menetelmää varten aluksi rakennetaan useita vuosia kaivosinfraa ja tehdään louhinnan valmistavia töitä, jolloin varsinaiseen tuotantoon pääsy voi kestää hyvinkin kauan. /112/

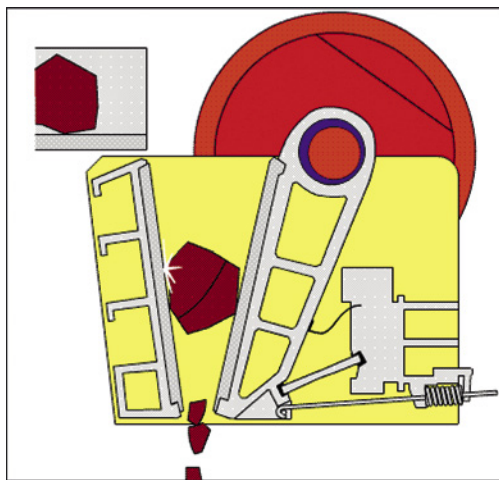
6.3 RIKASTAMINEN

Louhittu malmi sisältää sekä arvokkaita metallimineraaleja että hyödyttömiä harmemineraaleja. Jotta malmi saataisiin metallipitoisuudeltaan lähelle puhtaiden mineraalien pitoisuuksia, on se rikastettava ennen käyttöä. Rikastusprosessi koostuu monista eri osa-alueista, joita yleensä ovat murskaus, seulonta, pararikastus, jauhatus, hienorikastus ja varastointi. Prosessin eri vaiheissa on monia erilaisia laitteita ja laitekokonaisuuksia kuten siloja, kuljettimia, syöttimiä sekä seuloja. Ne ovat tärkeässä roolissa malmin matkalla maan alta lopputuotteeksi eli rikasteeksi. /112/

6.3.1 Murskaus ja seulonta

Murskauksen tarkoituksena on saattaa louhitun malmin kappalekoko mahdollisimman sopivaksi seuraavaa prosessia varten. Murskaus tapahtuu tavallisesti 2-3 vaiheessa, esimurskaus, välimurskaus sekä hienomurskaus, joiden aikana kappaleiden halkaisija voi pienentyä jopa 1m noin 1cm kokoiisiin kappaleisiin. Eri vaiheet muodostavat murskauspiirin, johon kuuluu erilaisia murskia, siiloja ja seuloja, jotka erottelevat erikokoiset kappaleet toisistaan. Murskaus tapahtuu joko puristamalla tai iskemällä. Puristuksessa kivi murskautuu kahden, sitä puristavan, metallipinnan välissä, kun taas iskumurskauksessa nopeasti pyörivä vasara hajottaa kiven iskullaan. /112/

Murskaimet voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan kahteen ryhmään: puristumurskaimiin ja iskumurskaimiin. Puristumurskaimia ovat leukamurskain (kuva 16), kartiomurskain (kuva 17), karamurskain sekä valssimurskain. Iskumurskaimia puolestaan ovat iskupalkkimurskain sekä vasaramylly. Yleisimmin käytössä olevat murskaimet ovat leuka- ja kartiomurskaimet. Esimerkiksi Outokummun Kemmin kaivoksessa käytössä on Metso Oyj:n valmistama kartiomurskain, jonka kapasiteetti on 1000 t/h. Kartiomurskaimissa epäkeskossa oleva liikkuva murskauskartio pyörii pysty akselinsa ympäri, jolloin malmi murskautuu kiinteän ja liikkuvan murskauskartion välissä. Pyhäsalmen kaivoksella puolestaan käytetään puolestaan niin ikään Metso Oyj:n toimittamaa leukamurskainta, jonka kapasiteetti on 500 t/h. Leukamurskaimessa epäkesko akseliin kiinnitetty liikkuva leuka puristaa kiven kiinteää leukaa vasten, jolloin kivi hajoaa paineen vaikutuksesta. /6,10,112/



Kuva 16. Leukamurskain /115/

Seulonnan tarkoituksena on erottaa aines kappalekoon mukaan. Esimerkiksi ennen murskausta seuloilla voidaan erottaa liian hieno kiviaines pois kapasiteetin parantamiseksi. Seulojen verkkomateriaali on yleensä metallia, kumia tai polyuretaania riippuen seulottavasta materiaalista. Seulat voidaan jakaa kahteen ryhmään: staattisiin (kuva 18) ja dynaamisiin (kuva 19). Yksinkertaisimmillaan staattiset seulat ovat säleikköjä, joiden reikäkoko on halutun aineksen kokoinen. Yleisimmin käytössä ovat



Kuva 17. Kartiomurskain /116/

dynaamiset seulat, jotka värähtelevät tai tärisevät joko vaaka- tai pystyasennossa. Niiden liike tuotetaan joko mekaanisesti tai sähkömagneettisesti. Täryseuloja käytetään kappaleiden erotteluun koon perusteella sekä myös romun poistamiseen ennen murskainta. Sekä staattiset että täryseulat voivat olla yksi- tai monitasoisia, jolloin esimerkiksi päällekkäin kasataan eri reikäkoolta varusteltuja seuloja. Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivoksella käytössä on Sandvikin valmistama 2-tasoinen suuntaisvärähtelyseula. /10,112/



Kuva 18. Staattinen seula /117/



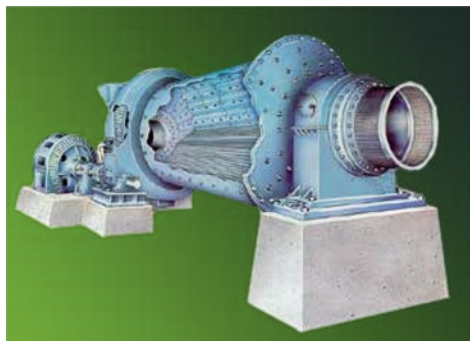
Kuva 19. Dynaaminen seula /117/

6.3.2 Jauhatus

Murskauksen jälkeen malmi jauhetaan edelleen hienommaksi aineeksi rikastamista varten. Jauhatusessa käytetään yleensä tanko- ja kuulamylyjä, jotka ovat pyöriviä lieriöitä. Malmi jauhautuu niissä lisättävien terästankojen tai -kuulien avulla hieno-

ainekseksi. Jauhatus voidaan tehdä kuivana tai märkänä, jolloin puhutaan myös liettämisestä. Myllyjä voi olla peräkkäin useampia, jolloin puhutaan jauhatuspiiristä. /112/

Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivoksella jauhatuspiiriin kuuluu kolme vaihetta: primaarijauhatus, sekundaarijauhatus ja tertiaarijauhatus. Myllyinä käytetään Wärtsilän kumivuorattuja lohkar-, pala- ja kuulamyllyjä, jotka jauhavat malmin 250 mm kokoisesta syötteestä jopa 74 µm kokoiseksi tuotteeksi. /10/



Kuva 20. Jauhinmylly /118/

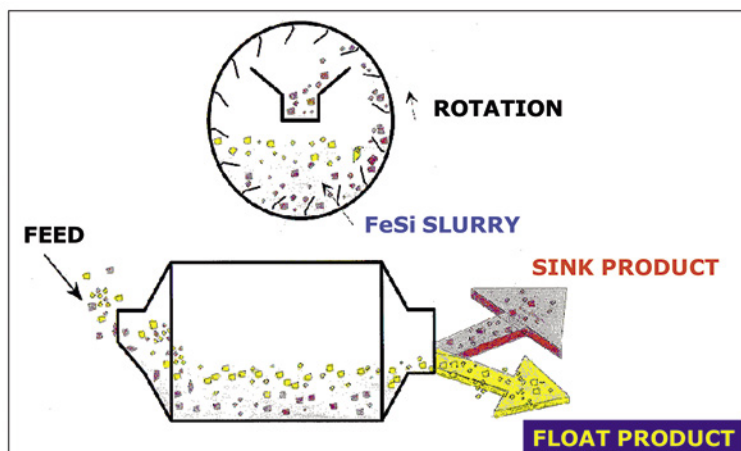


Kuva 21. Jauhinmyllypiiri /119/

6.3.3 Painovoimaan perustuvia rikastusmenetelmiä

Painovoimaan perustuvat rikastusmenetelmät hyödyntävät mineraalien välisiä tiheyseroja. Perinteinen esimerkki painovoimarikastuksesta on käsikäyttöinen vaskooli, jota käytetään kullanhuuhdonnassa. Painovoimarikastuksessa malmi joko vajoaa väliaineessa, kuten vedessä, piirauta- vesilietteessä tai kvartsihiekkavesilietteessä, pohjaan tai se keskipakovoiman avulla erotetaan lietteestä. Yleisimpiä painovoimaan perustuvia rikastusmenetelmiä ovat erotusrumpumenetelmä, spiraalierotin sekä kartioerotin. /120/

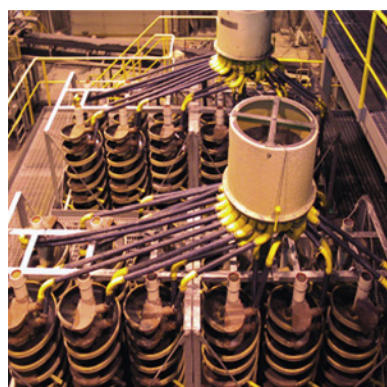
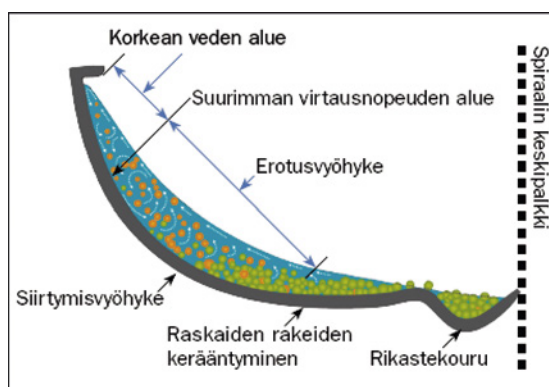
Erotusrummussa malmi sekoitetaan raskaan väliaineen kanssa, jolloin painavammat malmikappaleet painuvat rumpun pohjalle ja kevyemmät sivukivet nousevat kellu-



Kuva 22. Painovoimaerotuksen periaatekaavio /6/

maan väliaineen pinnalle. Rummun erotuskykyä säädetään väliaineen litrapainoa muuttamalla, jolloin malmi saadaan mahdollisimman hyvin talteen. Uponnut rikaste ohjataan rummusta eteenpäin rikastusprosessissa, kun taas kelluvat sivukivet ohjataan jätekasaan (kuva 22). /120/

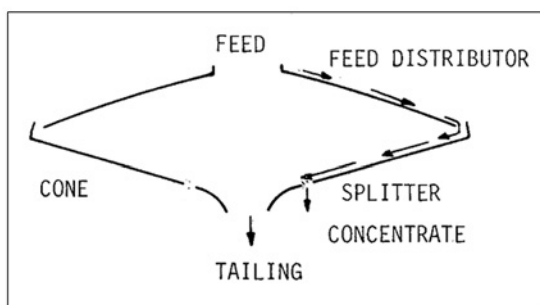
Spiraalierotin on kierteelle taivutettu, tyypillisesti muovista valmistettu, kouru, jota pitkin rikastettava vesi-malmiliete virtaa alaspäin (kuvat 23 ja 24). Painovoiman vaikutuksesta raskaat, malmia sisältävät, partikkelit jäävät kierteen sisäreunalle ja kevyet partikkelit kulkeutuvat spiraalin ulkoreunalle. Spiraalien erottelukykyyyn vaikuttavat rikasteen raekoko ja ominaispaino sekä lietteen litrapaino. Säädetävien ohjureiden avulla sisäkaarteessa kulkeva malmirikaste saadaan otettua talteen. /120/



Kuva 23. Spiraalierotuksen periaate /120/

Kuva 24. Spiraalierotin /6/

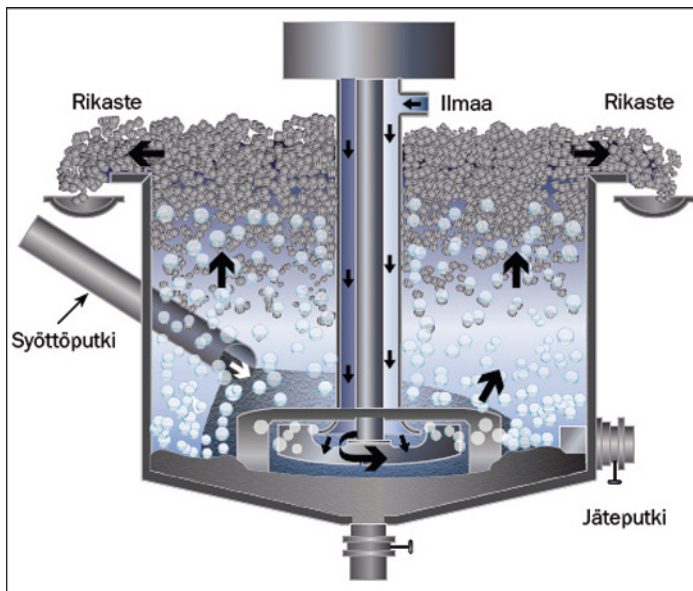
Spiraalierotinta toimintaperiaatteeltaan hyvin paljon muistuttava kartioerotin muodostuu useista päällekkäin asennetuista kartioista (kuva 25). Kartioerottimessa rikastettava liete virtaa kartioiden pinnalla alaspäin, jolloin raskaat partikkelit kulkevat lähempänä kartion pintaa kuin kevyet. Rikasteen talteenotto toimii samalla tavalla kuin spiraalierottimissakin ohjureiden avulla. Sekä spiraali- että kartioerottimia on käytössä Outokummun Kemmin kaivoksella, jossa rikastaminen perustuu puhtaasti painovoimaan hyödyntämiseen. /120/



Kuva 25. Kartioerottimen toimintaperiaate /6/

6.3.4 Vaahdotus

Vaahdotusta käytetään pienten mineraalirakeiden rikastamiseen lietteestä. Se perustuu mineraalien fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä pinta-aktiivisuuteen. Vaahdotuksessa käytetään apuna erilaisia kemikaaleja, kuten ksantaattia, kalkkia ja syanidia, riippuen rikastettavasta mineraalista. Rikastaminen tapahtuu vaahdotuskennoissa, jotka täytetään malmi-kemikaalilietteellä. Kennon keskelle johdetaan ilmaa, jolloin lietteeseen syntyy ilmakuplia (kuva 26). /120/

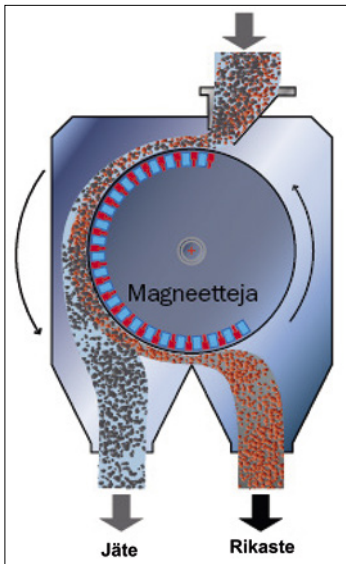


Kuva 26. Vaahdotuksen toimintaperiaate /120/

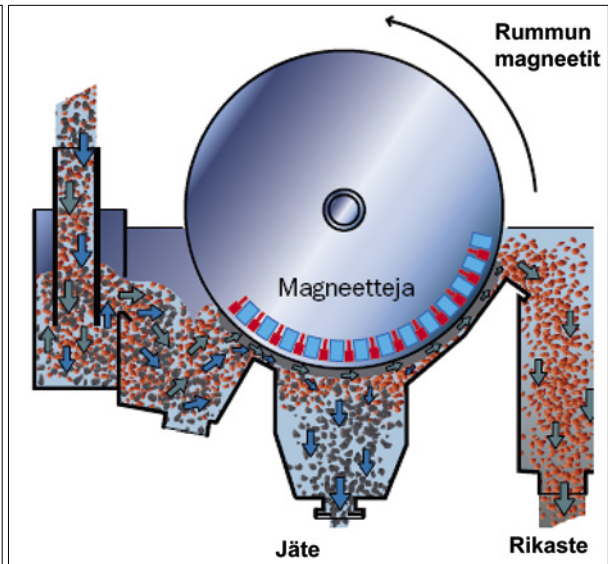
Kemikaalien avulla halutut malmihiukkaset saadaan tarttumaan ilmakupliin jolloin ne kohoavat vaahdon pinnalle ja ovat näin ollen helposti talteenotettavissa. Ilmakupliin kiinnittymättömät rakeet vajoavat kennon pohjalle ja jatkavat matkaansa joko jätteeksi tai uuteen vaahdotusvaiheeseen, josta rakeista erotetaan toista mineraalia. Vaahdotusmenetelmä on käytössä mm. Pyhäsalmen kaivoksella, jossa yhdestä malmista saadaan erotettua monivaiheisen vaahdotusprosessin aikana kolmea metallia. /10,120/

6.3.5 Magneettisuuteen perustuvia rikastusmenetelmiä

Magneettisuuteen perustuvat rikastusmenetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään: heikkomagneettisiin ja vahvamagneettisiin menetelmiin, joista jälkimmäinen on kehitetty erityisesti hematiittia sisältävien malmien rikastukseen. Riippumatta siitä, kummanlaista menetelmää käytetään, erottimia on kahta tyyppiä: kuivaerottimia (kuva 27) ja märkäerottimia (kuva 28). Kuivaerottimia käytetään palamalmien rikastukseen sekä malmimurskeen esirikastukseen ennen jauhatusvaihetta ja märkäerottimia puolestaan veteen lietetyn sekä jauhetun malmin erotukseen. /120/



Kuva 27. Kuivaerotuksen periaate /120/



Kuva 28. Märkäerotuksen periaate /120/

Kuivaerotus tapahtuu pyörivässä rummussa, jonka sisällä on kiinteät kesto- ja sähkömagneetit. Murske syötetään rumpuun ylhäältä päin, jolloin sivukivi tippuu suoraan alas ja magneettinen rikaste seuraa rummun magneetteja ja ohjautuu eri paikkaan. Märkäerotimissa rumpu magneetteineen pyörii erotusaltaassa, josta magneettiset rikasteet nousevat sivukivirakeista eroon. Yleensä rikastus tapahtuu märkäerotimilla monivaiheisesti, jolloin jokaisen jauhatuskerran välillä suoritetaan märkäerotus 2-4 peräkkäisellä erottimella. /120/

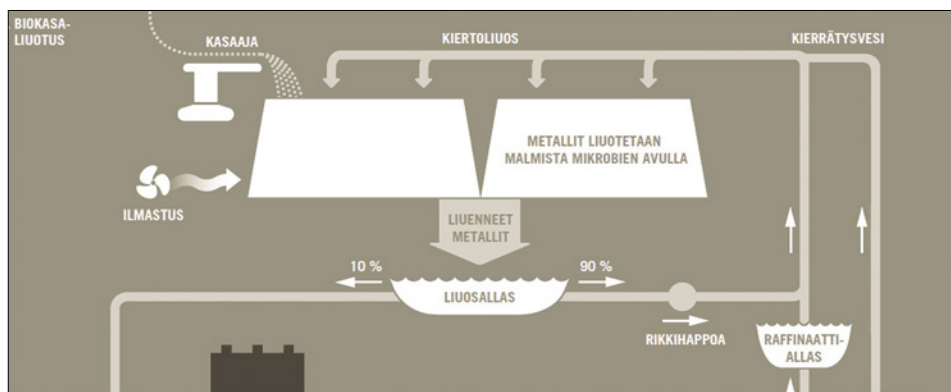
6.3.6 Liutusmenetelmä

Rikastamiseen voidaan käyttää myös liutusmenetelmää, joka perustuu malmin ja liuottimen välisiin kemiallisiin reaktioihin. Perinteisin liutusmenetelmä on kulta-kaivoksilla tapahtuva kullan rikastaminen natriumsyanidiliuoksen avulla. Innovatiivisempaa liutusmenetelmää puolestaan edustaa esimerkiksi Talvivaaran kaivoksella suoritettava bakteeriliuotus, jossa metalli irrotetaan malmista kallioperässä luontaisesti esiintyvien bakteerien avulla. /14/

Bakteerien johdosta tapahtuvaa liukenemistä esiintyy luonnossa itsestään, mutta teollisesti prosessia voidaan nopeuttaa säätämällä olosuhteet bakteereille otollisiksi sekä kasvattamalla malmin pinta-alaa murskaamalla. Talvivaaran kaivoksella käytävässä biokasaliuotuksessa malmi murskataan alkuun noin 8mm kokoisiksi paloiksi, jonka jälkeen se agglomeroidaan eli sitoutetaan isompiin partikkeleihin kiinni. Tämän jälkeen kivimurska kasataan noin 8m korkeiksi kasoiksi, joiden alle on asennettu salaoja- ja ilmastusputkisto. Kasan päältä sijaitsevasta kasteluputkistosta liuotuskasaan suihkutetaan pH-säädettyä vettä, johon on lisätty tiettyjä liukenemistä edis-

täviä bakteereja. Liuos valuu kasan päältä liuosaltaaseen, josta sitä pumpataan takaisin kasan päälle niin kauan kunnes haluttu metallipitoisuus saavutetaan. Varsinaiseen metallien erotus tapahtuu saostamalla liuotusaltaasta johdettua noin 10 % suuruisia sivuvirtaa. /14,15/

Kun primäärikasaa on liuotettu 18kk ajan, se puretaan ja malmi kasataan uudelleen sekundäärialustalle. Siellä liuotusta jatketaan, pyrkien saamaan talteen ensimmäisessä vaiheessa liukenemattomat mineraalit. Primäärikasa on dynaaminen kasa, jolla tarkoitetaan sitä, että koneiden purkaessa kasaa sekundäärialustalle, kuljetin kasaa uutta malmiä tilalle liuotukseen. Toisen liuotusvaiheen jälkeen kasoja ei enää pureta, vaan hyödynnetyt malmikasat jäävät paikoilleen ja ne maisemoidaan. /14/



Kuva 29. Biokasaliuotusprosessi /15/

6.4 VARASTOINTI JA KULJETUS

Rikastamisen jälkeen valmiit tuotteet eli rikasteet usein varastoidaan odottamaan kuljetusta jatkokäsittelylaitoksiin, kuten tehtaille ja valimoihin. Useimmiten rikasteille on rakennettu oma varastorakennuksensa tehdasalueelle, jotka täytetään rikastamolta suoraan tulevilla kuljettimilla tai pyöräkuormaajaa käyttäen. Kuljetus eteenpäin tapahtuu yleisimmin rekalla tai junalla sekä mahdollisesti myös laivalla, riippuen missä rikasteiden jatkokäyttöpaikka sijaitsee. Rekoilla siirtäminen on yleensä kannattavaa lyhyillä välimatkoilla.

Useimmiten rekkaliikenteen hoitaa kaivosyhtiön alihankkija. Junaliikenne kannattaa, kun kyseessä on pidemmät välimatkat tai jos on tiedossa toiminnan jatkuminen useiden vuosien ajan. Alkuinvestoinnit ovat junakuljetuksessa kalliit, sillä yleensä kaivosalueille ei ole olemassa valmiita ratayhteyksiä, mutta käyttökustannukset ovat puolestaan alhaiset. Laivausta varten kaivoksen on oltava suotuisan välimatkan päässä satamasta, johon rikasteet yleensä kuljetetaan edellä mainituin keinoin. Laivakuljetusta on kannattavin käyttää, mikäli jatkokäsittelypaikka sijaitsee hyvin kaukana, esimerkiksi Suomen kannalta muualla Euroopassa.

7 Tekniikka

7.1 SÄHKÖ

Sähkö on kaivoksissa nykyisin eniten käytetty energiamuoto, sillä valvonta- ja ohjauslaitteistot sekä niiden käyttö on lisääntynyt huomattavasti. Kaivoksissa käytettäviin sähkölaitteisiin kuuluvat sähkön siirtoon ja jakeluun liittyvät laitteet, sähköenergialla toimivat laitteet sekä mm. erilaiset automaatiolaitteet. Sähkölaitteiston kestävyydeltä vaaditaan paljon, sillä kaivosolosuhteet ovat erittäin raskaat ja kulutus on noin 12–25 kWh/malmitonni. Kaivoksen sähköverkon suunnitteluvaiheessa erityistä huomiota kiinnitetään johtojen ja laitteiden mekaaniseen lujuuteen tai sijoitteluun, jotta ne kestäisivät pölyn, kosteuden ja räjähdyspaineen aiheuttamat olosuhteet. Yleisesti kaivoksissa on käytössä 400V kolmivaihejärjestelmä, mutta myös 690V käyttöjännite, joka mahdollistaa pidemmät kaapelietäisyydet, on standardisoitu. Jakeluverkossa suurin sallittu jännite on 20kV. /112/

Maanalaisessa kaivoksessa sähkösuunnittelu poikkeaa hieman avolouhoksesta, sillä ensisijaisesti käytetään mm. kuivaeristettyä muuntajaa, joka on tulipalon sattuessa turvallisempi vaihtoehto kuin tavallinen öljyeristeinen. Muutenkin, kosteiden ja pölyisten olosuhteiden vuoksi johdot on oltava vain märkään tilaan sallittuja ja varustettuja ylikuormitus- ja oikosulkusuojilla. Avolouhoksessa olosuhteisiin tuovat vielä oman lisänsä ilmaston aiheuttamat muutokset, kuten pakkanen ja sen myötä jää. Mitään varsinaisia erityissäädöksiä kaivosten, niin maanalaisen kuin avolouhoksen, sähköverkosta ei ole laadittu vaan suunnittelun pohjana ovat pitkälti olosuhteet, joiden asettamat vaatimukset sähkölaitteistoille tulee huomioida. /112/

7.2 AUTOMAATIO

Automaatiolla on nykypäivänä suuri merkitys kaivostoiminnassa. Sen avulla malmivirta saadaan jatkuvaksi erilaisten siilojen, välivarastojen ja eri osaprosessien välillä ilman, että jokainen vaihe tarvitsee fyysisesti työntekijän suorittamaan toimintoja. Automatisoinnin optimoiminen on vaativa tehtävä, joka vaatii eri osatoimintojen kokonaishallintaa. Hankalaksi sen tekee se, että työpisteet muuttuvat kaivosalueella jatkuvasti, geologisia olosuhteita on hanakala ennakoida ja eri vaiheet ovat toisistaan hyvin riippuvaisia. Nykyään automaation avulla tuotantotilanteiden muutoksiin voidaan reagoida nopeasti sekä kerätä suuri määrä tietoa, joista tuotetaan vaivattomasti erilaisia raportteja päätöksenteon tueksi. /112/

Kemin ja Pyhäsalmen kaivoksilla on pitkät perinteet automaation kehittämisessä. Molemmat kaivokset osallistuivat 1990-luvulla läpivietyyn, 10 miljoonan euron teknologiahankkeeseen ”Älykäs Kaivos”, jossa kehitettiin uutta teknologiaa eri laitevalmistajien kanssa asiakasvoelajina olleille kaivosyhtiöille. Kemin ja Pyhäsalmen kaivoksilla on yhteistä historiaa saman omistajan alaisuudessa, jonka vuoksi kaivosten toimintojen ja tuotannon ohjaus on pitkälti samankaltaista. Ohjaus perustuu KaTTi-tietojärjestelmään ja alati päivitetävään tietokantaan sekä koko kaivoksen kattavaan reaaliaikaiseen tietoverkkoon ja kommunikaatiojärjestelmään. Pyhäsalmen kaivoksella on lisäksi mm. Outotec:n toimittama Courier 6SL- analysaattori, joka analysoi rikastamalla tärkeimpien lietevirtojen metallipitoisuuksia ja niiden tietojen perusteella optimoi prosessia. /10,112/

7.3 RAKENTEET JA TIET

Rakenteissa kaivoksella käytetään joko puu-, betoni- tai teräsrakenteita kohteesta riippuen. Näiden lisäksi kaivosverkko koostuu ajoteistä, latioista ja suurimmissa kaivoksissa myös ratateistä. Puurakenteiden käyttö on vähentynyt huomattavasti, sillä kallio-pultit, teräsbetoni ja teräs ovat syrjäyttäneet sen kestävämpinä ja paremmin nykyiseen kaivostekniikkaan soveltuvina rakennusaineina. Nykyään puuta käytetään enimmäkseen erilaisten betonirakenteiden muoteissa sekä lisäksi jonkin verran mm. kuilun pohjarakenteissa, tilapäistukina ja räjäytyssuojina. /112/

Betonirakenteita syntyy kaivoksessa lähes päivittäin, louhoksessa tehtävien ruisku-betonointitöiden vuoksi. Enimmillään betonin käyttö on kaivoksen avaamis-, laajennus- ja uudistamisvaiheissa. Lisäksi betonista voidaan valmistaa mm. tukiseiniä, nostotorneja, kuiluja, teitä ja erilaisia perustuksia. Kaivosolosuhteet ovat betonirakenteille haasteelliset, sillä niihin kohdistuu suuria paine-, hankaus- ja iskukuormituksia, joita voi olla hankala määritellä etukäteen. Lisäksi kaivoksen ilmassa ja vesissä saattaa olla betonia vahingoittavia aineita, jotka aiheuttavat kemiallista rasi-tusta rakenteille. Teräsrakenteissa käytetään yleensä joko haponkestävää terästä tai sinkityksessä suojattua tavallista rakenneterästä. Teräksestä valmistettuja rakenteita voidaan käyttää mm. kuiluissa, kaiteissa, porteissa sekä huoltopaikkojen ja nostureiden rakenteissa. /112/

Kaivoksissa käytettävä ajoneuvokalusto asettaa suuret vaatimukset kaivosten kulureiteille ja niiden kunnolle. Kaivosolosuhteet ovat aina märät, sillä vettä tihkuu mm. pohjavedestä ja sadevedestä maanalaisen kaivoksen lattioille, joten on tärkeää että vedet poistetaan hallitusti pumppaamalla. Yleisin teiden rakennusmateriaali kaivoksessa on sepeli, joka vilkkaimmin liikennöidyillä väylillä voi saada vielä betoni- tai asfalttipinnan. Sepeli on edullinen rakennusmateriaali, jonka suhteen kaivos voi olla omavarainen. Sitä voidaan nimittäin murskata kaivoksen sivukivestä omiin tarpeisiin sopivan kokoiseksi. Kaivoksissa, joissa liikutellaan suuria tonnimääriä kiveä, on käytössä myös varmatoimisen raidekuljetuksen mahdollisuus. Suomessa ei maanalaisilla kaivoksilla tällä hetkellä malmia siirretä raiteita pitkin vaan enimmäkseen käytetään automatisoitua nostokappaa. Pohjoismaiden merkittävin kaivosraideverko kosto löytyy LKAB:n kaivokselta Ruotsin Kiirunasta. /112/

7.4 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon tehtävänä on ensisijaisesti pitää laitteet käyntikunnossa sekä korjata rikkoutuneita laitteita ja komponentteja. Nykyään kunnossapitoa ei pidetä enää kustannuseränä vaan se mielletään tärkeäksi tuotantotekijäksi, jolla on vaikutusta laitoksen kilpailukykyyn. Kunnossapidon kustannusten osuus maanalaisella kaivoksella on noin 30 % käyttökustannuksista. Tästä 41 % kuluu kaivoksen kunnossapitoon, 51 % rikastamolle ja loput 8 % muuhun toimintaan, kuten tutkimus ja kehitys, geologia, osto ja suojelu. Kunnossapidon toimintakyvyn edellytyksenä on, että toiminnalle varataan riittävästi niin tila-, henkilö- kuin laiteresursseja, koulutetaan käyttö- ja kunnossapitohenkilöstöä sekä toimitaan saumattomasti yhteistyössä käyttöhenkilöstön kanssa. /112,121/



Kuva 30. Maanalainen korjaamohalli /10/

Kunnossapito-ongelmat syntyvät useimmiten jo kaluston hankintavaiheissa. Tyypillisimpiä ongelmia ovat konekannan kirjavuus, koneet ovat alimitoitettuja, tarvittavia piirustuksia ei ole toimitettu tai varaosia ei ole tilattu koneen mukana saati turvattu niiden saantia. Joissain tapauksissa kunnossapidollisia näkökulmia laitteiden asennuksesta ja huollosta ei ole huomioitu, jolloin laittein luokse on hankala päästä tai erityisesti sähkölaitteet eivät ole sopivia kaivosolosuhteisiin. Ongelmien välttämiseksi olisi jo toimitusvaiheessa hyvä hankkia tarvittavat piirustukset, ohjeet, kaaviot ja todistukset laitteista. /121/

7.4.1 Esimerkkejä kaivoksen kunnossapitokohteista

Voiteluhuolto kuuluu ehkäisevään kunnossapitoon. Sen tehtävänä on erottaa koneenosat tai pinnat toisistaan ja näin ollen pienentää kitkaa. Kaivosteollisuudessa voiteluaineen oleellinen tehtävä on poistaa epäpuhtaudet ja estää niiden pääsy kohteisiin, luonnollisesti itse voitelun lisäksi. Kaivoksissa on runsaasti laakerointeja erilaisissa kohteissa, joita täytyy voidella. Laakerityypeistä melko yleisesti käytössä on yhä liukulaakerointi, jota käytetään pääasiassa niveltapeissa, jauhatusmyllyjen kannatus-

laakereina, kartiomurskainten pallolaakereina sekä epäkeskon ja karan holkkeina. Maanalaisilla kaivoksilla on lisäksi myös paljon erilaisia tuulettimia, jotka poistavat haitallisia räjähdekaasuja sekä tuovat tiloihin raitista ilmaa. Tuuletuslaitteiden sähkömoottorit ja sulkulaitteistot tarvitsevat säännöllistä voiteluhuoltoa. /112,121/

Kaivosteollisuudessa käytetään eri kohteissa paljon kulutusta kestäviä materiaaleja. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat mm. lastauskoneiden kauhat, dumperien lavat sekä kuljettimien, syöttimien, seulojen ja murskainten kulutusosat. Käytetyt materiaalit ovat yleensä kulutuskumit ja -teräkset, kuten mangaaniteräs sekä karkaistut mikroaeteräkset, mutta jonkin verran käytetään myös keraameja ja erikoismassoja. Kumit soveltuvat käytettäväksi lähes kaikissa kohteissa ja ovat oikein valittuina hyvinkin pitkäikäisiä materiaaleja. Verrattuna kulutusteräkseen ne ovat helpommin asennettavissa ja niiden ylläpitokustannukset ovat melko pienet. Pinnoitukset eivät kuitenkaan ole korjattavissa, vaan ne tulee korvata uudella materiaalilla. /112/

Kaivoksen kunnossapidon piiriin kuuluu paljon erilaisia vaihtotoimenpiteitä, jotka johtuvat sekä lakisääteisistä velvoitteista että kulumisesta syntyvistä turvallisuusriskeistä. Nostokuilun laitteisto kuuluu kaivoksen kriittisimpiin laitteisiin, sillä sitä pitkin malmi nostetaan rikastamolle. Säännöllisin väliajoin tehtävä köysien vaihto, jopa tuhansia metrejä syvään kuiluun on kunnossapidollisesti vaativa työ. Muita kriittisiä laitekokonaisuuksia ovat erilaiset kuljettimet, joita kaivoksissa voi olla useiden kilometrien pituudelta. Yleisimmin automatisoitujen kuljettimien häiriöt johtuvat ylikuormittumisesta tai ne kuluvat epänormaalisti tavalla sinne kuulumattomien partikkeleiden hankaavasta vaikutuksesta. Jo suunnitteluvaiheessa tulisi huomioida laitteiden huollettavuus siten, että niiden ympärille jätettäisiin tarpeeksi tilaa ja rakennettaisiin asianmukaisia huoltotasoja. /112,121/

7.4.2 Esimerkkejä kylmän ilman aiheuttamista ongelmista

Kylmä ilma aiheuttaa ongelmia paitsi työntekijöille myös kaivoksella oleville lukuisille laitteille. Erityisesti ongelmat korostuvat avolouhoksissa, jossa työskennellään jatkuvasti vallitsevien olosuhteiden keskellä toisin kuin maanalaisissa kaivoksissa, jossa olosuhteet pysyvät kutakuinkin samanlaisina kesät talvet. Jää ja jäätyminen ylipäättänsä muodostavat suurimmat kylmän ilman aiheuttamat ongelmat. Varsinkin sähkölaitteet ovat kylmälle ilmalle hyvin herkkiä. /121/

Talvella kosteus tiivistyy rakennuksiin, kuten nostotorniin, aiheuttaen raja-antureiden jäätymistä ja näin ollen myös ongelmia mekaanisessa toiminnassa. Kuljettimet kuljettavat materiaalia välillä sisä- ja ulkotilojen välillä, jolloin vaarana on että lämmin ja kostea materiaali jäätyy hihnaan kiinni. Kosteaa materiaalia jäätyminen on ongelmana myös varastoinnin ja kuljetuksen aikana, jonka vuoksi rikasteet pyritään saamaan mahdollisimman kuiviksi. Jäätymistä vastaan on myös kehitetty erilaisia menetelmiä, kuten Kemin kaivoksella, jossa rikaste voidaan pakokaasun avulla lämmittää kuljetuksen ajaksi. /6,121/

8 Logistiikka

8.1 VIESTINTÄ JA TIEDONSIIRTO

Kaivosten viestintä- ja tiedonsiirtoverkosto koostuu analogisista ja digitaalisista puhejärjestelmistä sekä tietoverkoista. Analogiset puhejärjestelmät lankapuhelimineen voivat kuulostaa hyvin vanhanaikaisilta mutta kaivosolosuhteissa ne ovat vertaansa vailla. Lankapuhelimista kun ei akku lopu, ne ovat helppokäyttöisiä ja löytyvät aina omalta kiinteältä paikaltaan. Etua niiden käytöstä on varsinkin rakennusvaiheessa, sillä lankapuhelinlinjan vetäminen työmaalle on helppoa ja nopeaa eikä sen tekemiseen vaadita erityisosaamista. Valmiissa kaivoksessa lankapuhelimia käytetään mm. turvapaikoissa, sähkökeskuksissa ja erilaisten kriittisten koneiden ja laitteiden luona. Lankapuhelinten lisäksi analogisiin puhejärjestelmiin kuuluvat radiopuhelimet. Luvanvaraisten radiopuhelimien ja radiopuhelinjärjestelmien käyttöä valvoo Suomessa lakisääteisesti Viestintävirasto. Radiopuhelinten käyttöä varten maanalaiseen kaivokseen tulee rakentaa antenniverkosto, jota pitkin yhteys toisiin puhelimiin muodostetaan. /112/

Nykyaikaisessa kaivoksessa tiedonsiirtoa voidaan hoitaa myös digitaalisten puhejärjestelmien avulla. Niihin oleellisesti liittyvät nykyään hyvin yleinen 3G-verkosto sekä langaton verkko. Suomessa 3G-verkosto sekä laajakaistayhteydet ovat nykyään saatavilla lähes joka kolkkaan maassamme, jolloin ne palvelevat hyvin avolouhosten tarpeita. Maanalaisilla kaivoksilla tilanne on kuitenkin toinen, sillä luja kallio eristää hyvin kaikki ilmassa lähetetyt signaalit, jolloin esimerkiksi maanpäällisestä 3G-verkosta ei ole siellä hyötyä. Verkon rakentaminen kaivokseen tukiasemien avulla ei ole kuitenkaan taloudellisesti kannattava ratkaisu vaan puhejärjestelmänä käytetään VoIP-järjestelmää. /112/

VoIP eli Voice over IP- järjestelmässä hyödynnetään langatonta verkkoa, jonka kautta puhelinliikenne voidaan hoitaa. Itse laite muistuttaa hyvin paljon tavallista matkapuhelinta. VoIP-laitteen tarvitseman langattoman verkon ulottaminen maanalaiseen kaivokseen onnistuu kohtalaisen helposti sekä kustannustehokkaasti antennien ja tukiasemien välityksellä. VoIP-tekniikan etuna on monikäyttöisyys sillä puhelinominaisuuden lisäksi laitteeseen voidaan ladata esimerkiksi työmääräimiä ja tiedotteita. Lisäksi laitetta käytetään paikannukseen, sillä sen avulla liikereitit voidaan taltioida ja reaaliaikaiset sijaintitiedot niin ihmisille kuin koneillekin ovat kätevästi kaikkien saatavilla. Paikannusominaisuudella on myös erityistä merkitystä kaivosten työturvallisuuden kannalta. /112/

8.2 KALUSTO JA KIVEN SIIRTO

Kaivoksen louhintavaiheet voidaan jakaa karkeasti neljään osaan: poraus, räjäytys, kiven siirto ja kalliolujitus. Riippumatta siitä onko kyseessä avolouhos vai maanalainen kaivos, on jokaiselle vaiheelle oma siihen tarkoitettu erikoiskalustonsa. Maan alle ja päälle samoihin vaiheisiin tarkoitettu kalusto eroaa toisistaan käsiteltävän materiaalikoona ja vallitsevien olosuhteidenkin pakosta. /112/

Kiveä käsitellään niin yhden miehen työnnettävistä kuution kokoisista vaunuista aina 400 tonnin maansiirtoautoihin. Nykyään kaivoksissa ollaan enenevässä määrin siirtymässä jatkuvaan prosessiin, jossa kiven pitää virrata koko ajan eteenpäin. Käytännössä tämä ei suomalaisessa mittakaavassa täysin onnistu, vaan erilaisia välivarastoja on yhä edelleen matkan varrella, jonka aikana malmilohkare muuttuu rikasteeksi. /112/

8.2.1 Avolouhos

Avolouhoksessa käytössä oleva porauskalusto vaihtelee suuresti työkohteen ja sen luonteen mukaan. Useimmiten käytetään mekanisoituja porauslaitteita, joiden halkaisija on jopa 300–450 mm, kun kaivoksen volyymit ovat suuret. Porauskalusto voidaan jakaa neljään ryhmään: päältälyövä jatkotankokalusto, päältälyövä putkitankokalusto, oppoporauskalusto sekä kiertoporauskalusto. Se, mitä kalustoa käytetään, riippuu irrotettavasta kivimäärästä, kallion laadusta, rintauksen korkeudesta ja halutusta reikäkoosta. Porauslaitteet voivat olla hytillisiä tai hytittömiä, jolloin laitteen ohjaus tapahtuu radio-ohjauksella. Ympäristöön syntyvän melun vuoksi on kehitetty myös sellaisia porauslaitteita, jotka ovat äänivaimennettuja. /112/

Reikien porauksen jälkeen seuraava vaihe on panostaminen ja kallion räjäyttäminen. Panostusta helpottamaan on kehitetty erilaisia apulaitteita, joista suosituimmat ovat bulk-räjähdysaineiden panostamiseen tarkoitettuja. ANFO:n eli ammoniumnitraatin ja polttoöljyn seoksesta valmistetun räjähdysaineen panostamiseen käytetään enimmäkseen paineastiaperiaatteella toimivia laitteita, joissa räjähdysaine pakotetaan



Kuva 31. Panostuslaitteisto /122/

paineen avulla panostusreikään (kuva 31). Joillain kaivoksilla on ANFO-laitteita, jotka ovat kauko-ohjattavia tai sellaisia, joissa räjähdettä sekoitetaan paikan päällä raaka-aineista. Panostusvälineiden suurimmat kehitysaskeleet on otettu kuitenkin bulk-emulsioräjähteiden parissa, jotka -toisin kuin ANFO- soveltuvat myös kosteisiin olosuhteisiin. /112/

Kun malmi on irrotettu kalliosta alkaa kiven lastausvaihe, jonka aikana malmi kuljetetaan eri tavoin rikastamolle rikastettavaksi. Lastauskalustona käytetään pääasiassa pyöräkuormaajaa ja hydraulista kaivinkonetta, riippuen lastattavasta materiaalista sekä operaation koosta. Mikäli kaivoksen tuotanto on jatkuvaa ja materiaali kuljetetaan eteenpäin erillisillä kuljetuslaitteilla, valitaan lastaukseen yleensä kaivinkone. Pyöräkuormaajia tosin tarvitaan louhoksella aina mm. tasojen siivoamiseen ja louhekasojen valmisteluun. Pyöräkuormaajien koko vaihtelee 40–200 t välillä, riippuen tarvittavasta tuotantotehosta (kuva 32). Yleensä pyritään siihen, että kuljetusväline saadaan kuormattua 4-8 kauhallisella. Pyöräkuormaajat sopivat parhaiten löyhäksi räjäytetyn kiven lastaamiseen. Kaivinkoneiden koko puolestaan vaihtelee 30–1200 t välillä, mutta yleisesti kaivostoiminnassa käytetään koneita jotka ovat kooltaan yli 80 t (kuva 33). Käytössä olevat hydrauliset kaivinkoneet voidaan jakaa kah-



Kuva 32. Talvivaaran kaivoksella käytössä oleva pyöräkuormaaja /123/



Kuva 33. Esimerkki kaivoksella käytettävästä kaivinkoneesta /124/

teen ryhmään; pistokauhalla varustettuihin tai kuokkakauhalla varustettuihin. Se, kumpaa käytetään, riippuu kaivossuunnittelusta, mutta tyypillisesti 80–100 t koneet ovat kuokkakauhallisia ja yli 700 t koneet pistokauhallisia. /112/

Avolouhoksella louhitun materiaalin kuljetukseen käytetään kolmea ajoneuvoa: kuorma-autoja, dumpereita tai louhosautoja. Kuljetusvälineen valintaan vaikuttavat kapasiteetti, kuljetusmatka, olosuhteet ja kokonaistaloudellisuus. Näistä kolmesta vaihtoehdosta, kuorma-autoja ei juurikaan varsinaisessa jatkuvassa tuotantokäytössä käytetä, vaan ne soveltuvat parhaiten tilapäiseen kuljetukseen. Niiden käyttö edellyttää myös, että kuljetettava materiaali on kappalekooltaan suhteellisen pientä. Enimmillään 50 t kooltaan olevia dumpereita (kuva 34) käytetään kuljetukseen silloin, kun olosuhteet ovat vaikeakulkuiset. Dumperien rakenne on monimutkainen, jonka vuoksi niiden huoltokustannukset ovat melko suuret ja elinikä voi olla paljon lyhyempi kuin muulla kalustolla. Taloudellisin kuljetusmatka dumpereilla on noin 1,2 km. Ylivoimaisesti yleisin kuljetusväline louhoksella on louhosauto (kuva 35), joiden kuormamäärä vaihtelee 40–350 t välillä. Niiden käyttömatka vaihtelee 200 m – 9 km välillä ja ne soveltuvat käytettäväksi lähes kaikenlaisissa olosuhteissa. Louhosautot voidaan jakaa voimansiirron perusteella kahteen ryhmään: dieselmekaanisiin ja dieselsähköisiin, joista dieselmekaaniset ovat yleisempiä. /112/



Kuva 34. Dumperi /125/



Kuva 35. Louhosauto /126/

8.2.2 Maanalainen kaivos

Maanalaisen kaivoksen louhintatyöt aloitetaan peränajolla, jossa käytetään peränporauslaitteita, joilla voidaan porata sekä räjäytysreikiä että jatkotankoporausta. Porauslaitteet jaotellaan puomien lukumäärän perusteella neljään ryhmään: yksi-, kaksi-, kolmi- ja nelipuomisiin laitteisiin. Laitteet ovat tyypillisesti sähköhydraulisia ja ne voidaan varustaa erilaisia ohjausjärjestelmillä, kuten suoraohjaus- ja väyläohjausjärjestelmillä. Peränporauslaitteet voidaan myös automatisoida manuaalikäytön, yhden reiän automatiikan ja täysautomatiikan välillä. Täysautomatiikkaa hyödyntäen reiät voidaan porata valmiin porakaavion avulla, ilman että käyttäjän tarvitsee tehdä muuta kuin seurata laitteen toimintoja. /112/

Peränajon jälkeen suoritettavia tuotantoporauslaitteita varten on oma porauskalustonsa, joilla voidaan porata 360 asteen viuhkoja ja enintään 50 m pituisia reikiä. Tuotantoporauslaitteet voidaan jaotella kahdella tavalla: päältätyöviin ja uppoporauslaitteisiin tai puomiston mukaan kehikkolaitteisiin ja puomilaitteisiin. Suomessa käytetään yleisesti päältätyöviä laitteita, joiden reikäkoko vaihtelee 52–89 mm välillä. Myös tuotantoporauslaitteet voidaan jakaa samanlaisella automatiikalla kuin peränajolaitteet, kuitenkin sillä erotuksella, että tuotantoporauslaitteet voidaan varustaa täysin etäkäytettäviksi. /112/

Maanalaisissa tuotantoräjäytyksissä voidaan käyttää esimerkiksi Kemiitti 810-räjähdettä sen hyvän vedensietokyvyn vuoksi. Kemiitti 810 koostuu ammoniumnitraatin, veden ja öljyn muodostamasta emulsiosta, joka sekoitetaan ja pumpataan paikan päällä porattuihin räjähdereikiin erityisen kaluston avulla (kuva 36). Nitraattien ja öljyn johdosta räjähdäaine palaa melko puhtaasti, jolloin ympäristökuormituksetkin jäävät melko vähäisiksi. Räjähdyksessä kuitenkin syntyy haitallista häkää sekä typen oksideja, joiden vuoksi kaivostunneli on huolellisesti tuuletettava ennen räjäytetyn kiven poisajoa. /112,127/

Maanalaisissa kaivoksissa lastausjärjestelmään valintaan vaikuttavat käytetty louhintamenetelmä, kaivoksen yleinen rakenne sekä käytettävän tekniikan taso. Nykypäivän kaivoksissa käytetään eniten kumipyöräkalustoa, joista tavallisimmat lastaus-



Kuva 36. Kemiitin panostusajoneuvo /128/

koneet ovat pyöräkuormaajat ja LHD:t eli load hand dump -koneet (kuva 37). LHD:t on suunniteltu erityisesti maanalaisiin olosuhteisiin ja ne soveltuvat suuren kauhan-
sa sekä tehokkuutensa vuoksi sekä lastaukseen että kuljetukseen. Niiden pisin talou-
dellinen kantomatka tosin on vain 400 m, mutta maanalaiseen toimintaan se sovel-
tuu hyvin. LHD:n suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota koneiden mata-
luuteen, pakokaasupäästöihin, paloturvallisuuteen sekä lujaan rakenteeseen. Yleisesti
ne ovat dieselkäyttöisiä, mutta sähkökäyttöisten koneiden käyttö on koko ajan lisään-
tymässä. Sähkökäyttöisten koneiden perässä kulkee kaapelikela, jota pitkin kone on
liitettyä virtalähteeseen sitä käytettäessä. /112/



Kuva 37. LHD-lastauskone /129/

Malmin kuljetuksessa kiviaines siirretään kaatonoususta tai lastauskoneelta maan-
alaiseen esimurskaimen tyypillisesti käyttäen kuorma-autoja, hihnakuljettimia tai
junia. Lyhyillä kuljetusmatkoilla kuljetusvälineenä voidaan käyttää myös LHD:tä,
jota käytetään myös lastauksessa. Kuorma-autojen käytön etuna on niiden joustavuus,
sillä kuljetusreitit voivat vaihdella ja kapasiteetti on helppo muuttaa. Kuorma-
autoilla voidaan myös kuljettaa lohkarista ainesta, eikä materiaalia tarvitse tällöin
esimurskata. Maanalaisiin olosuhteisiin on suunniteltu erityisiä dumperereita (kuva
38), joiden koko on pieni suhteessa kantokapasiteettiin. /112/



Kuva 38. Maanalainen dumperi
/130/

Hihnakuljettimet (kuva 39) soveltuvat puolestaan kohteisiin, joissa kuljetusmatkat
ovat pitkiä ja materiaalivirrat suuria ja jatkuvia. Kuljettimilla reitti pysyy koko ajan
samana ja ne asettavat kuljetettavalle materiaalille kokorajoituksia, jonka vuoksi mal-
mi pitää usein esimurskata. Alkuinvestoinnit kuljettimille ovat suuret, mutta käyttö-

kustannukset ovat pienet verrattuna muihin kuljetusmenetelmiin. Suomessa malminkuljetuksessa vähemmän tunnettu raidekuljetus on ensisijaisesti pitkien ja vaakasuorien kuljetusten menetelmä. Kuten hihnakuljetuksessakin menetelmän alkuinvestoinnit ovat suuret mutta käyttökustannukset alhaiset. Erona kuitenkin on, että järjestelmällä voidaan helposti kuljettaa lohkeista materiaalia ilman esimurskaustarvetta. /112/



Kuva 39. Hihnakuljetin /131/

9 Lähdeluettelo

- /1/ Geologian tutkimuskeskus, Geologisten luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa 2008, Tutkimusraportti 179, 2009. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr179.pdf>
- /2/ Geologian Tutkimuskeskus. Internet-sivusto: <http://www.gtk.fi>
- /3/ Kauppa- ja teollisuusministeriö, Suomen kaivannaisteollisuus -muistio 3.2.2006. Saatavilla PDF-tiedostona: http://kotisivukone.fi/files/eiuraanikaivostakuusamoon.kotisivukone.com/suomen_kaivannaisteollisuus-_taustamuistio_3-2-06.pdf
- /4/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. Vuoriteollisuustilasto 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kaivospiirit/VUORI_2012.pdf
- /5/ Northland Resources Inc. Internet-sivusto: <http://www.northlandresourcesinc.com/s/Home.asp>
- /6/ Vuolukka Petri, Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Tornio Works - Kemi mine -esitys. Suomen kaivostoiminta, prosessit ja tekniikka -koulutus, 2010
- /7/ Groundia Oy & Outokumpu Oyj. Outokumpu Chrome Oy, Kemin kaivoksen laajennus, ympäristövaikutusten arviointiselostus 30.6.2009. Osa 1. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=105979&lan=fi>
- /8/ Kemin kromiittikaivoksen ja rikastamon ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnanaloittamislupa, Keminmaa. Pohjois-Suomen aluehallintoviraston lupapäätös nro 125/101. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.avi.fi/fi/virastot/pohjoissuomenavi/Ymparistojavesitalousluvat/Ymparistoluvat/Documents/Paatokset/2010/psavi_paatos_125_10_1-2010-12-27.pdf
- /9/ Outokumpu Oyj. Annual report 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://outokumpu-reports.studio.crasman.fi/file/dl/i/wT9ufw/WWOfR7UzNas9nqoh7YpPiA/Outokumpu_AR2012_print_verkkoon.pdf
- /10/ Lähteenmäki Seppo, Pyhäsalmi Mine Oy, Pyhäsalmi Mine -yleisesittely. Suomen kaivostoiminta, prosessit ja tekniikka -koulutus, 2010
- /11/ Pyhäsalmi Mine Oy, asiakasesite, 2004
- /12/ First Quantum Minerals Ltd, press release 2.4.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.first-quantum.com/Media-Centre/Press-Releases/Press-Release-Details/2013/First-Quantum-Minerals-Announces-Successful-Completion-of-Offer-9274-of-Inmet-Shares-Tendered/default.aspx>

- /13/ Inmet Mining Corporation. Annual Information Form. 15.3.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://ir.inmetmining.com/getattachment/1ab8c866-ob68-4489-a092-3852ac88e210/annual-information-form>
- /14/ Talvivaara. Internet-sivusto: <http://www.talvivaara.com/etusivu>
- /15/ Talvivaara. Vuosikertomus 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/AR%202012/Talvivaara_VSK_2012.pdf
- /16/ Talvivaara Mining Company Plc. BMO Global Metals & Mining Conference, 23.2010. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/Presentations/Talvivaara_BMO_Metals__Mining_Conference_02_03_2010.pdf
- /17/ Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj, pörssitiedote 16.1.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://hugin.info/136227/R/1670729/543013.pdf>
- /18/ Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj, pörssitiedote 20.4.2010. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/Uranium/Talvivaara_uraani_presentaatio_09_02_2010_FI.pdf
- /19/ Talvivaara Mining Company Plc, Uraani talteen -esitys 9.2.2010. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/Uranium/Talvivaara_uraani_presentaatio_09_02_2010_FI.pdf
- /20/ Geological Survey of Finland, Gold database, Jokisivu. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/jokisivu.html>
- /21/ Geological Survey of Finland, Gold database, Kutemajärvi. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/kutemajarvi.html>
- /22/ Dragon Mining Limited. Annual Report 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.dragon-mining.com.au/sites/default/files/1208137_o.pdf
- /23/ Dragon Mining Limited. Full Year 2012 Results Presentation, March 2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.dragon-mining.com.au/sites/default/files/1208354.pdf>
- /24/ Dragon Mining Limited. Quarterly activities report, Q4/2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.dragon-mining.com.au/sites/default/files/dra_quarterly_dec_12_final_o.pdf
- /25/ Lappland Goldminers Ab. Internet-sivusto: <http://www.lapplandgoldminers.com/>
- /26/ Lappland Goldminers Ab. Interim Report January-December 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.bequoted.com/investor/company/documents/lapplandgoldminers_bokslut_2012_130221_eng.pdf
- /27/ Mikkola Pertti, Lappland Goldminers Ab. Pahtavaaran kaivoksen 3D-malli, 16.11.2009.
- /28/ Lappland Goldminers AB, press release 21.2.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.bequoted.com/investor/company/documents/lapplandgoldminers_press_130221_eng.pdf
- /29/ Lappland Goldminers AB, press release 17.10.2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.bequoted.com/investor/company/documents/lapplandgoldminers_press_121017_eng.pdf
- /30/ Agnico-Eagle Mines Ltd. Internet-sivusto: <http://www.agnico-eagle.com/>

- /31/ Geological Survey of Finland, Gold database, Suurikuusikko. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/suurikuusikko.html>
- /32/ Agnico-Eagle Mines Ltd. Annual report 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://ir.agnicoeagle.com/files/shareholdermailout/AgnicoEagleARforWeb.pdf>
- /33/ Agnico-Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksen laajennusta koskeva ympäristövaikutusten arviointiselostus, Kittilä. Yhteysviranomaisen lausunto, Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 11.9.2012. Saatavilla PDF-dokumenttina: http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/paattyneet/luonnonvarat/Documents/Kittilän%20kaivoksen%20laajennus/Agnico_Eagle_YVA_selostus_lausunto.pdf
- /34/ First Quantum Minerals Ltd. Internet-sivusto: <http://www.first-quantum.com/>
- /35/ First Quantum Minerals Ltd. Annual report 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.first-quantum.com/files/doc_financials/FQM_2012_final.pdf
- /36/ FQM Kevitsa Mining. Kevitsa Operation, Investor tout 12.12.2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.first-quantum.com/files/KevitsaMine_presentation_Investortour_Dec2012-Full.pdf
- /37/ First Quantum Minerals Ltd. Annual Information Form, 28.3.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: [http://www.first-quantum.com/files/doc_downloads/AIF%202013%20\(March%2031\)%20FINAL.pdf](http://www.first-quantum.com/files/doc_downloads/AIF%202013%20(March%2031)%20FINAL.pdf)
- /38/ Geological Survey of Finland, Gold database, Pampalo. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/pampalo.html>
- /39/ Endomines AB. Årsredovisning 2012. Saatavilla PDF-dokumenttina: http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-EI7J1/2425545714xox650441/bf1567fc-785e-4564-boob-60c6584f2ec7/Endomines_aar2012.pdf
- /40/ Endomines AB. Internet-sivusto: <http://www.endomines.com/>
- /41/ Endomines AB. Summary of ear-end report 2012, 22.2.2013. Saatavilla PDF-dokumenttina: http://ir.endomines.com/common/download/download.cfm?companyid=AMDA-EI7J1&fileid=637649&filekey=EA96E808-2B11-47CF-9E11-CFFoFoCF7FF3&filename=Endomines_PR_ENG_Q4_2012_final.pdf
- /42/ Endomines AB. Press release, 18.3.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-EI7J1/2425545714xox646251/fc18eb49-702d-4f68-bd35-3529518f6cfa/03181422.pdf>
- /43/ Nordic Mines Ab. Internet-sivusto: <http://www.nordicmines.com/>
- /44/ Nordic Mines Ab. Annual report 2012.
- /45/ Joensuu Mikko, Nordic Mines. Laivan kultakaivos tänään, PPT-esitys 7.6.2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.kideve.fi/sites/kideve.fi/files/Ajankohtaista/Ajankohtaista_2012/Luosto2012_luennot_pdf/Laivan_kultakaivos_tanaan_Joensuu.pdf
- /46/ Nordic Mines. Summary report, 8.5.2012.
- /47/ Geological Survey of Finland, Nickel database, Hitura. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/information-services/commodities/Nickel/hitura.html>
- /48/ Belvedere Mining Oy. Internet-sivusto: <http://www.belmining.com/>
- /49/ Belvedere Resources Ltd. Internet-sivusto: <http://www.belvedere-resources.com/>

- /50/ Belvedere Resources Ltd. Press release, 9.1.2012. Internet-sivusto: <http://www.belvedere-resources.com/english/news/2012/belvedere-renews-offtake-agreement-for-hitura-mine-concentrate>
- /51/ Belvedere Resources Ltd. Investor Update, 2/2013. Saatavilla PDF-dokumenttina: <http://www.belvedere-resources.com/assets/files/February%202013%20-%20Investor%20Update.pdf>
- /52/ Geological Survey of Finland, Copper database, Kylylahti. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/information/services/commodities/Copper/kylylahti.html>
- /53/ Altona Mining Limited. Internet-sivusto: <http://www.altonamining.com/>
- /54/ Altona Mining Limited. Quarterly report Q4/2012, 30.1.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: www.altonamining.com/static/uploads/documents/Quarterly_ended_31_December_2012.pdf
- /55/ Altona Mining Limited. Annual report 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.altonamining.com/static/uploads/documents/AOHO399_-Annual_Report_2012_merged_1.pdf
- /56/ Yara Suomi Oy. Internet-sivusto: <http://www.yara.fi/>
- /57/ Yara International ASA. Health, Safety & Environment Information, Yara Siilinjärvi, 2011. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.yara.com/doc/41158_Siilinjarvi_Faktaark_2011.pdf
- /58/ Yara Suomi Oy. Siilinjärven kaivoksen sivukivialueiden laajennus. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma, 2013. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.elykeskus.fi/fi/ELYkeskukset/pohjoissavonely/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireill%C3%A4/luonnonvarat/yarasivukiviyva/Documents/Yara_YVA-ohjelma_netiversio.pdf
- /59/ Nordkalk Oy. Internet-sivusto: <http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=321&language=2>
- /60/ Nordkalk Oy Ab:n Paraisten kaivoksen ympäristölupahakemus, Parainen. Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 174/2012/1. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.avi.fi/fi/virastot/etelasuomenavi/Ymparistojavesitalousluvut/Ymparistoluvat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/Vuosi%202012/esavi_paatos_174_2012_1-2012-10-31.pdf
- /61/ Lappeenrannan kaivoksen sekä kalsiitti- ja wollastoniittirikastamoiden ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Lappeenranta. Itä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 91/10/1. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.avi.fi/fi/virastot/itasuomenavi/ymparistojavesitalousluvut/ymparistoluvat/Documents/Päätökset/Vuosi%202010/isavi_paatos_91_10_1-2010-10-4.pdf
- /62/ Tytyrin kalkkitehtaan ja kalkkikivikaivoksen ympäristölupapäätös. Uudennaan ympäristökeskus, 5.6.2007. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=69107&lan=fi>
- /63/ Tytyrin kaivosmuseo. Internet-sivusto: <http://palvelut.lohja.fi/tytyrinkaivos/default.asp?sivu=2&alasivu=20&kieli=246>
- /64/ Mondo Minerals B.V. Internet-sivusto: <http://www.mondominerals.com/>

- /65/ Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, Sotkamo. Pohjois-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 9/08/2. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=79112&lan=fi>
- /66/ Vuonoksen rikastamo ja talkkitechdasta koskeva ympäristölupa, Outokumpu, Liperi. Itä-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 96/07/2. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=73155&lan=fi/>
- /67/ Gehör Seppo, Yara Suomi Oy. Esitys kaivosseminaarissa, Kokkola 2010. Saatavilla PDF-tiedostona: http://viestinta2.kpakk.fi/mine/uploads/pdf/kaivosseminaari_esitykset/torstai/gehor/sokli_hanke.pdf
- /68/ Soklin kaivoshankkeen tiedotussivusto. Internet-sivusto: <http://www.sokli.fi>
- /69/ Yara otti vuoden aikalisän Soklissa. YLE uutiset, 9.6.2012. Internet-sivusto: http://yle.fi/uutiset/yara_otti_vuoden_aikalisan_soklissa/5064697
- /70/ Liikenne- ja viestintäministeriö, tiedote 24.6.2010. Internet-sivusto: <http://www.lvm.fi/web/fi/tiedote/view/1168883>
- /71/ Northland Resources Inc. Press release 29.6.2010. Internet-sivusto: http://www.northlandresourcesinc.com/s/NewsReleases.asp?ReportID=407324&_Type=News-Releases&_Title=Hannukainen-PEA-Report-Posted-on-SEDAR
- /72/ Rautarikasteen vientisatamaksi Kemi, Kokkola tai Raahe. YLE uutiset, 5.10.2012. Internet-sivusto: http://yle.fi/uutiset/rautarikasteen_vientisatamaksi_kemi_kokkola_tai_raahe/6323692
- /73/ Northland Mines Oy. Hannukaisen kaivosprojektin tilanne, lehdistötiedote 20.2.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.hannukaisenkaivos.fi/aineisto/Hannukaisenkaivos_tiedote_20-2-2013.pdf
- /74/ Geological Survey of Finland, Zinc database, Taivaljärvi. Internet-sivusto: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Zinc/taivaljarvi.html>
- /75/ Tuokko Ilkka, Sotkamo Silver Oy. Katsaus Taivaljärven kaivoshankkeen nykytilaan, 24.5.2012. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.silver.fi/tiedostot/presentations/120618TaivaljrviSotkamokunta2012.pdf>
- /76/ Sotkamo Silver Oy:n Tipaksen hopeakaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnanaloittamislupa ja töidenaloittamislupa, Sotkamo. Pohjois-Suomen aluehallintoviraston lupapäätös nro 33/2013/1. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.avi.fi/fi/virastot/pohjoissuomenavi/Ymparistojavesitalousluvat/Ymparistoluvat/Documents/Päätökset/2013/psavi_paatos_33_2013_1-2013-04-16.pdf
- /77/ Sotkamo Silver AB. Internet-sivusto: <http://www.silver.fi/sivu/fi/>
- /78/ Gold Fields Ltd. Internet-sivusto: <http://www.goldfields.co.za/>
- /79/ Suhangon kaivoshanke. Internet-sivusto: <http://suhanko.net/>
- /80/ Gold Fields Platinum Oy. Suhangon kaivoshanke-yleisesittely. Saatavilla PDF-tiedostona: http://suhankodotnet.files.wordpress.com/2013/02/yleisesitys_150213.pdf
- /81/ Uusisuo Maija. Kaivosteollisuus -toimialaraportti 2/2012. Työ- ja elinkeinoministeriö, 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/1605/Kaivosteollisuus2012_web.pdf

- /82/ Mustavaaran Kaivos Oy. Internet-sivusto: <http://www.mustavaarankaivos.com/fi>
- /83/ Kauppila Päivi, Räisänen Marja Liisa & Myllyoja Sari (toim.) Metallimalmi-kaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen Ympäristökeskus, 2011. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134447&lan=fi>
- /84/ Loukola-Ruskeenniemi Kirsti (toim.). Suomen kaivosteollisuuden tilannekatsaus vuonna 2012. Työ- ja elinkeinoministeriön raportteja 23/2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.tem.fi/files/34066/TEMrap_23_2012.pdf
- /85/ Kaivoslaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110621>
- /86/ Ympäristönsuojelulaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>
- /87/ Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060713>
- /88/ Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940468>
- /89/ Vesilaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>
- /90/ Maankäyttö- ja rakennuslaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- /91/ Kemikaalilaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1989/19890744>
- /92/ Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390>
- /93/ Valtioneuvoston asetus kaivostoiminnasta. Internet-sivusto: <http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20120391>
- /94/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Kullanhuuhonta, malminetsintä ja kaivokset. Internet-sivusto: <http://tukes.fi/fi/Toimialat/Kaivokset/>
- /95/ Hallituksen esitys Eduskunnalle uudeksi kaivoslaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2009/20090273.pdf>
- /96/ Keskitalo Ilkka, turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Uudet kaivoslain käytännöt -muutokset kumottuun lakiin, esitys kaivosseminaarissa 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.kideve.fi/sites/kideve.fi/files/Ajankohtaista/Ajankohtaista_2012/Luosto2012_luennot_pdf/Uuden_kaivoslain_kaytannot_Kaivos_seminaari_Luosto_120606.pdf
- /97/ Ympäristönsuojeluasetus. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000169>
- /98/ Ympäristöministeriö, lainsäädäntö. Internet-sivusto: <http://ym.fi/fi-FI/Lainsaadanto>
- /99/ Jätelaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>
- /100/ Luonnonsuojelulaki. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>

- /101/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta. Internet-sivusto: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:102:0015:0033:fi:PDF>
- /102/ Tikkanen Tarja, Tampereen ammattikorkeakoulu, Yleiskatsaus kaivostoimintaan ympäristön kannalta, Tutkintotyö 2007. Saatavilla PDF-dokumenttina: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8436/Tikkanen.Tarja.pdf?sequence=2>
- /103/ Kovalainen Heikki. Hyvät valvontakäytännöt kaivostoiminnassa. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, raportteja 115/2012. Saatavilla PDF-tiedostona: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/86297/Raportteja_115_2012.pdf?sequence=1
- /104/ Korhonen Timo. Kommenttipuheenvuoro, Kaivoslaki 2010 -seminaari. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.lapinliitto.fi/c/document_library/get_file?folderId=49757&name=DLFE-2903.pdf
- /105/ Kaivoshankkeiden ympäristövaikutukset. Internet-sivusto: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=20630&lan=fi>
- /106/ Heikkinen P.M. & Noras P. (toim.). Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Kaivostoiminnan ympäristötekniikka, 2005. Saatavilla PDF-tiedostona: http://arkisto.gtk.fi/ej/Kaivoksen_sulkeminen.pdf
- /107/ Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100868>
- /108/ Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022>
- /109/ Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Internet-sivusto: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461#Pid1886245>
- /110/ Pyhäsalmen kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa, Pyhäjärvi. Pohjois-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 85/07/02. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=73864&lan=fi>
- /111/ Ympäristölupahakemus koskien Polar Mining Oy:n Vammalan rikastamon toimintaa. Länsi-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 15/2008/2. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=99326&lan=sv>
- /112/ Hakapää Antero & Lappalainen Pekka. Kaivos- ja louhintatekniikka, Kaivannaisteollisuus ry. Opetushallitus, 2009.
- /113/ Pengerlouhittu avolouhos. Internet-sivusto: <http://www.limithesky.com/wp-content/uploads/2006/12/world-largest-openpitmine4.jpg>
- /114/ Boliden Ab, Aitik. Internet-sivusto: [http://www.boliden.se/www/en/bolidenen.nsf/\(WebPagesByID\)/588370D9733A73D2C1256DDC00511AC6/\\$file/Aitik%20flyg%201.jpg](http://www.boliden.se/www/en/bolidenen.nsf/(WebPagesByID)/588370D9733A73D2C1256DDC00511AC6/$file/Aitik%20flyg%201.jpg)
- /115/ Leukamurskain. Internet-sivusto: http://www.crusher-china.net/crusher_image/Jaw-Crusher-movie.gif

- /116/ Kartiomurskain. Internet-sivusto: <http://www.infomine.com/equipment/sellers/amking/6089.jpg>
- /117/ Sandvik Mining and Construction. Seulat-esite. PDF-dokumentti: [http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/Soo3713.nsf/Alldocs/Products*5CCrushers*and*screens*5CScreens*2ASS*screens/\\$file/Screens%20ENG.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/Soo3713.nsf/Alldocs/Products*5CCrushers*and*screens*5CScreens*2ASS*screens/$file/Screens%20ENG.pdf)
- /118/ Metso Oyj, Jauhinmylly. Internet-sivusto: http://www.metso.com/miningand-construction/mm_grin.nsf/de531ccof064e407c2256a680040da57/57717ce916413f60c2256f55003b1095/PageRTF/o.FE!OpenElement&FieldElemFormat=jpg
- /119/ Metso Oyj, Jauhinmylly. Internet-sivusto: http://www.metso.com/miningand-construction/mm_grin.nsf/de531ccof064e407c2256a680040da57/a44da54f3233e536c2256f540054855b/PageRTF/o.112!OpenElement&FieldElemFormat=jpg
- /120/ Teräskirja. Metallinjalostajat ry, 8.painos, 2009. PDF-tiedosto: http://www.teknologiateollisuus.fi/file/7424/E_RAUTAMALMINRIKASTUS.pdf.html
- /121/ Siimes Aslak. Kaivosten kunnossapito-esitys, Suomen kaivostoiminta, prosessit ja tekniikka -koulutus, 2010.
- /122/ Panostuslaitteisto. Internet-sivusto: http://www.normet.com/processes_products/Charging
- /123/ Kaivoksella käytössä oleva pyöräkuormaaja. Internet-sivusto: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/Presentations/Production__Commercial_Update_04.12.08.pdf
- /124/ Kaivoksella käytössä oleva kaivinkone. Internet-sivusto: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C185121&imageType=2>
- /125/ Kaivoksella käytettävä dumperi. Internet-sivusto: <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C513087&imageType=2>
- /126/ Kaivoksella käytettävä louhosauto, [www-dokumentti], <http://xml.catmms.com/servlet/ImageServlet?imageId=C540384&imageType=2>
- /127/ Forcit Oy, Kemiitti 810 -tuotetietoesite. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.forcit.fi/archives/tuote/kemiitti-810>
- /128/ Kemiitin panostusajoneuvo. Internet-sivusto: http://www.beijer.se/web/web_aut_fi.nsf/AllDocuments/8733F0818C7D81C1C12574440027F064
- /129/ LHD-lastauskone. Internet-sivusto: <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>
- /130/ Maanalainen dumperi. Internet-sivusto: <http://www.directindustry.com/prod/sandvik-mining-and-sandvik-construction/underground-trucks-40142-644191.html>
- /131/ Hihnakuuljetin. Internet-sivusto: <http://www.ironoremining.org/product/materials-handling/belt-conveyor-for-ore-mining-industry/>

Kaivosala tukitoimineen on laaja kokonaisuus. Tämän raportti sisältää perustietoa Suomen kaivoksista, kaivosprosessista sekä siellä tarvittavasta tekniikasta ja tukitoiminnoista. Raportissa myös luodaan katsaus toimintaa ohjaavaan lainsäädäntöön ja ympäristöasioihin. Geologi Antti Peronius tarkastelee osuudessaan Suomessa tapahtuvaa pienkaivostoimintaa ja kullankaivua.

Tämä raportti on päivitetty versio Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2010 -julkaisusta, joka julkaistiin vuonna 2011. Raportti on tehty osana MineSteel-hanketta, jossa tutkitaan kaivosten vaativien olosuhteiden materiaaleja ja kehitetään niiden elinkaaren hallintaa. Hanketta rahoittamassa ovat olleet mm. EU:n Euroopan aluekehitysrahasto sekä teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus Tekes.